

ISSN 2029-9303



KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJA
KAUNAS UNIVERSITY OF APPLIED ENGINEERING SCIENCES

**INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS
TECHNOLOGIJOS**

Mokslinių straipsnių žurnalas

**ENGINEERING AND EDUCATIONAL
TECHNOLOGIES**

Scientific journal

Kaunas, 2021

<p>Vyriausioji redaktorė Dr. Lina Girdauskienė <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences</i> <i>(Lietuva/Lithuania)</i></p>	<p>Socialiniai mokslai/ Social Sciences</p>
<p>Vykdančioji redaktorė Doc. Dr. Giedrė Adomavičienė <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences</i> <i>(Lietuva/Lithuania)</i></p>	<p>Socialiniai mokslai/ Social Sciences</p>
<p>Mokslinė sekretorė Doc. Dr. Esmeralda Štyps <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences</i> <i>(Lietuva/Lithuania)</i></p>	<p>Technologijos mokslai/ Technological Sciences</p>
<p>Redaktorių kolegija/Editorial Board:</p>	
<p>Dr. Ali Can <i>Karabuk universitetas/ Karabuk University (Turkija/Turkey)</i></p>	<p>Technologijos mokslai/ Technological Sciences</p>
<p>Prof. Habil. Dr. Gál József <i>Šegedo universitetas/ University of Szeged, (Vengrija/Hungary)</i></p>	<p>Technologijos mokslai/ Technological Sciences</p>
<p>Dr. Ivans Griņevičs, <i>Rygos technologijos universitetas, Daugpilio Studiju ir mokslo centras /</i> <i>Riga University of Technology, Daugavpils Study and Research Center</i> <i>(Latvija/Latvia)</i></p>	<p>Technologijos mokslai/ Technological Sciences</p>
<p>Prof. Dr. Elmar Heinemann <i>Šmalkaldeno taikomųjų mokslų universitetas/University of Applied Sciences</i> <i>Schmalkalden (DE)</i></p>	<p>Technologijos mokslai/ Technological Sciences</p>
<p>Prof. Dr. Rainer Schackmar <i>Šmalkaldeno taikomųjų mokslų universitetas/University of Applied Sciences</i> <i>Schmalkalden (Vokietija/Germany)</i></p>	<p>Socialiniai mokslai/ Social Sciences</p>
<p>Mgr. Dominika Trębacz <i>Automobilių pramonės institutas, mokslinio žurnalo „The Archives of</i> <i>Automotive Engineering“ vykdančioji redaktorė/Automobile Industry Institute,</i> <i>Executive editor of scientific journal „The Archives of Automotive Engineering</i> <i>(Lenkija/Poland)</i></p>	<p>Technologijos mokslai/ Technological Sciences</p>
<p>Prof. Dr. Boris Tudjarov <i>Sofijos technikos universitetas/ Sofia Technical University</i> <i>(Bulgarija/Bulgaria).</i></p>	<p>Technologijos mokslai/ Technological Sciences</p>
<p>Prof. Dr. Slawomir Wierzbicki <i>Varmijos Mozūru universitetas/ University of Warmia-Masuria</i> <i>(Lenkija/Poland).</i></p>	<p>Technologijos mokslai/ Technological Sciences</p>
<p>Dr. Jurgita Barynienė <i>Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University Of Technology</i> <i>(Lietuva/Lithuania)</i></p>	<p>Socialiniai mokslai/ Social Sciences</p>

Dr. Andrius Dargužis Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (Lietuva/Lithuania)	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Dr. Genutė Gedvilienė Vytauto Didžiojo universitetas/ Vytautas Magnus University (Lietuva/Lithuania)	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Doc. Dr. Ernestas Ivanauskas Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University of Technology (Lietuva/Lithuania)	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Dr. Darius Kvbartas Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University Of Technology (Lietuva/Lithuania)	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Dr. Kastytis Laurinaitis Vytauto Didžiojo universitetas Žemės ūkio akademija / Vytautas Magnus University Agriculture Academy (Lietuva/Lithuania)	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Daiva Lepaitė Vilniaus universitetas/Vilnius University (Lietuva/Lithuania)	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Dr. Jonas Matijošius Vilniaus Gedimino technikos universitetas/ Vilnius Gediminas Technical University (Lietuva/Lithuania.	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Vytenis Naginevičius Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (Lietuva/Lithuania)	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Dr. Rosita Norvaišienė Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (Lietuva/Lithuania)	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Dr. Alfredas Rimkus Vilniaus Gedimino technikos universitetas/ Vilnius Gediminas Technical University (Lietuva/Lithuania.	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Marius Saunoris Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University of Technology (Lietuva/Lithuania)	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Dr. Tatjana Sokolova Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (Lietuva/Lithuania)	Technologijos mokslai/ Technological Sciences

Dr. Raimondas Šadzevičius Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (Lietuva/Lithuania)	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Habil. Dr. Vilija Targamadžė Vilniaus universitetas/Vilnius University (Lietuva/Lithuania)	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Dr. Rasa Žygienė Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (Lietuva/Lithuania)	Technologijos mokslai/ Technological Sciences

Leidinyi 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, 2021
ISSN 2029-9303

REDAKTORIAUS ŽODIS

Gerbiamiems skaitytojams pristatome mokslinio žurnalo „Inžinerinės ir edukacinės technologijos“ 2021 metų antrąjį numerį.

Šiame moksliniame žurnale iš viso publikuojami dvidešimt du statybos, elektros, mechanikos, transporto inžinerijos kryptų ir socialinių mokslų tyrimų rezultatai.

Straipsnius parengė įvairių Lietuvos kolegijų bei universitetų mokslininkai, tyrėjai ar jų grupės. Džiugu, kad tyrėjų grupėse dalyvauja ir socialiniai partneriai, nes tik kuriant bendradarbiavimo tinklus galima kur kas efektyviau spręsti technologines, inžinerines problemas.

Siekiant mokslinės veiklos populiarinimo bei platesnio tarptautinių tyrėjų įtraukimo į mokslo taikomąją veiklą, žurnale publikuojami kolegijos dėstytojų kartu su užsienio partneriais parengti straipsniai anglų kalba.

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

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

Su pagarba,

Vyriausioji redaktorė

socialinių mokslų dr. Lina Girdauskienė

TURINYS

STATINIO INFORMACINIO MODELIAVIMO 4D IR 5D DIMENSIJŲ PRINCIPŲ TAIKYMO LIETUVOJE GALIMYBĖS	10
Justas Ražanskas, Eglė Klumbytė, Darius Pupeikis, Vilma Kriauciūnaitė-Neklejonovienė Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas, Statybos ir architektūros kompetencijų centras	
ADMINISTRACINĖS PASKIRTIES PASTATO APŽELDINTO STOGO INŽINERINIŲ SPRENDINIŲ ANALIZĖ	21
Audrius Čereška, Violeta Medelienė Kauno technikos kolegija	
TESTING THE CONCRETE SAMPLES OF IRREGULAR SHAPE	29
Raimondas Šadzevičius ¹ , Dainius Ramukevičius ¹ , Mariusz Żółtowski ² , Wojciech Sas ² ¹ Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Lithuania, ² Warsaw University of Life Sciences, Poland	
INVESTIGATIONS OF TEMPERATURE CHANGE IN LIVESTOCK BUILDING BASE.....	38
Dainius Ramukevičius, Raimondas Šadzevičius, Petras Milius Kaunas University of Applied Engineering Sciences	
ŠILUMOS NUOSTOLIAI PER PASTATŲ SIENAS IR LANGUS	44
Vincas Gurskis ^{1,2} ¹ Vytauto Didžiojo universitetas, ² Kauno technikos kolegija	
AUTOMATINIS KELIO DANGOS DEFEKTŲ NUSTATYMAS	49
Paulius Tervydis ^{1,2} , Rūta Jankūnienė ² ¹ Kauno technologijos universitetas, ² Kauno technikos kolegija	
HIBRIDINIŲ AUTOMOBILIŲ EKOLOGINIŲ IR ENERGETINIŲ RODIKLIŲ POKYČIO ANALIZĖ, TAIKANT SKIRTINGUS TYRIMO METODUS	57
Tadas Vipartas ^{1,2} , Alfredas Rimkus ^{1,2} , Saulius Stravinskas ^{1,2} , Petras Kaikaris ¹ , Aurelijus Pitrėnas ¹ ¹ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, ² VILNIUS TECH	
ROTORINĖS SISTEMOS SU SEGMENTINIAIS SLYDIMO GUOLIAIS DIAGNOSTIKA TAIKANT ROTORIAUS AŠIES SUKIMOSI ORBITAS	63
Audrius Čereška Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos fakultetas	
LIČIO JONŲ BATERIJŲ UTILIZAVIMO TECHNOLOGIJOS.....	70
Akvilė Juciūtė Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
VIDAUS DEGIMO VARIKLIŲ IŠMETAMŲJŲ MEDŽIAGŲ POVEIKIS ŽMOGAUS SVEIKATAI IR JŲ KIEKIO MAŽINIMAS NAUDOJANT NANO PRIEDUS	76
Akvilė Juciūtė Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
SPAUSDINIMO ĮRENGINIO MECHANINĖS DALIES PARAMETRŲ IDENTIFIKAVIMAS.....	80
Igor Iljin Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
BIODEGALŲ MIŠINIAIS VEIKIANČIO DYZELINIO VARIKLIO DARBO RODIKLIŲ DEGINIŲ EMISIJOS TYRIMAS	88
Audrius Žunda, Albinas Andriušis, Tomas Mickevičius Kauno technikos kolegija	

LTE ir HSPA+ TINKLŲ PARAMETRŲ MATAVIMAS.....	93
Stasys Kašėta ¹ , Vitas Grimaila ²	
Kauno technikos kolegija ¹ , Kauno technologijos universitetas ²	
GALIOS KABELIŲ KLOJIMO IR MOVŲ MONTAVIMO TECHNOLOGIJOS IR JŲ ĮTAKA ELEKTROS TINKLO PATIKIMUMUI.....	100
Nerijus Baršiukaitis	
Kauno technikos kolegija	
KELIŲ EISMO TAISYKLIŲ PAŽEIDĖJŲ AMŽIAUS, VAIRAVIMO STAŽO BEI KELIŲ EISMO TAISYKLIŲ PAŽEIDIMŲ (KET) DAŽNUMO IR KET PAŽEIDIMŲ RŪŠIES SĄSAJOS SU VAIRAVIMO BAIME	107
Renata Arlauskienė ^{1,2} , Rita Kiguolienė ³	
¹ Klaipėdos universitetas, ² Klaipėdos valstybinė kolegija, ³ Vytauto Didžiojo universitetas	
JŪRŲ KARININKŲ PROFESINIO TAPSMO ORGANIZAVIMAS NATO GYNYBOS MISIJS KONTAKSTE	115
Saulius Lileikis, Piotr Dukel	
Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla	
BENDRŲJŲ IR INŽINERINIŲ KOMPETENCIJŲ UGDYMAS: TARPTAUTINIŲ PRAKTIKŲ ATVEJO ANALIZĖ.....	124
Judita Štreimikienė	
Kauno technikos kolegija	
VERSLUMO KOMPETENCIJŲ UGDYMAS AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO INŽINERIJOS KRYPTIES STUDIJOSE	129
Kristina Burneikienė	
Kauno technikos kolegija	
ĮMONĖSE NAUDOJAMŲ SANTYKIŲ MARKETINGO VEIKSNIŲ POVEIKIS VARTOTOJŲ ELGSENAI SOCIALINIUIOSE TINKLUOSE.....	136
Birutė Počekvičiūtė-Tarasovė ¹ , Regina Motienė ²	
Kauno kolegija ¹ , Kauno technikos kolegija ²	
SPECIALIZUOTŲ ELEKTRONIKOS STANDARTŲ TAIKYMO VERTINIMAS	141
Artūras Aleksynas, Julius Šaltanis	
Kauno technikos kolegija	
KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJOS STUDENTŲ KAITOS PROBLEMINIAI ASPEKTAI	146
Kęstutis Vitkauskas, Jolita Bučelienė	
Kauno technikos kolegija	

STATINIO INFORMACINIO MODELIAVIMO 4D IR 5D DIMENSIJŲ PRINCIPŲ TAIKYMO LIETUVOJE GALIMYBĖS

Justas Ražanskas, Eglė Klumbytė, Darius Pupeikis, Vilma Kriaučiūnaitė-Neklejonovienė
*Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas, Statybos ir architektūros
kompetencijų centras*

Anotacija

Straipsnyje apžvelgiamos statinio informacinio modeliavimo (BIM) 4D ir 5D dimensijų pritaikymo galimybės Lietuvoje. Atliekamas automatinis statinio statybų laiko ir kainos vertinimas, naudojant sukurtus algoritmus bei skirtingą programinę įrangą. Esminis šio straipsnio tikslas – apžvelgti BIM 4D ir 5D pritaikymo galimybes Lietuvoje. Literatūros šaltinių analizė atskleidė, kad BIM 4D ir 5D paplitimas Lietuvoje nėra ženklus, vyrauja tradiciniai statybų laiko ir kainos vertinimo metodai. Tačiau pastebėta, kad Lietuvos statybų įmonės valstybiniu mastu skatinamos integruoti naujas BIM technologijas. Tikslui pasiekti sukurti BIM 4D ir 5D kainos ir laiko vertinimo algoritmai, naudojant „Dynamo“ ir „Bexel Manager“ programinę įrangą, kurie išbandyti ir aprašyti praktiškai. Straipsnio pabaigoje pateikiamos BIM 4D ir BIM 5D taikymo Lietuvoje galimybės.

Reikšminiai žodžiai. BIM, Statinio informacinis modeliavimas, BIM 4D, BIM 5D, Bexel Manager, Dynamo, Masterformat, Uniformat.

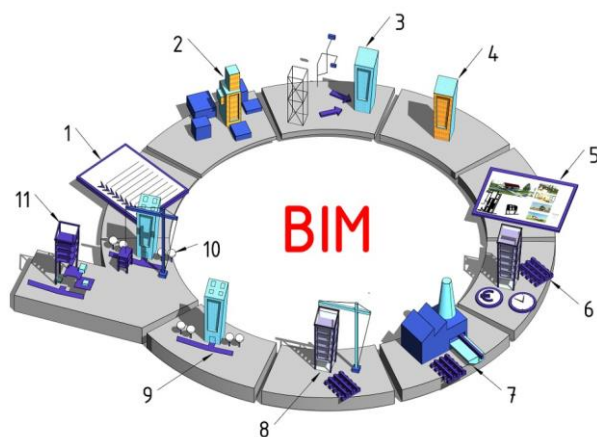
Įvadas

Nuolat tobulėjančiame statybų sektoriuje pasauliniu mastu, augantis išmaniųjų technologijų poreikis didėja ir Lietuvoje. Tai priverčia susimąstyti, kaip iš esmės pakeisti tradicinius, neretai neefektyvius statybų projektų organizavimo metodus. Vien tik 3D statybos projekto modelio nebeužtenka, reikia technologijos, kuri prie esamo trimačio brėžinio pritaikytų papildomą įrangą, leidžiančią atskirus statybos projekto dokumentus sujungti į bendrą visumą (Skaitmeninė..., 2019).

Įvairiose recenzijose, moksliniuose straipsniuose, disertacijose statinio informacinis modeliavimas arba BIM (angl. *Building Information Modelling, BIM*) šiuo metu yra dažna tematika. BIM šaltiniai apibūdina skirtingai. Tačiau, bendru atveju, tai sistema, modeliuojamoje skaitmeninėje erdvėje, padedanti architektūros, inžinerijos ir konstrukcijų sričių profesionalams efektyviau planuoti, projektuoti ir valdyti statomus statinius bei infrastruktūrą. Tai sistema, atvaizduojanti visą statinio gyvavimo ciklą atskirais etapais (Building..., 2020). Prie trimačio 3D modelio pridėjus laiką, gauname 4-tąją dimensiją (4D), kuri vizualizuoja statybos planavimą ir valdymą ir darbo grafikus. Prie 4D prijungus 5-tąją dimensiją (5D), gaunamas skaitmeninis kainos vertinimas realiu laiku. Šie daugiadimensiniai sprendimai ne tik leidžia atlikti įvairius struktūrinius skaičiavimus, bet taip pat efektyviau sudarinėti atliekamų darbų grafikus, tiksliau planuoti būsimo projekto kainą. (Skaitmeninė..., 2019; Baran ir kt., 2018).

BIM pažanga skirtingose šalyse yra įvairi, BIM plėtra jau sėkmingai realizuojama tokiose šalyse, kaip JAV, Švedija, Norvegija, Suomija, Danija, Singapūras (Chan ir kt., 2019). Vertinant BIM technologijų pažangą pasaulyje, progresas stebimas, kai šalys reglamentuoja BIM programinės įrangos reikalavimus viešųjų pirkimų statybų sektoriuje (European..., 2019). BIM modeliai derinami su IFC ir „BuildingSmart“ standartu duomenų mainams, šiuo tikslu integruojamos BIM, „GIS“, „GEOBIM“ platformos (BIM maturity..., 2020; BIM maturity 2021).

Lietuvoje siekiama, kad statinio gyvavimo ciklo efektyvumo didinimas būtų tiesiogiai susijęs su statinio informaciniu modeliavimu. BIM metodikos skatinimui, Lietuvos Respublikos Vyriausybė (LRV) priėmė sprendimą, kad nuo 2021 m. sausio 1 d., statinio informacinis modeliavimas bus taikomas projektuojant ir statant visus sudėtingus ir didelės vertės viešojo sektoriaus statinius ar jų dalis. (BIM-LT..., 2020). LRV reikalavimai koreliuoja su šiuo metu LR Aplinkos ministerijos vystomu „BIM-LT projektu“. Pagal šį projektą Lietuvoje planuojama įvesti tam tikrus metodus ir priemones, kurias sudaro BIM plėtrai reikalingi dokumentai, standartai, informacija apie BIM teikiamą naudą, vykdomas vertinimo ir stebėsenos ataskaitas, standartinių sutarčių formos. „BIM-LT“ planuojamas taip, kad veiktų nacionaliniu lygmeniu, pagal tam tikrus reikalavimus, kuriuos įgyvendinant turėtų būti sudaromos galimybės taikyti identiškoms taisyklėmis paremtą, statinio informacinį modeliavimą. Tuo tikslu jau yra pradėtas kurti NSIK – nacionalinis statybos informacijos klasifikatorius (Modernėja..., 2019; BIM-LT..., 2020; Priemonių..., 2018). Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija sudarė galimybes taikyti bendromis taisyklėmis paremtą statinio informacinį modeliavimą viešajame sektoriuje. Taip skatinama BIM integracija Lietuvoje (Skaitmeninė..., 2018).



1 pav. BIM gyvavimo ciklas; 1 – projektinės užduoties formavimas; 2 – koncepcijos modeliavimas; 3 – projektavimas – architektūra, konstruktyvas, inžinerinė dalis ir t.t.; 4 – analizė – konstrukcijų skaičiavimas, energetinis efektyvumas ir t.t.; 5 – dokumentacija – brėžinių ir kitų dokumentų rengimas; 6 – planavimas – sąmatų, laiko grafikų sudarymas; 7 – gamyba; 8 – statyba ir logistika; 9 – eksploatavimas; 10 – rekonstrukcija; 11 – griovimas

Šaltinis: *Skaitmeninė statyba, prieiga per: <https://skaitmeninestatyba.lt/bim/>*

Teisingas statybų išlaidų nustatymas, darbų eigos planavimas yra vienos iš pagrindinių rangovo užduočių, sėkmingai vystant tolimesnius darbų etapus. Suformuoti darbų sąmatą ir teikti pasiūlymus statytojui, yra rangovo individuali atsakomybė pagal ankstesnę patirtį, taip pat medžiagų, darbų kainų svyravimus ir kitus statybų kainos faktorius (Reizgevičius ir kt., 2013; Kainodara., 2014). Pagal statomo objekto projekcinę detalumą vertinant statybos kainas Lietuvoje yra naudojami programinės įrangos paketai: *Sistela* (Statybos...,2020), *SES3* (Mikalauskas ir kt., Šertvytis, 2019), *Sąmatos EXPERT V6* (Programinės...,2020).

4D BIM prideda papildomą sluoksnį 3D modelyje, su skaitmeniniu vaizdu laike, rodančiu kada projektas bus baigtas. Šis prie 3D modelio pridėtas sluoksnis įtraukiamas į projekto elementus ir gali būti sekamas kartu su realiai vykdomais statybos darbais. Tuo tarpu BIM 5D, prie jau esamo 4D modelio statybos darbų grafiko pridedant statinio išlaidas ir įkainius, matomas aiškesnis vaizdas, kokia bus tam tikrų statybos elementų kaina skirtingose statybų stadijose (4D/5D...,2020). 4D BIM dimensijos naudojimas į 3D modelį integruojant laiko grafiką Lietuvoje jau vystomas, t. y. BIM naudojimas leidžia detalizuoti laiko grafiką įvairiais pjūviais (Lietuvos..., 2019; Reizgevičius, 2016).

Pasak Pawel Kogut ir Andrzej Tomania (2013, 2019) – statybos kainos vertinimo automatizavimo sprendimas įgyvendinamas, taikant skirtingą BIM programinę įrangą – pasitelkiant elementų bibliotekas, klasifikaciją, kainodarą ir specifikacijas, kurios tarpusavyje susijusios nuosekliai. Tačiau pagrindinė visiško automatizavimo problema – standartų ir klasifikatorių nepritaikymas Lietuvos rinkai, naudojamos programinės įrangos negebėjimas sujungti universalios statinio elementų bibliotekos iš atskirų programinės įrangos pardavėjų. (Kogut ir kt., 2013).

Bendradarbiavimas, informacijos keitimasis tarp skirtingų programinės įrangos produktų gali tapti labai komplikotas. Siekiant jį supaprastinti, taikomas išsamus ir nuoseklus informacijos apie statinį keitimosi metodas, klasifikuojant projektuojamą statybų objektą. Klasifikavimo esmė yra išskirti statinio elementus pagal dominančius parametrus (LST EN ISO 12006-2.2020; BIM-LT...,2020; What's...,2020; Lu ir kt., 2017; Sturis, 2020).

Siekiant efektyvesnių rezultatų statybų sektoriuje naudojama įvairi programinė įranga BIM kainos ir laiko vertinimui: *Innovaya Visual Estimating* (Innovaya, 2020), *Vico office/Vico estimator*, *Success Design Exchange*, *WinEstimator* (WinEst, 2020), *Navisworks/Navisworks Manage* (Autodesk, 2020), *BIM Vision* ir *BIMestiMate* (Plebankiewicz ir kt., 2015).

Šio darbo tikslas – pasiūlyti statinio informacinio modeliavimo 4D ir 5D dimensijų taikymo rekomendacijas Lietuvai.

Metodika

Skirtingais BIM 4D ir 5D algoritmais įvertinta administracinės paskirties statinio statybų trukmė ir kaina.

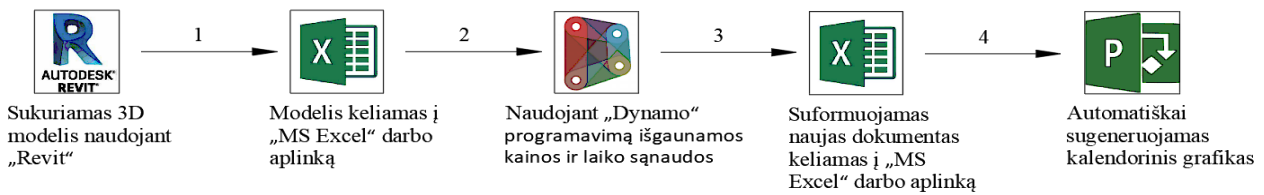
Viena iš praktikoje sėkmingai naudojamų programinių įrangų BIM 4D ir 5D vertinimui yra „Bexel Manager“. Dirbant su 3D modeliu galimas kiekių žiniaraščio ištraukimas, konstrukcijos geometrinių

susikirtimų aptikimas, BIM modelio metaduomenų valdymas, taip pat vertinamos automatinės kainos bei laiko sąnaudos, įvairiose projekto stadijose.

„Dynamo“ yra „Autodesk“ projektavimo programose naudojamas įskiepis, kuris praplečia programos panaudojimo galimybes – aktualios informacijos išgavimą, modelio susiejimą su skirtinga programine įranga, efektyvesnį darbą naudojantis modeliu.

BIM 4D ir BIM 5D algoritmas, taikant „Dynamo“ programinę įrangą

Principinė darbo schema, naudojant „Dynamo“ programinę įrangą, pavaizduota algoritme (žr. 2 pav.). Pirmiausia sukuriama 3D modelis, iš kurio „xlsx“ formatu į „MS Excel“ įkeliama pagrindinė informacija apie konstrukciją. Naudojant „Dynamo“ sujungiami pagrindiniai duomenys iš „MS Excel“ lentelės ir 3D modelio (2 etapas). Trečiame etape suformuojamas naujas „MS Excel“ dokumentas su apskaičiuotu konstrukcijų statybų laiku ir kaina. Ketvirtame etape, naudojant sugeneruotą „xlsx“ formato failą per „MS Project“ programinę įrangą, kuriamas kalendorinis grafikas su sujungta statinio sąmata ir ruošiamas galutinė ataskaita.



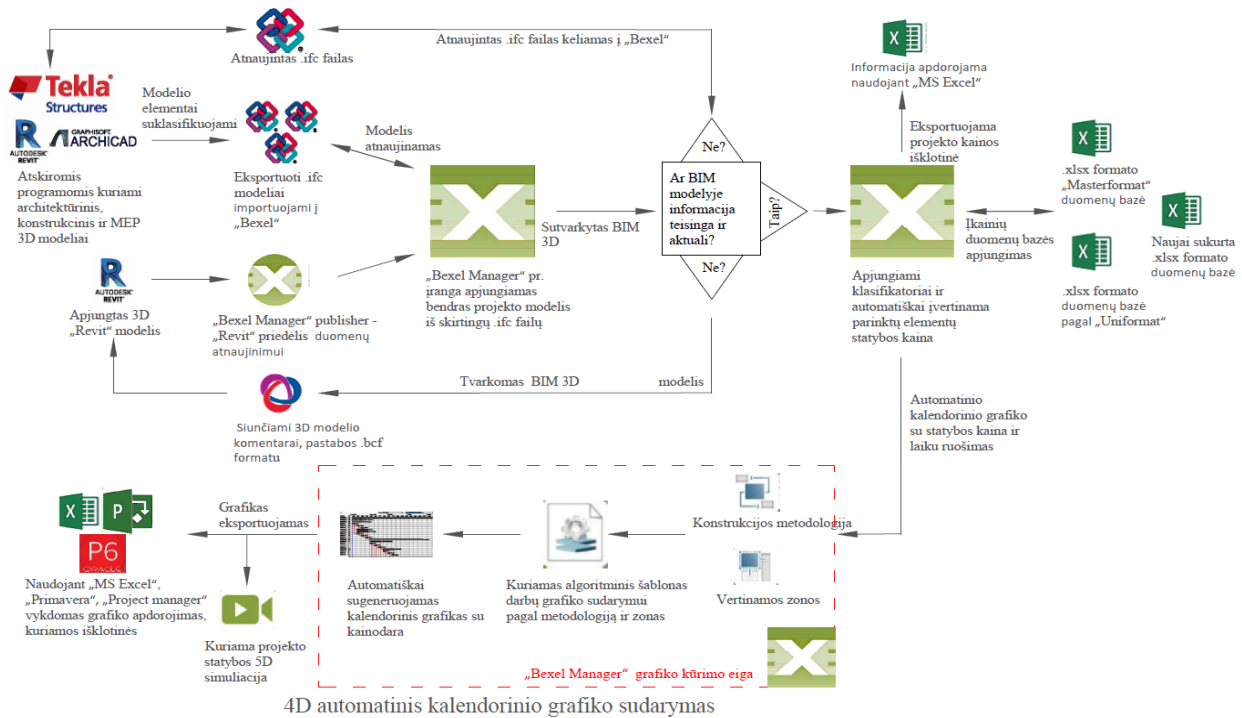
2 pav. Principinis, dalinai automatizuotas BIM 4D ir 5D algoritmas
Šaltinis: sudaryta autorių

BIM 4D ir 5D algoritmas, taikant „Bexel Manager“ programinę įrangą

„Bexel Manager“ programinės įrangos plataus panaudojimo galimybės leidžia paruošti statinio informaciją taip, kad ją galėtų naudoti ir statinio eksploataciją užtikrinantys asmenys.

3D modelio paruošimas

5D automatinis kainos vertinimas



4D automatinis kalendorinio grafiko sudarymas

3 pav. BIM 4D ir 5D vertinimas naudojant „Bexel Manager“

Šaltinis: Sudaryta autorių, remiantis Bexel manager 20.5.2.0

Kainos vertinimo ir kalendorinio grafiko sudarymo eiga pagal BIM 4D ir 5D vertinimo algoritmą, naudojant „Bexel Manager“ pateikta 3 pav. Rezultatas – automatiškai apskaičiuota kaina pagal parinktus elementus ir eksportuojama kainos ataskaitos išsklotinė bei sukurtas kalendorinis grafikas, kuris pagal

poreikį eksportuojamas į kitas, statinio statybos grafikų apdorojimo programas ir (arba) ruošiami kalendorinio grafiko ataskaita.

Aukščiau pateikti sukurti BIM 4D ir 5D algoritmai, kurie reprezentuotų dalinai automatizuotą kainos vertinimo procesą bei aptartos sukurtų algoritmų taikymo galimybės.

Rezultatai

„Dynamo“ programavimo taikymas BIM 4D ir 5D modeliavimui

„Dynamo“ panaudojamas dalinai automatizuotam BIM 4D ir 5D modeliavimui. „Revit“ konstrukciniam modeliui pagal elementų žiniaraštį vertinami statybų laikas ir kaina.

Naudojant „Revit“ programinę įrangą, per „Dynamo“ papildinį, atidaromas jau suprogramuotas šablonas, apdorojantis visus konstrukcijos duomenis atskirais procesais. Šiuo atveju kiekvienas procesas sutampa su viena „Revit“ šeima (angl. *family*), kur programa, naudodama „MS Excel“ lentelės duomenis, pradeda sekantį BIM 5D vertinimo etapą.

Naudojamas pirmasis „Dynamo“ algoritmas. Nauja informacija yra sugrupuojama pagal eiliškumą ir paruošiama statybų kainos bei laiko vertinimui, naudojant antrąjį „Dynamo“ programinį algoritmą (1 lentelė).

1 lentelė

„Dynamo“ programinio algoritmo lentelė, paruošta BIM 5D vertinimui

Kategorija	Šeima	Matavimo vienetas	Gaminys	Seka	Kaina, Eur	Laikas, min.	Priskirti resursai
Konstrukcijos pamatai	Pamatai	Tūris	A-B-1.23	1	20,00	20	Konstrukcijos subrangovas 1
Konstrukcijos stulpeliai	Gelžbetoniniai stulpai	Tūris	A-ST-3.14	2	30,00	28	Konstrukcijos subrangovas 2
Konstrukcijos stulpeliai	Gelžbetoniniai stulpai su konsolėmis	Tūris	A-ST-3.25	2	35,00	34	Konstrukcijos subrangovas 3
Konstrukcijos rėmas	Gelžbetoninė sija	Tūris	A-ST-3.46	4	27,00	24	Konstrukcijos subrangovas 4
Konstrukcijos pamatai	Cokolis	Tūris	A-ST-3.13	4	18,00	19	Konstrukcijos subrangovas 5
Konstrukcijos pamatai	Betoninės lubos	Tūris	A-B-1.23	6	15,00	16	Konstrukcijos subrangovas 6
Konstrukcijos rėmas	HEA santvara	Tūris	A-S-1.41	7	9,00	40	Konstrukcijos subrangovas 7

Šaltinis: Sudaryta autorių

Sekančiame BIM 4D ir 5D vertinimo etape, naudojamas antrasis „Dynamo“ algoritmas (Boiko, 2020). Algoritmas susieja visus „Revit“ 3D modelio elementus su naujos, aukščiau pateiktos lentelės duomenimis, automatiškai sudaromas kalendorinis darbų vykdymo grafikas su atskiromis atliktų darbų kainomis.

Pagal algoritmą automatiškai sudaroma „xlsx“ formato lentelė (2 lentelė). Joje pridedami papildomi stulpeliai su informacija apie statybos darbų trukmę, pradžios ir pabaigos datas, kainą, programinės įrangos „Revit“ 3D modelio elementų šeimos identifikacinį kodą bei kiekį.

2 lentelė

Automatiškai sugeneruotas antrojo „Dynamo“ algoritmo rezultatas

Pavadinimas	Kiekis, m ³	Resursų pavadinimas	Pradžia	Trukmė, dienomis	Pabaiga	Kaina, eurai	Pastabos	Kodas	Statusas
Pamatai	23,697	Konstrukcijos subrangovas 1	01.01.2021	60.0	03.02.2021	473,94	A-S-1.41	Id=2360525,2360544,2361004,2345	Aktyvus
Armuoti betoniniai stulpai	15,32	Konstrukcijos subrangovas 2	03.03.2021	54.0	04.26.2021	459,6	A-S-1.41	Id=2360523,2360542,2361002,2361027	Aktyvus
Armuoti betoniniai stulpai su antresolėmis	2,312	Konstrukcijos subrangovas 3	03.03.2021	10.0	03.13.2021	80,92	A-S-1.41	Id=2361444,2370720	Aktyvus
Armuotos sijos	2,088	Konstrukcijos subrangovas 4	04.27.2021	7.0	05.04.2021	56,376	A-S-1.41	Id=2370877,2371019	Aktyvus
Cokolis	16,758	Konstrukcijos subrangovas 5	04.27.2021	40.0	06.06.2021	301,644	A-S-1.41	Id=2376911,2378060,2378077,23	Aktyvus

Pavadinimas	Kiekis, m ³	Resursų pavadinimas	Pradžia	Trukmė, dienomis	Pabaiga	Kaina, eurais	Pastabos	Kodas	Statusas
Antresolės perdanga	8,192	Konstrukcijos subrangovas 6	06.07.2021	17.0	06.24.2021	122,88	A-S-1.41	Id=2372521	Aktyvus
HEA santvara	0,957	Konstrukcijos subrangovas 7	06.25.2021	5.0	06.30.2021	8,607	A-S-1.41	Id=2362359,2362365,2362367,2362369,2362371,	Aktyvus

Šaltinis: Sudaryta autorių, pagal Autodesk Revit, 2020

Gauta „.xlsx“ formato lentelė atidaroma per „MS Project“ programinę įrangą, kurioje redaguojami ir sutvarkomi pastato duomenys.

„Bexel Manager“ programos taikymas BIM 4D ir 5D modeliavimui

Vadovaujantis sukurtu algoritmu (Autodesk Revit, 2020), vertinami administracinės paskirties statinio statybų kaina ir laikas, per kurį projektas bus įgyvendintas. „Revit“ projektavimo programoje atidaromi jau paruošti – architektūrinis, konstrukcinis bei mechanikos, elektros ir santehnikos 3D modeliai,

Atidaryti failai išsaugomi IFC formatu, nurodant saugojimo vietą bei parenkant visus eksportuojamus failus. Tam naudojama funkcija – „Export“.

Sekančiame etape naudojantis „Bexel Manager“ programine įranga atidaromi visi trys IFC formato failai. Pelės klavišu vartotojas paslenka juos ant „Bexel Manager“ programos tuščios erdves (Bexel manager 20.5.2.0). Taip BIM 5D duomenų tvarkymui 3 atskiri failai sujungiami į vieną bendrą.

Tolimesniame algoritmo vertinimo etape, naudojantis „Bexel Manager“, aptinkamos geometrinio susikirtimo vietos ir gauta informacija eksportuojama sukuriant BCF formato failą.

Iš „Bexel Manager“ programos išsaugotas BCF failas yra atidaromas su „Revit“, kur geometrinės sankirtos klaidos yra ištaisomos ir eksportuojamos per IFC duomenų rinkmenos tipo failą, „Bexel Manager“ programinėje įrangoje projektas atnaujinamas. Tokiu būdu vyksta informacijos mainai tarp projekto dalyvių.

Automatinis kainos vertinimas naudojant sukurtą duomenų bazę pagal „Uniformat“ ir „Masterformat“ klasifikatorių kodus

Siekiant išgauti elementų kiekių žiniaraščius ar priskirti kainą pagal pasirinktus elementus, darbo eigoje vertinamas failas turi būti pilnai paruoštas – sutvarkytos modelio elementų geometrinės sankirtos, atsiradę dublikatai, pridėti trūkstami modelio elementai ir kita informacija. Tai atlikta bendradarbiaujant su kitais projekto dalyviais, per BCF duomenų rinkmenos tipo papildinį, po galutinio 3D modelio apdorojimo, pereinama prie automatinio kainos skaičiavimo.

Kainos apskaičiavimui su „Bexel Manager“ programine įranga naudojami įvairūs metodai:

- naudojant skirstymą pagal elementų rinkinius (angl. *selection sets*) ir importuojant klasifikatoriaus duomenų bazę;
- programoje nurodant užklausas norimų išgauti konstrukcijų elementų kainos vertinimui per grupavimo funkciją „*Custom breakdown*“ ir importuojant klasifikatoriaus duomenų bazę;
- naudojant žiniaraščio sudarymo funkciją „*quantity takeoff*“ ir pildant iš modelio suklasifikuotų elementų kainas pagal duomenų bazę;
- 3D modelyje vertinamiems elementams kuriama nauja duomenų bazė.

Tyrime parinkti ir naudoti klasifikatoriai „Masterformat“ ir „Uniformat“.

Kad vertinama statinio kaina būtų suskaičiuota automatiškai, reikalingas statinio elementų priskyrimas. Naudojant „*selection sets*“, pažymimi visi statinio elementai, kurie jau yra priskirti prie programinėje įrangoje sukurtos duomenų bazės, naudojant „Masterformat“ klasifikatoriaus kodus. Tolimesnėje BIM 5D vertinimo eigoje pagal kainos sudarymo funkciją „*auto-assign*“, apskaičiuojama visų statinio elementų kaina. Gautas rezultatas išeksportuojamas „.xlsx“ formatu ir sugeneruojama kainos ataskaita (žr. 3 lent.). Baigiamas kainos vertinimo procesas.

Palyginimui buvo atliktas ir statinio kainos vertinimas pagal Uniformat“ klasifikatoriaus duomenis, naudojamus užsienio šalyse. Gauti rezultatai, t. y. sąmatos pateiktos 3 ir 4 lentelėse.

3 lentelė

Sąmata parengta naudojant „Bexel Manager“ pagal „Masterformat“ klasifikatorių

Eilės Nr.	Pagr. Grupė	Pavadinimas	Elementų kiekis, vnt.	Bendra kaina, Eur	Medžiagų kaina, Eur	Darbo kaina, Eur	Įrangos kaina, Eur	Darbo papildomos išlaidos, Eur	Įrangos papildomos išlaidos, Eur
1		Masterformat	8852	4627242,48	1942170,89	2379257,08	305814,51	53252,80	56462,42
1.1	26 00 00	Elektros įranga	871	220977,52	61937,91	130420,11	28619,50	23282,55	28619,50
1.2	01 00 00	Bendrieji reikalavimai	69	165286,92	27000,00	87208,14	51078,78	27000,00	27000,00
1.3	03 00 00	Betonas	775	1172837,82	469780,51	685743,35	17313,97	0,00	0,00
1.4	04 00 00	Mūras	45	132540,44	26612,82	105927,61	0,00	0,00	0,00
1.5	05 00 00	Metalinės konstrukcijos	37	106302,13	68531,33	35632,14	2138,66	0,00	0,00
1.6	06 00 00	Medis, plastikas ir kompozitai	76	17598,82	10705,23	6 184,48	709,11	2 836,44	709,11
1.7	07 00 00	Temperatūros ir drėgmės apsauga	169	145814,20	64923,24	72095,93	8795,04	0,00	0,00
1.8	08 00 00	Angos	3852	833463,26	346184,87	487278,39	0,00	0,00	0,00
1.9	09 00 00	Sluoksnių užbaigimas	712	291367,66	207193,57	84174,08	0,00	0,00	0,00
1.10	12 00 00	Baldai	100	20830,29	20732,14	98,15	0,00	0,00	0,00
1.11	22 00 00	Vamzdynas	213	60316,15	18748,01	41317,11	251,03	133,62	133,62
1.12	23 00 00	ŠVOK	2009	641085,24	242750,00	39335,24	0,00	0,00	0,00
1.13	31 00 00	Žemės darbai	374	240284,65	130338,68	57939,12	52006,85	0,19	0,19
1.14	32 00 00	Aplinkos darbai	60	576229,46	245759,47	185568,41	144901,58	0,00	0,00
1.15	33 00 00	Komunalinės paslaugos	30	2307,92	973,10	1334,82	0,00	0,00	0,00

Šaltinis: Sudaryta autorių

4 lentelė

Iš „Bexel Manager“ išksporuota sąmata pagal „Uniformat“ klasifikatorių

Eilės Nr.	Pagr. Grupė	Pavadinimas	Elementų kiekis, vnt	Bendra kaina, Eur	Medžiagų kaina, Eur	Darbo kaina, Eur	Įrangos kaina, Eur	Darbo papildomos išlaidos, Eur	Įrangos papildomos išlaidos, Eur
1		Uniformat	8793	4 036610,80	1616 675,78	2229921,99	190013,03	24135,61	29462,23
1.1	A	Požeminė dalis	315	286667,35	163390,92	120143,45	3132,98	0,00	0,00
1.2	B	Antžeminė dalis	4576	2216 104,74	795421,31	1374097,27	46586,17	2836,44	709,11
1.3	C	Interjeras	791	539457,85	375840,03	161276,04	€ 2 341,78	0,00	0,00
1.4	D	Paslaugos	2980	735322,43	216388,81	490063,10	€ 28 870,53	21299,17	28753,12
1.5	E	Įranga ir baldai	100	20830,29	20732,14	98,15	€ 0,00	0,00	0,00
1.6	G	Statybvietė	31	238228,14	44902,58	84243,99	€ 109 081,58	0,00	0,00

Šaltinis: Sudaryta autorių pagal Bexel manager 20.5.2.0

Naujos įkainių duomenų bazės kūrimas pagal elementų parametrus ir automatinis kainos apskaičiavimas programinėje įrangoje „Bexel Manager“

Naujai sukurtam klasifikatoriui buvo taikytas elementų klasifikavimas atsižvelgiant į 3 skirtingų projekto dalių (konstrukcinė, architektūrinė ir mechanikos, elektros, santechnikos) duomenis. Kiekvienoje projekto dalyje elementai skirstomi į grupes ir klasifikuojami, nurodant elemento užklausą (angl. *element query*) pagal dokumento pavadinimą (angl. *document title*), elementui priskirtą kategoriją (angl. *category*), šeimą (angl. *family*). Elementų grupėms priskiriamas kodas. Taip pat nurodomi kiekių vienetai, pagal kuriuos skaičiuojamas elementų grupių plotas [m²], tūris [m³], ilgis [m] ir masė [kg] ir priskiriami įkainiai (žr. 5 lent.).

„Bexel Manager“ programoje sukurta įkainių duomenų bazė

Eilės Nr.	Kodas	Pavadinimas	Aprašymas	Vieneto kaina, Eur	Dienos produkcija	Kiekio tipas	Mato vnt.	Kiekio formulė	Projekto elemento užklausa	Medžiagų įkainiai, Eur	Darbo įkainiai, Eur	Įrangos įkainiai, Eur
1		Klasifikavimas	Klasifikavimas									
1.1	01	Architektūrinė dalis							['Document Title'] = 'AR%'			
1.1.0	0102	Sienos AR	Architektūrinio modelio sienos	350,00	1,00	Tūris	m ³	[Tūris]	[FAMILY] = 'Basic - AR%'	0,00	0,00	0,00
1.1.0	0103	Grindys AR		50,00	1,00	Plotas	m ²	[Plotas]	([CATEGORY] = 'Slab' and [FAMILY] = 'AR%')	16,67	16,67	16,67
1.1.0	0104	Stogas AR		90,00	1,00	Plotas	m ²	[Plotas]	[CATEGORY] = 'Roof'	30,00	30,00	30,00
1.2	02	Konstruktinė dalis							['Document Title'] = 'ST%'			
1.2.1	0200	Konstruktinės dalies kategorijos										
1.2.1.0	0201	Sienos ST	Struktūrinio modelio sienos	100,00	1,00	Tūris	m ³	[Tūris]	[CATEGORY] = 'Wall'	33,33	33,33	33,33
1.2.1.0	0202	Pamatai ST		100,00	1,00	Tūris	m ³	[Tūris]	[CATEGORY] = 'Structural Foundation'	33,33	33,33	33,33
1.2.2.0	02001	Pamatų armatūra ST		60,00	1,00	Svoris	kg	[Tūris] * [Armatūra]	[CATEGORY] = 'Structural Foundation'	0,00	0,00	0,00
1.3	03	Elektros, mechanikos ir santechnikos dalis							['Document Title'] = 'ME%'			
1.3.0	0301	Vamzdynas MEP		3,00	1,00	Ilgis	m	Ilgis	([CATEGORY] = 'Pipe' and [FAMILY] = 'PL-Open%')	2,00	1,00	0,00
1.3.0	0302	Ortakiai MEP		5,00	1,00	Ilgis	m	Ilgis	[CATEGORY] = 'Duct'	1,67	1,67	1,67

Šaltinis: Sudaryta autorių

Pagal „Bexel Manager“ funkciją „Auto – Assign“, vertinama pavyzdinė projekto elementų kaina. Gauti dokumentai išeksportuoti į „.xlsx“ formato failą ir pateikta projekto kainos ataskaita (žr. 6 lent.).

Automatinis elementų kainos apskaičiavimas pagal sukurta įkainių duomenų bazę

Eilės Nr.	Kodas	Pavadinimas	Elementų kiekis	Kiekio parametrai	Matavimo vienetai	Skaičiuojamo kiekio formulė	Vieneto kaina	Bendra kaina, Eur	Medžiagų kaina, Eur	Darbo kaina, Eur	Įrangos kaina, Eur
1		Pavyzdinis klasifikavimas	2284					1578487,41	401309,58	901448,46	275729,37

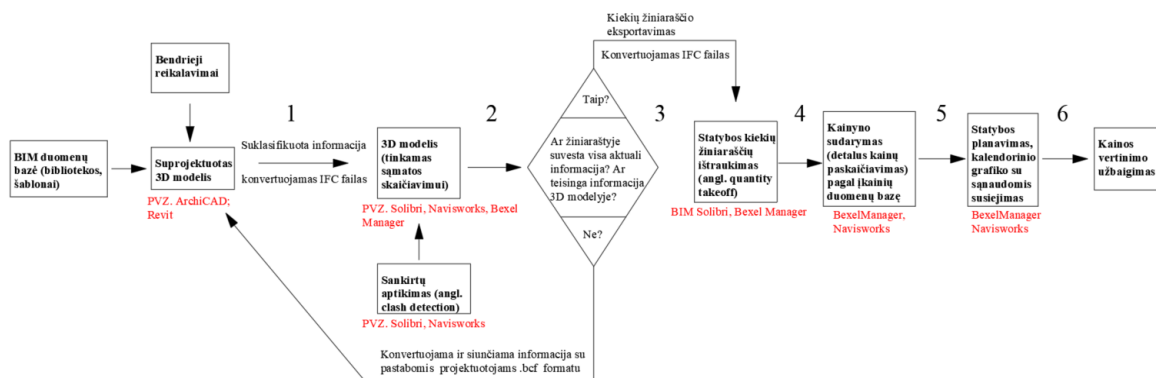
Eilės Nr.	Kodas	Pavadinimas	Elementų kiekis	Kiekio parametrai	Matavimo vienetai	Skaičiuojamo kiekio formulė	Vienet o kaina	Bendra kaina, Eur	Medžiagų kaina, Eur	Darbo kaina, Eur	Įrangos kaina, Eur
1.1	01	Architektūrinė dalis	728					937558,63	340901,13	340901,13	255756,36
1.1.0	0102	Sienos	601	Tūris	m ³	[Tūris]	350,00	€ 229 310,22	104827,53	104827,53	19655,16
1.1.0	0103	Grindys	119	Plotas	m ²	[Plotas]	50,00	413997,18	137989,86	137989,86	138017,46
1.1.0	0104	Stogas	8	Plotas	m ²	[Plotas]	90,00	294251,23	98083,74	98083,74	98083,74
1.2	03	Elektros, mechanikos ir santechnikos dalis	1230					6465,76	3100,51	2155,25	1210,00
1.2.0	0301	Vamzdynai	504	Ilgis	m	[Ilgis]	3,00	2835,76	1890,51	945,25	0,00
1.2.0	0302	Ortakiai	726	Ilgis	m	l	5,00	3630,00	1210,00	1210,00	1210,00
1.3	02	Konstruktinė dalis	326					634463,03	57307,94	558392,07	18763,01
1.3.1	020201	Pamatų armatūra	78					578173,99	€ 38 544,93	€ 539 629,06	€ 0,00
1.3.1.0	02001	Pamatų armatūra	78	Masė	kg	[Tūris] * [Arnavimas]	60,00	578173,99	38544,93	539629,06	0,00
1.3.2	0200	Konstruktinio kategorijos	326					56289,03	18763,01	18763,01	18763,01
1.3.2.0	0201	Sienos ST	32	Tūris	m ³	[Tūris]	100,00	16665,12	5555,04	5555,04	5555,04
1.3.2.0	0202	Pamatai	294	Tūris	m ³	[Tūris]	100,00	39623,92	13207,97	13207,97	13207,97

Šaltinis: Sudaryta autorių

Diskusija

Principinio algoritmo kūrimas 4D ir 5D dimensijų taikymui Lietuvoje

BIM 5D darbo eiga pavaizduota algoritme, kuriame pateikiamas dalinai automatizuotas kainos vertinimas (žr. 4 pav.).



4 pav. Dalinai automatizuotas BIM 5D kainos vertinimo algoritmas

Vertinimo pradžioje, paruošiamas detalus BIM 3D modelis su elementams priskirtu klasifikatoriumi. Modelis konvertuojamas į IFC duomenų rinkmenos tipo failą (1 etapas). Sekančiame etape, naudojant „Solibri“, „Navisworks“ ar „Bexel Manager“ ieškomos modelio geometrinės sankirtos klaidos, tikrinama ar teisingai pateikiama informacija, atliekant:

- skaitmeninio informacinio modelio vizualinę patikrą;
- 3D ir 2D informacijos palyginimą;
- skaitmeninio projekto dalies skirtingų versijų palyginimą;
- kiekių analizę pagal atitinkamą filtrą (Sturis, 2020).

Nustačius, kad informacija neteisinga, 3D modelio konkrečios pastabos ir taisytinės vietos grąžinamos projektuotojams, naudojant BCF formato failą, o jei BIM modelio informacija teisinga, tuomet naudojant

„Solibri“ ar „Bexel Manager“ išgaunami elementų kiekiai, pagal kuriuos 4 ir 5 etapuose sudarinėjamos statybos išlaidų išsklotinės ir apjungiamas kalendorinis darbų vykdymo grafikas (žr. 4 pav.).

Algoritmų pritaikymas statybų objektams Lietuvoje galimybės

Nr. 1 algoritmo (su „Dynamo“) taikymo galimybės Lietuvoje

Algoritmu su „Dynamo“ programine įranga taikymas yra labiau orientuotas nedideliems projektams, kurių konstrukcijose vyrauja vienodas savybes turintys elementai. Pirmąjį algoritmą taikant didesnės apimties projektams, iškiltų papildomi sunkumai dėl siaurų panaudojimo galimybių, statinio informacinio modeliavimo komunikacijos nepritaikymo prie skirtingos programinės įrangos. Pirmojo algoritmo panaudojimo galimybės būtų efektyviausios vertinant panašios sudėties, paprasto BIM projekto statinio statybos kainą ir laiką.

Nr. 2 algoritmo (su „Bexel Manager“) taikymo galimybės Lietuvoje

Šio algoritmo pritaikymas yra labai platus. Šiuo metu kuriamo nacionalinio – NSIK klasifikatoriaus panaudojimas BIM 4D ir 5D vertinimui, taikant projektavimo ir „Bexel Manager“ programinę įrangą būtų nesudėtingas, kadangi didžioji dalis modelio informacijos yra apdorojama vienoje darbo aplinkoje.

Matomos naudingos ir papildomos „Bexel Manager“ programinės įrangos panaudojimo galimybės:

- atsiradus projekto dalies pakeitimams, galimas ankstesnės projekto versijos automatinis sąmatos atnaujinimas ir senos projekto biudžeto informacijos išsaugojimas „Bexel Manager“ archyve;
- automatinis senų įkainių atnaujinimas;
- atnaujintų BIM modelio sąmatų ir įkainių analizė;
- paruošto įkainių šablono naudojimas skirtinguose projektuose.

NSIK klasifikatoriaus panaudojimas statinio 3D modelio kūrimo stadijoje, sėkmingai realizuotų pirmąjį algoritmą, statybų kainos ir laiko sąnaudų vertinime. Tačiau tam reikalinga įkainių duomenų bazė, kurią būtų įmanoma susieti su statinio elementams atpažinti naudojamu nacionaliniu klasifikatoriumi.

Vertinant dabartinę, statybų sektoriaus situaciją Lietuvoje, statybų įmonės turi galimybę kurti individualias įkainių duomenų bazines, naudojant „Bexel Manager“ programinę įrangą ir grupavimą pagal išskirtinius atskirų elementų parametrus ir klasifikavimo kodus. Pagrindinė užduotis yra statinio elementų identifikavimo šablono kūrimas, kurį būtų įmanoma pritaikyti atskiriems projektuojamų statinių modeliams.

Išvados

1. 4D panaudojimas siejant laiko dimensiją su statinio informaciniu modeliu arba 3D modeliu Lietuvoje ir kitose šalyse yra išvystytas ir nekelia sunkumų. Tačiau BIM 4D panaudojimas Lietuvos rinkoje nėra ženklus, kadangi BIM modeliai nedominuoja statybos projektuose.

2. Atsižvelgiant į klasifikatorių palyginimą pastebėta, kad „Masterformat“ projekto modelio elementų klasifikavimas yra tikslesnis, tinkamas darbo projekto vertinimui. Tuo tarpu „Unifomat“ klasifikacija taikoma koncepcinio projekto kainos vertinimui. Abu klasifikatoriai naudoja hierarchinį, skirtingų lygių grupavimą, kuris gali būti pritaikytas ir Lietuvoje.

3. Sukurti BIM 4D ir 5D algoritmai reprezentuoja tik dalinai automatizuotą kainos vertinimo procesą, kadangi Lietuvos sąmatų sudarymo programos nėra integruojamos į 3D modelį.

4. 5D dimensija Lietuvoje nėra paplitusi nes siejama ne su Lietuvoje naudojamomis sąmatinėmis programomis, o tokiomis programinės įrangos aplinkomis kaip „Autodesk Revit“, „Bentley Systems“, „OpenBuildingsDesigner“, o tai reikalauja aukštos kvalifikacijos BIM statybos technologo ar sąmatininko. Naudojamos sąmatų skaičiavimo duomenų bazių programos yra nepritaikytos BIM 5D skaičiavimui, tačiau BIM integracija Lietuvoje statybos projektavimą ir valdymą padarytų ženkliai efektyvesnį.

Literatūra

1. 4D/5D BIM in construction. *KBD* [interaktyvus]. N.d. [žiūrėta 2020-05-27]. Prieiga per: <https://kbd.group/4d-5d-bim/>
2. AUTODESK. What is Navisworks. *Autodesk* [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-05-22]. Prieiga per: <https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview?plc=NAVSIM&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>
3. Autodesk Revit. 2020 [programinė įranga]. N.d. [žiūrėta 2020-10-06]. Prieiga per: <https://www.autodesk.com/education/edu-software/overview?sorting=featured&page=1>
4. Bexel manager 20.5.2.0 [programinė įranga]. N.d. [žiūrėta 2020-10-28]. Prieiga per: <https://bexelconsulting.com/>

5. BIM maturity levels explained. *UnitedBIM* [interaktyvus]. N.d. [žiūrėta 2020-05-16]. Prieiga per: <https://www.united-bim.com/bim-maturity-levels-explained-level-0-1-2-3/>
6. BIM maturity levels. *Designing Buildings* [interaktyvus]. 2021 [žiūrėta 2021-09-20]. Prieiga per: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BIM_maturity_levels#Level_3_BIM
7. BIM-LT Projektas. *Statyba 40* [interaktyvus]. N.d. [žiūrėta 2020-10-11]. Prieiga per: <https://statyba40.lt/titulinis/bim-lt-projektas/>
8. Building information modeling. Autodesk [interaktyvus]. N.d. [žiūrėta 2020-04-19]. Prieiga per: <https://www.autodesk.com/solutions/bim>
9. BOIKO Artem. Big Data and Mashine Learning. BIM 4D and 5D dynamo. [interaktyvus]. N.d. [žiūrėta 2020-05-27]. Prieiga per: <https://bigdataconstruction.com/courses/bim-project-management-in-revit-with-4d-time-and-5d-cost/lesson/what-is-included-in-this-course-target-audience-and-whats-required/>
10. CHAN, Daniel WM; OLAWUMI, Timothy O.; HO, Alfred ML. Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong. *Journal of Building Engineering* [interaktyvus]. 2019, 25: 100764 [žiūrėta 2020-05-23]. Prieiga per: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710218310209?casa_token=Xque8HnsIAAAAAA:e9DKPoi9Nak9WMGc6CoQ5yp_8e5cHLxD2jsNK3_b5UWCMiMfdnZME_w1WcsPLbChyFUeRBjS_cE
11. Dynamo manual. What is Dynamo. Dynamo [interaktyvus]. N.d. [žiūrėta 2020-05-27]. Prieiga per: https://primer.dynamobim.org/01_Introduction/1-2_what_is_dynamo.html
12. Estimating-Systems-Masterformat-and-Unifomat [interaktyvus]. N.d. [žiūrėta 2020-05-29]. Prieiga per: <https://acementortools.org/wp-content/uploads/2019/05/Estimating-Systems-Masterformat-and-Unifomat-Eastern-Iowa.pdf>
13. EUROPEAN CONSTRUCTION SECTOR OBSERVATORY. Building Information Modelling in the EU construction sector. EC Europa [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-06-03]. Prieiga per: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/34518/attachments/1/translations/en/renditions/native>
14. Kainodara statyboje. *Statybos ekonomika ir kainodara* [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2020-10-15]. Prieiga per: <http://www.sistela.lt/Kainodara/statyboje>
15. Lietuvos BIM projektai. *Skaitmeninė statyba* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-05-11]. Prieiga per: <https://skaitmeninestatyba.lt/projektai/>
16. LST EN ISO 12006-2:2020. Pastatų statyba. Informacijos apie statybos darbus struktūra. 2 dalis. Klasifikavimo schema (ISO 12006-2:2015) = Building construction - Organization of information about construction works - Part 2: Standartas (ISO 12006-2:2015) turi Lietuvos standarto statusą. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2020.
17. LU, Ming; HASAN, Tarequl; HASAN, Monjurul. COMPARATIVE STUDY OF UNIFORMAT AND MASTERFORMAT FOR CONSTRUCTION COST ESTIMATING [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2020-05-14]. Prieiga per: https://www.csce.ca/elf/apps/CONFERENCEVIEWER/conferences/2017/pdfs/CONSPEC/FinalPaper_186.pdf
18. Modernėja naudingumo kriterijai statybos darbams pirkti. *Mano vyriausybė* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-04-25]. Prieiga per: <https://am.lrv.lt/lt/naujienos/modernej-naudingumo-kriterijai-statybos-darbams-pirkti>
19. PLEBANKIEWICZ, Edyta; ZIMA, Krzysztof; SKIBNIEWSKI, Mirosław. Analysis of the first Polish BIM-Based cost estimation application. *Procedia Engineering* [interaktyvus]. 2015, 123: 405-414. [žiūrėta 2020-05-19]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815031653>
20. Priemonių, skirtų viešojo sektoriaus statinių gyvavimo ciklo procesų efektyvumui didinti, taikant statinio informacinį modeliavimą, sukūrimas. Elektroninės investicijos [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2020-04-29]. Prieiga per: https://www.esinvesticijos.lt/lt/paraiskos_ir_projektai/priemoniu-skirtu-viesojo-sektoriaus-statiniu-gyvavimo-ciklo-procesu-efektyvumui-didinti-taikant-statinio-informacini-modeliavima-sukurimas
21. Programinės įrangos aprašymas. *Astera* [interaktyvus]. N.d. [žiūrėta 2020-10-11]. Prieiga per: <https://astera.lt/LT/Home/About>
22. REIZGEVIČIUS, Marius. *BIM technologijų efektyvumo daugiapakopis vertinimas: daktaro disertacija* [interaktyvus]. Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2016 [žiūrėta 2020-05-21]. Prieiga per: <http://dspace.vgtu.lt/handle/1/2498>
23. REIZGEVIČIUS, Marius; REIZGEVIČIŪTĖ, Laura; PELIKŠA, Mykolas. Pastato informacinio modelio (BIM) panaudojimas statybos inžinerijos studijose. [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2020-04-21]. Prieiga per: http://www.su.lt/bylos/mokslo_leidiniai/jmd/2013_2_40/reizgevicius_reizgevicius_peliksa.pdf
24. Skaitmeninė statyba 2019: almanachas [interaktyvus]. 2019, 4-20 [žiūrėta 2020-04-19]. Prieiga per: https://issuu.com/lba8/docs/skaitmenine_statyba_2019_one
25. Skaitmeninė statyba ir BIM. *Skaitmeninė statyba* [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2020-04-19]. Prieiga per: <https://skaitmeninestatyba.lt/bim/>
26. STURIS Justas. Skaitmeninės informacijos panaudojimas sąmatų ir biudžetų sudarymui. *Komunikacija skaitmeninės informacijos pagrindu*. Kaunas 2020.
27. What's my masterformat number. *CSI* [interaktyvus]. N.d. [žiūrėta 2020-05-14]. Prieiga per: <https://www.csiresources.org/standards/masterformat/masterformat-number>
28. WinEst, from Conceptual to Detailed Estimating, [interaktyvus]. N.d. [žiūrėta 2020-05-22]. Prieiga per: <https://gc.trimble.com/#winest>

POSSIBILITIES OF APPLYING BUILDING INFORMATION MODELLING 4D AND 5D DIMENSIONAL PRINCIPLES IN LITHUANIA

Summary

The paper reviews the application of 4D and 5D dimensions of Building Information Modelling (BIM) in Lithuania. Automatic evaluation of the construction time and cost of the building is performed using the developed algorithms and different software. The main purpose of this article is to review the application possibilities of BIM 4D and 5D in Lithuania. Analysis of the literature review revealed that the prevalence of BIM 4D and 5D in Lithuania is not significant, manual construction time and price estimation methods prevail. However, it has been noticed that Lithuanian construction companies are encouraged to integrate new BIM technologies at the state level. To achieve this goal, BIM 4D and 5D cost and time estimation algorithms have been developed using Dynamo and Bexel Manager software, which have been tested and described in practice. At the end of the paper, the possibilities of the application of BIM 4D and BIM 5D in Lithuania are presented.

Key words: BIM, BIM 4D, BIM 5D, Bexel Manager, Dynamo, Masterformat, Uniformat.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Justas Ražanskas

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universiteto, Statybos ir architektūros fakultetas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybos valdymas, statinio informacinis modeliavimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 629 20033, justas.razanskas@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Eglė Klumbytė

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universiteto, Statybos ir architektūros fakulteto lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Statinio informacinis modeliavimas, išmanieji miestai, statybos valdymas.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 683 27736, egle.klumbyte@ktu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Pupeikis

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universiteto, Statybos ir architektūros fakulteto docentas, KTU, SAF, Išmaniųjų miestų ir infrastruktūros centro vadovas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Statinio informacinis modeliavimas, skaitmeniniai dvyniai, statybos inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 689 77371, darius.pupeikis@ktu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Vilma Kriauciūnaitė-Neklejonovienė

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universiteto, Statybos ir architektūros fakulteto lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Statinio informacinis modeliavimas, inžinerinė geodezija, matavimai.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 682 14923, vilma.kriauciunaite@ktu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Justas Ražanskas.

Science degree and name: master.

Workplace: Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, student.

Author 's research interests: construction management, BIM.

Telephone and e-mail address: 8 629 20033, justas.razanskas@gmail.com

Author name, surname: Eglė Klumbytė.

Science degree and name: doctor.

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, lecturer.

Author 's research interests: BIM, Smart Cities, Civil Engineering.

Telephone and e-mail address: 8 683 27736, egle.klumbyte@ktu.lt

Author name, surname: Darius Pupeikis.

Science degree and name: doctor

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Assoc. Prof. and the head of KTU FCEA Centre for Smart Cities and Infrastructure.

Author 's research interests: BIM, digital twins, civil engineering

Telephone and e-mail address: 8 689 77371, darius.pupeikis@ktu.lt

Author name, surname: Vilma Kriauciūnaitė-Neklejonovienė

Science degree and name: doctor

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, lecturer.

Author 's research interests: BIM, engineering geodesy, measurements

Telephone and e-mail address: 8 682 14923, vilma.kriauciunaite@ktu.lt

ADMINISTRACINĖS PASKIRTIES PASTATO APŽELDINTO STOGO INŽINERINIŲ SPRENDINIŲ ANALIZĖ

Audrius Čereška, Violeta Medelienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija.

Dėl pasaulinės klimato kaitos tendencijų daugumoje gyvenimo sričių linkstama prie ekologiškų sprendinių. Viena iš tokių sričių Lietuvos statybos sektoriuje - apželdinti stogai. Tyrime keliamas tikslas - išanalizuoti apželdintų stogų variantus, tinkamus administracinės paskirties pastatams ir atlikti jų vertinimą. Straipsnyje pateikiama detali apželdintų stogų analizė, aktualūs vertinimo aspektai ir atliekamas daugiatis alternatyvių stogų variantų vertinimas, naudojant daugiakriterinį naudingumo vertės metodą. Vertinimo rezultatai leido nustatyti racionalų administracinio pastato apželdinto stogo variantą, kuris vėliau panaudotas pastato projekte.

Reikšminiai žodžiai. Apželdinti stogai, vertinimo aspektai, subjektyvus reikšmingumas, teorinis reikšmingumas, naudingumo vertės metodas, racionalus sprendimas.

Įvadas

Šiltėjant klimatui ir didėjant oro užterštumui, vis labiau atsižvelgiama į pastatuose naudojamų medžiagų ir konstrukcijų daromą įtaką aplinkai, jų ekologiškumą. Pastaruoju metu Lietuvoje skinasi kelių apželdintieji (žalieji) stogai. Pasaulyje tokie stogai jau nebėra naujiena ar didelių investicijų reikalaujanti konstrukcija. Tačiau jų nauda aplinkai yra didžiulė (Petkevičiūtė J., 2020).

Apželdintieji stogai paverčia pilkus plotus žaliomis oazėmis, žalios erdvės ant stogų vėsina pastatus, iš miesto oro valo teršalus. Ant apželdintųjų stogų gali būti įrengiamos poilsio zonos, kurių reta tankiai apgyvendintuose miestuose. Tokie stogai pagerina pastato garso izoliaciją, termoizoliaciją, padidina buveinės plotą, ypač vabzdžiams bei paukščiams, suteikia geresnę estetinę vaizdą. Tokie stogai gali sulaikyti iki 75 % lietaus vandens, kuris vėliau grąžinamas į atmosferą per transpiraciją, o kritulių vandenyje buvę teršalai lieka dirvožemyje. Vandens sulaikymas naudingas vandens tvarkymui, nes mažiau apkraunamos kombinuoto drenažo sistemos ([Žalieji stogai - ar lietuviams jų reikia?, 2021; Thon ir kt., 2010](#)).

Dėl sumažėjusio ekstremalių temperatūrų svyravimo, UV spindulių ir cheminio poveikio padidėja tokių stogų eksploatavimo trukmė.

Nors pasaulyje žalieji stogai žinomi jau seniai ir yra gana populiarūs, Lietuvoje jų populiarumas kol kas nėra didelis. Gal dėl brangumo, gal dėl eksploatacijos ypatumų, o gal dėl lietuvių nepasitikėjimo naujovėmis apželdintųjų stogų kol kas įrengiama nedaug. Tačiau didėjant užsienio investicijomis į Lietuvoje esančius verslus ir sparčiai augant jų sektoriams, atsiranda vis didesnis poreikis naujų, modernių pastatų, kurie atitiktų šių dienų architektūrinius, konstrukcinius, ekonominius ir darnumo su gamta poreikius. Verslų steigėjai ir savininkai vis dažniau renkasi įkurti savo verslus šiuolaikiškuose, moderniuose pastatuose, o pastatai su apželdintais stogais tikrai atitinka daugumos lūkesčius.

Tyrimo objektu pasirinktas administracinės paskirties pastato stogo projektas. Tyrime suformuluota problema - kurs apželdinto stogo variantas geriausiai tenkintų projektuojamo administracinės paskirties pastato užsakovų poreikius? O keliamas tyrimo tikslas - atlikus apželdintų stogų variantų analizę, nustatyti racionalų sprendimą.

Realizuojant iškeltą tikslą, tyrimas atliktas prisilaikant tokių etapų: 1- atlikta apželdintų stogų konstrukcinių sprendimų analizė; 2- įvertinti svarbiausi aspektai ir sudaryta vertinimo kriterijų sistema; 3- apskaičiuotas subjektyvus ir teorinis kriterijų reikšmingumai; 4- taikant daugiakriterinio vertinimo metodą, nustatytas racionalus administracinės paskirties pastato apželdinto stogo sprendimas.

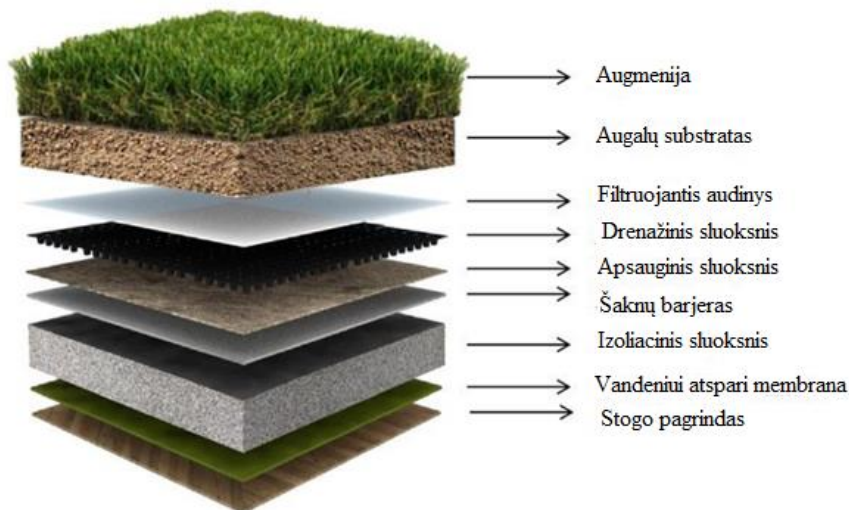
Plokščių apželdintų stogų konstrukciniai sprendiniai

Apželdintus stogus dažniausiai sudaro tokie pagrindiniai sluoksniai: pagrindas, ant kurio įrengiamas stogas (denginio konstrukcija), nuolydį formuojantis sluoksnis, garo izoliacija, šilumos izoliacija, paklotas, hidroizoliacinis sluoksnis, apsauginis skiriamasis sluoksnis, drenuojantis sluoksnis, vandenį filtruojantis sluoksnis su apsauga nuo šaknų peraugimo, žemės substrato sluoksnis.

Atsižvelgiant į stogo specifiką ir įrengimo tikslą, stogo apželdinimas gali būti ekstensyvus, pusiau intensyvus arba intensyvus. Šiame straipsnyje ir atliekama šių trijų tipų apželdintų stogų analizė bei pateikiamas daugiakriterinis vertinimas.

Ekstensyvaus apželdinimo stogas (A1 variantas), tai stogas, turintis tokį apželdinimą, kuriam nereikia nuolatinės priežiūros. Tokiuose stoguose įrengiamas ne didesnis kaip 0,20 m storio žemės sluoksnis, kuris

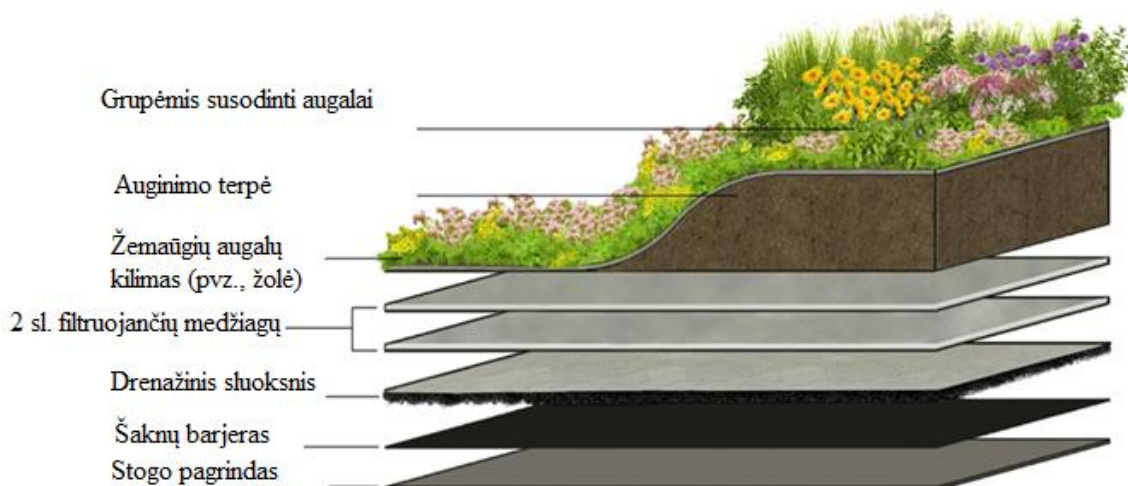
apsodinamas lėtai augančiais ir išorinės aplinkos poveikiams atspariais žolinių rūšių augalais - samanomis, žolės veja, gėlėmis, vaistažolėmis ir pan. (1 pav.). Šis stogas yra sąlyginai lengvas, nereikalaujantis nuolatinės priežiūros. Tokiems stogams apželdinti naudojami augalai turi būti atsparūs sausrai ir šalčiams, ilgaamžiai, lengvai prižiūrimi, galintys daugintis vegetatyviškai. Kadangi konstrukcinės apkrovos yra pakankamai nedidelės, šio tipo stogai gali būti naudojami įvairios paskirties pastatuose (Ekstensyvus apželdinimas, 2021).



1 pav. Ekstensyvaus apželdinimo stogo konstrukcija

Šaltinis: *Components of green roof.*(2021). Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/figure/Components-of-green-roof-25_fig2_328875883

Pusiau intensyvaus apželdinimo stogas (A2 variantas). Nauja, pusiau intensyvaus apželdinimo stogų koncepcija, apjungia ekstensyvaus ir intensyvaus apželdinimo stogų sprendinius. Pusiau intensyvaus apželdinimo stogo konstrukcijoje naudojami tokie patys, kaip anksčiau analizuoto ekstensyvaus apželdinimo stogo medžiagų sluoksniai, nesiskiriantys nei savo storiu, nei svoriu. Tačiau tokiuose stoguose projektuojamas ne plonesnis, kaip 0,20 m dirvožemio sluoksnis (2 pav.).



2 pav. Pusiau intensyvaus apželdinimo stogo konstrukcija

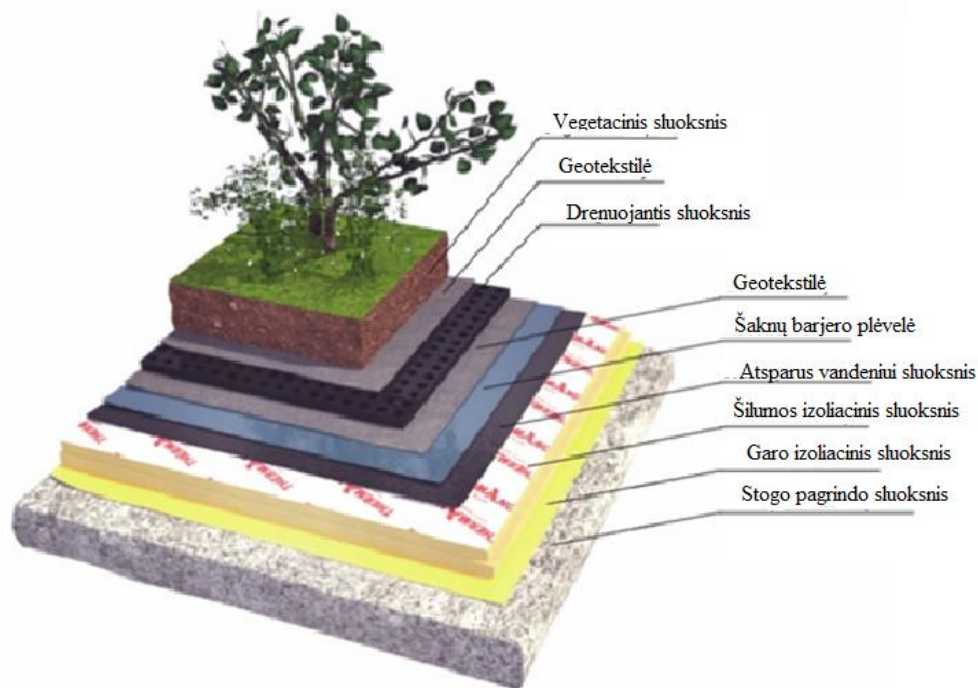
Šaltinis: *Lightweight green roof system* (2021). Prieiga per internetą: <https://www.bauder.eu/de/gruendach-eu/green-roof-system-solutions/light-green-roof-system.html>

Lyginant su intensyvaus apželdinimo stogais, pusiau intensyvaus apželdinimo stogai yra pigesni, nes darbai atliekami greičiau, o medžiagų sunaudojama mažiau. Pusiau intensyvaus apželdinimo stogų charakteristikos (izoliacinės, apsauginės savybės) yra ne prastesnės nei ekstensyvaus apželdinimo stogų, tačiau, kaip teigė D. Nolan (Nolan, 2002), šio tipo stogai yra vizualiai patrauklesni. N. Carroll (Carroll, 2010)

nuomone pusiau ekstensyvaus apželdinimo stoguose geriausia naudoti nuo 150 mm iki 500 mm storio substrato sluoksnį kartu su intensyvaus bei ekstensyvaus apželdinimo elementų kombinacijomis.

Pusiau intensyvaus apželdinimo stoguose dažniausiai sodinami žoliniai augalai, maži želdynai, krūmai ir gėlės. Lyginant su intensyvaus apželdinimo stogais, jie neapsiriboja vien gražia estetinė išvaizda, bet taip pat yra daug lengvesni ir reikalauja mažiau drėkinimo bei tręšimo (Lightweight green roof system, 2021).

Intensyvaus apželdinimo stogas (A3 variantas). Intensyvus stogo apželdinimas – tai toks apželdinimas, kai užveisiami aukštesni ir įvairesni augalai, kuriems reikalinga nuolatinė priežiūra. Toks apželdinimas labai priklauso nuo užsakovo finansinių investicijų. Augalams tokiame stoge jau būtinas 0,15 ... 0,40 m storio žemės substrato sluoksnis (New green roof technology “innovative because of its simplicity”, 2021). Apželdinama daugiamečiais augalais, vejos plotais, krūmais, mažais arba net iki 15 m aukščio medžiais (3 pav.). Intensyvaus apželdinimo stogas įrengiamas su vidutiniu nuolydžiu (ne didesniu kaip 3°).



3 pav. Intensyvaus apželdinimo stogo konstrukcija

Šaltinis: New green roof technology “innovative because of its simplicity”.2021). Prieiga per internetą: <https://building.ca/new-green-roof-technology-innovative-because-of-itssimplicity/>

Intensyvaus apželdinimo stogai yra sąlyginai sunkūs stogai. Jų svorį labai padidina storas žemės substrato sluoksnis, skirtas medžių ir krūmų šaknims įsitvirtinti. Tokių stogų želdynai reikalauja nuolatinės ir aukšto lygio priežiūros. Savo darbuose išanalizavęs intensyvaus apželdinimo stogo konstrukcijas ir naudojamą augmeniją, mokslininkas Carroll (Carroll 2010) teigia, kad intensyvaus apželdinimo sistemos yra panašios į žemėje esančias žaliąsias erdves, todėl turi puikias pritaikymo galimybes intensyvaus apželdinimo stoguose.

Plokščių apželdintų stogų variantų daugiatis vertinimas

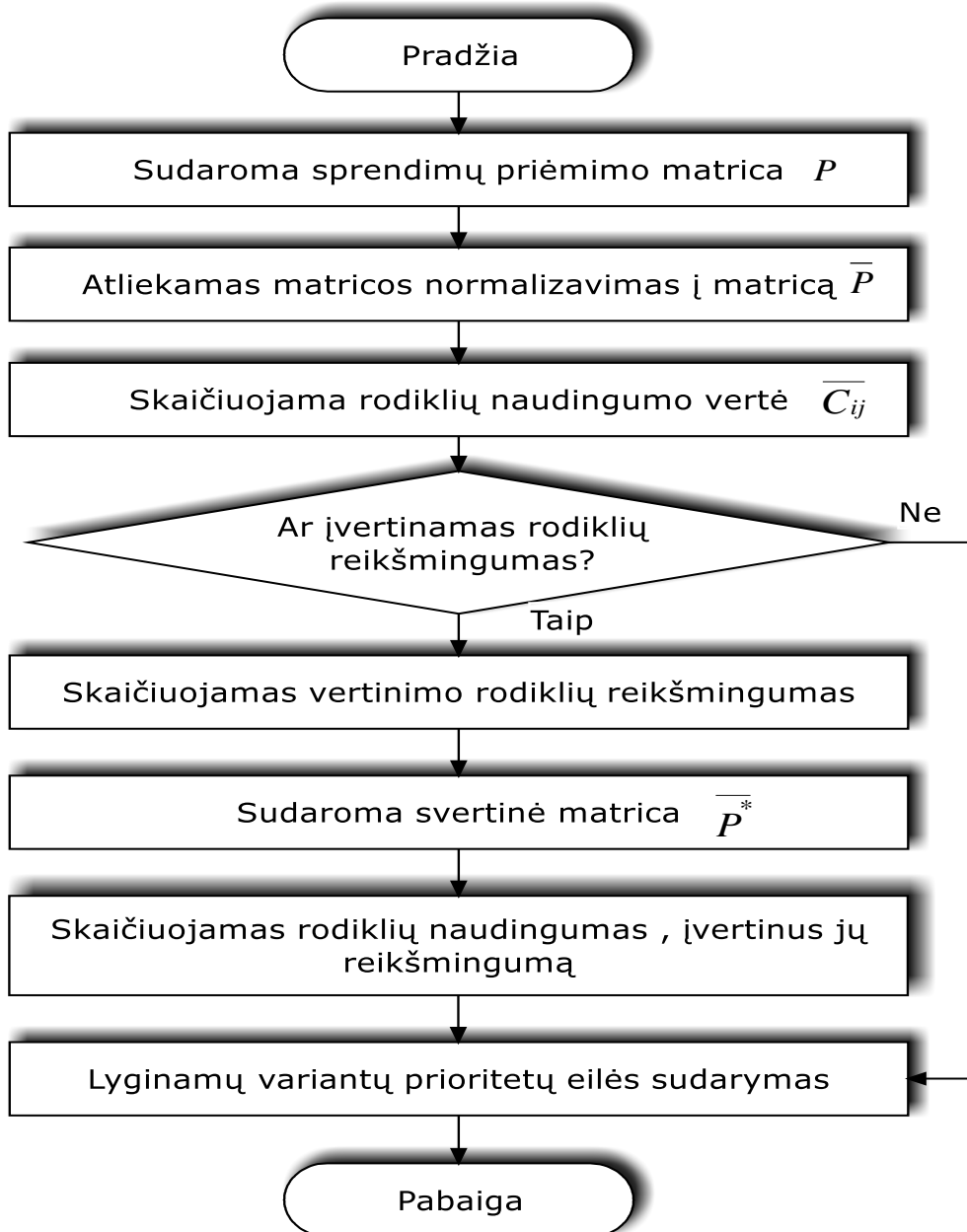
Bet kuriame statybos procese dalyvauja skirtingos suinteresuotos grupės, turinčios skirtingų tikslų, sprendimo priėmimo procesą veikia skirtingi makro, mezo ir mikro aplinkos veiksniai, todėl sprendžiant statybos procesų efektyvaus sprendimo priėmimo uždavinį, reikia susieti kiekybinių ir kokybinių rodiklių vertinimą ir suderinti skirtingus procesuose dalyvaujančių suinteresuotų grupių tikslus. Suderinti skirtingus tikslus ir pagrįsti variantų racionalumą galima naudojant daugiatis sprendimų vertinimo metodus. Daug mokslinių darbų, taikant daugiatis vertinimo metodus statybos inžineriniams sprendiniams įvertinti skelbia ir Lietuvos mokslininkai: Zavadskas, Kaklauskas (1996, 2002), Zavadskas, Kaklauskas, Banaitienė (2001), Banaitienė, Turskis (2004), Zavadskas, Kaklauskas, Turskis, Tamošaitienė (2008), ir kt. Daugiatis vertinimo metodai taikomi ir naujausiuose apželdintų stogų tyrimuose (Rasiulis, 2011; Šileikaitė, 2017; Lukša, 2018).

Pasaulyje naudojama daug ir įvairių daugiatis vertinimo metodų. Konkrečiam uždaviniui spręsti daugiatis 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, Kaklauskas, 1996, 2002).

Šiame darbe apželdintų stogų sprendinių daugiakraksliai vertinimui naudojamas naudingumo vertės metodas. Vokiškai kalbančiose šalyse šis metodas vadinamas „naudingumo vertės analize“ (*Nutzwertanalyse*). Naudojant šį metodą, atrenkamas tas projektinis sprendimas, kurio naudingumo vertė yra didžiausia. (Zavadskas, Kaklauskas., Banaitienė, 2008).

Taikant daugiakrakslį naudingumo vertės metodą, racionalus projektinis sprendimas nustatomas pagal tokį algoritmą (4 pav.):



4 pav. Daugiakrakslio naudingumo vertės metodo taikymo algoritmas

Šaltinis: Medelienė V. *Pramoninių betoninių grindų dangų gyvavimo proceso kompleksinė analizė ir jų efektyvūs sprendimas. Daktaro disertacija (2011)*

Apželdintų stogų sprendinių vertinimui taikant naudingumo vertės metodą ir remiantis algoritmu, atlikti tokie vertinimo etapai:

1 etapas. Parenkami apželdintų stogų vertinimo rodikliai: K1- stogo įrengimo kaina, EUR/m², K2- stogo svoris, kg/m², K3- žemės substrato sluoksnio storis, cm, K4- eksploatacinės priežiūros sudėtingumas, balais. Remiantis informacijos šaltiniais, sudaryta sprendimų priėmimo matricą *P* (1 lentelė) ir, nustatius vertinimo

rodiklių optimalumą bei geriausias reikšmes, pagal formules (1), (2) atliktas matricos normalizavimas sudarant bedimensinių dydžių matricą \bar{P} (1 lentelė).

Taikant tiesinį normalizavimą SAW (*Simple Additive Weighting*) pagal paprastąjį sudedamąjį svėrimo metodą (Ustinovičius ir kt., 2007) kriterijų reikšmių normalizavimas išreiškiamas santykiu tarp ribinės (atitinkamai maksimalios arba minimalios) ir esamos reikšmės (1), (2):

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max a_{ij}} \quad \text{jei } b_{ij} \text{ reikšmė maksimizuojama,} \quad (1)$$

$$b_{ij} = \frac{\min a_{ij}}{a_{ij}} \quad \text{jei } b_{ij} \text{ reikšmė minimizuojama.} \quad (2)$$

1 lentelė

Pradinių duomenų P ir normalizuota P matricos, optimalumas ir geriausia reikšmė

	Matrica P			Kriterijų optimalumas	Geriausia reikšmė	Matrica \bar{P}		
	A1	A2	A3			A1	A2	A3
K1	80	90	170	min	80	1	0,89	0,47
K2	105	160	340	min	105	1	0,66	0,31
K3	13	18,5	57,5	min	13	1	0,7	0,23
K4	2	3	5	min	2	1	0,67	0,4

Šaltinis: sudaryta autorių.

2 etapas. Pagal normalizuotas vertinimo rodiklių reikšmes, apskaičiuojamas kiekvieno rodiklio naudingumas balais, sudarant rodiklių naudingumo matricą \bar{C}_{ji} (2 lentelė).

2 lentelė

Apželdinto stogo sprendimų naudingumas, neįvertinus kriterijų reikšmingumo

	Matrica C		
	A1	A2	A3
K1	100	89	47
K2	100	66	31
K3	100	70	23
K4	100	67	40
Σ	400	292	141

Šaltinis: sudaryta autorių

3 etapas. Skaičiuojamas vertinimo rodiklių subjektyvus reikšmingumas \bar{q}_j (3 lentelė)

Ekspertiniai rodiklių reikšmingumo skaičiavimo metodai plačiau taikomi, nustatant kokybinių rodiklių reikšmingumus, kurie apskaičiuojami naudojant ekspertinius apklausos duomenis. Teoriniai šių metodų aspektai ir praktinis jų taikymas plačiai nagrinėti Zavadsko, Kaklauskos (1996), Zavadsko, Simanausko, Kaklauskos (1999), Zavadsko, Kaklauskos, Banaitienės (2001) ir daugelio kitų Lietuvos ir užsienio mokslininkų darbuose. Darbe taikytas ekspertinis porinio palyginimo metodas.

Taikant šį metodą, apklausiami ekspertai, kurie vertinimo rodiklius lygina poromis ir vertinimo rezultatus surašo į atitinkamos formos matricą. Ekspertams būtina nurodyti vienodą rodiklių palyginimo rezultatų vertinimo skalę. Patogiausia naudoti vertinimo skalę [0;2], kurioje galimos tokios reikšmės [0;1;2]. Jei abu kriterijai apytikriai vienodai svarbūs, jiems skiriamas vienas balas. Jei kuris nors svarbesnis – jam skiriami 2 balai, atitinkamai kitam 0 balų. Rezultatai surašomi ir apdorojami matricoje (3 lentelė).

3 lentelė

Subjektyvus kriterijų reikšmingumas q_j

Kriterijai	Matrica K						
	K1	K2	K3	K4	Balų suma	q_j	%
K1	x	2	2	2	6	0,46	46
K2	0	x	2	2	4	0,26	26
K3	0	0	x	0	0	0,13	13
K4	0	0	2	x	2	0,15	15
				ΣS	12	1	100

Šaltinis: sudaryta autorių

4 etapas. Sudaroma svertinė matrica $C^* \bar{q}_j$ (4 lentelė). Apskaičiuojama kiekvieno apželdinto stogo varianto naudingumo vertė pagal jo rodiklių naudingumą.

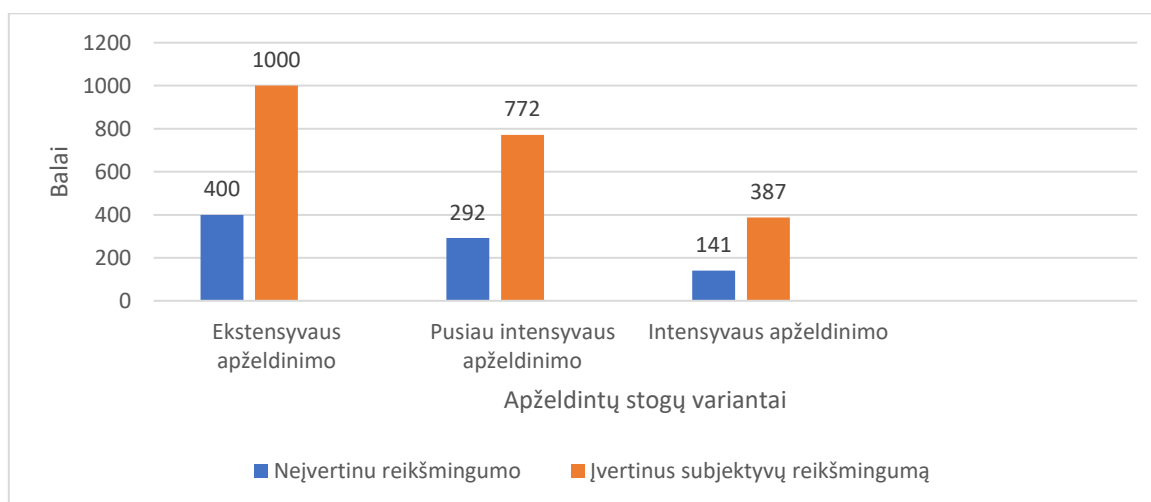
4 lentelė

Stogo sprendimų naudingumas, kai įvertintas subjektyvus kriterijų reikšmingumas

Matrica C				$q, \%$	Matrica $C^* \bar{q}_j$		
Alter./ Krit.	A1	A2	A3		A1	A2	A3
K1	100	89	47	46	4600	4094	2162
K2	100	66	31	26	2600	1716	806
K3	100	70	23	13	1300	910	299
K4	100	67	40	15	1500	1005	600
				Σ	1000	772,5	386,7

Šaltinis: sudaryta autorių

Naudingiausias sprendimas yra tas, kurio rodiklių balų suma didžiausia. Remiantis skaičiavimo duomenimis, užrašoma stogų variantų prioritetų eilutė $A1 > A2 > A3$ (4 pav.).



4 pav. Apželdintų stogų sprendinių vertinimas, kai rodiklių reikšmingumas neįvertintas ir kai įvertintas subjektyvus jų reikšmingumas

Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados

1. Išanalizavus alternatyvius verslo centro pastato apželdinto stogo sprendinius ir atlikus daugiakriterinį jų vertinimą nustatyta, kad kai neįvertinamas kriterijų reikšmingumas, racionalus apželdinto stogo sprendinys- ekstensyvus apželdintas stogas (A1).

2. Apskaičiavus vertinimo rodiklių subjektyvų reikšmingumą, taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą nustatyta, kad svarbiausi suinteresuotai grupei šiame vertinime rodikliai buvo kaina ir stogo svoris, kurių reikšmingumas atitinkamai 46% ir 26% .

3. Atlikus daugiakriterinį apželdintų stogų variantų vertinimą, kai įvertinamas gautas subjektyvus rodiklių reikšmingumas nustatyta, kad šiuo atveju racionalus apželdinto stogo sprendinys - taip pat ekstensyvus apželdintas stogas (A1).

Literatūra

1. Apsauginis sluoksnis. [žiūrėta 2021-02-19]. Prieiga per internetą: <https://www.bauder.lt/lt/gruendach-eu/produktai-apzeldintam-stogui/apsauginissluoksnis/>

2. Banaitienė N., Turskis Z. Decision support for the evaluation of building life cycle effectiveness. - Technological and Economic Development of Economy (Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas), Vol X, No 2. Vilnius: Technika, 2004, p. 57-66.
3. Banaitienė N., Turskis Z. Decision support for the evaluation of building life cycle effectiveness. - Technological and Economic Development of Economy (Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas), Vol X, No 2. Vilnius: Technika, 2004, p. 57-66.
4. Carroll B., Shabana M. [The business case for corporate social responsibility: A review of concepts, research and practice](#). - international journal of management reviews. 2010. Volume 12, Issue1, Pages 85-105. Prieiga per internetą: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=qMaUAcAAAAJ&citation_for_view=qMaUAcAAAAJ:0EnyYjriUFMC
5. Components of green roof.[žiūrėta 2021-10-18]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/figure/Components-of-green-roof-25_fig2_328875883
6. Drenažo ir vandens rezervuaro sluoksnis. [žiūrėta 2021-02-19]. Prieiga per internetą: <https://www.bauder.lt/lt/gruendach-eu/produktai-apzeldintam-stogui/drainazo-irvandens-e.pdf>
7. Ekstensyvus apželdinimas.[žiūrėta 2021-01-03]. Prieiga per internetą: <https://www.bauder.lt/lt/gruendach-eu/apzeldinto-stogo-sistemu-sprendimai/ekstensyvusstogo-apzeldinimas/ekstensyvus-apzeldinimas-pvz1.html>
8. Green roof maintance guide.[žiūrėta 2021-10-20]. Prieiga per internetą: https://www.greengridroofs.com/wp-content/uploads/2017/11/GreenGrid_Maintenance_Guide.pdf
9. Green roof systems: a study of public attitudes and preferences in southern Spain.[žiūrėta 2021-10-20]. Prieiga per internetą: <https://www.semanticscholar.org/paper/Green-roofsystems%3A-a-study-of-public-attitudes-and-Fern%3%AIndez-Ca%3%B1ero->
10. Green roofs.[žiūrėta 2021-10-20]. Prieiga per internetą: <https://www.slideshare.net/carolynzez/green-roofshow-to-add-this-valueenhancing-amenityin-multifamily-housing>
11. Karpavičius A. Lėkštieji žalieji stogai. Vilnius: 2004, 9 p.
12. Kovaitis V. Eksploatuojamų stogų racionalus parinkimas. Vilnius: 2016, 40 p.
13. Lukša M. Plokščių stogų hidroizoliacijos racionalaus varianto parinkimas. Magistro darbas.- VGTU, 2018, 104 p. Prieiga per internetą: <https://vb.vgtu.lt/object/elaba:29537976/>
14. Medelienė V. Pramoninių betoninių grindų dangų gyvavimo proceso kompleksinė analizė ir jų efektyvus sprendimas. Daktaro disertacija.- Kaunas: Technologija, 2011, p. 149.
15. New green roof technology “innovative because of its simplicity”. [žiūrėta 2021-10-19]. Prieiga per internetą: <https://building.ca/new-green-roof-technology-innovative-because-of-itssimplicity/>
16. Nolan, C. Human Resource Development in the Irish Hotel Industry: The Case of the Small Firm. Journal of European Industrial Training, 26, 2002, p. 88-99. Prieiga per internetą: <http://dx.doi.org/10.1108/03090590210421969>
17. Petkevičiūtė J. Žinios ir požiūris į bioįvairovę ir jų įtaka aplinkai palankiai žmonių elgsenai. (Magistro darbas).- VDU baigiamųjų darbų, daktaro disertacijų ir jų santraukų elektroniniai dokumentai (ETD), 2020, 59 p. Prieiga per internetą: <https://hdl.handle.net/20.500.12259/108321>
18. Plokščiųjų stogų plokštės.[žiūrėta 2021-02-19]. Prieiga per internetą: <https://www.paroc.lt/gaminiai/-statybinės-konstrukcijos/ploksciuju-stogu-plokstes/parocrol-30-rezervuaro-sluoksnis/bauder-dse-40.html>
19. Rasiulis R. The modeling of slopes of flat roofs on marginal gradients.- Mokslas – Lietuvos Ateitis / Science – Future of Lithuania, 3(2), 2011. p. 35-38. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.3846/mla.2011.029>
20. Šileikaitė, Inga. Daugiakriteris inovacijų vertinimo modelis statyboje ir jo taikymas. (Magistro darbas).- VGTU, 2017, 104 p. Prieiga per internetą: <https://vb.vgtu.lt/object/elaba:22826293>
21. Thermano Roof.[žiūrėta 2021-10-20]. Prieiga per internetą: <https://balex.eu/en/products/thermano-thermal-insulation/thermano-pir-thermal-insulationpanels>
22. Thon A., Kircher W., Thon I. Constructed Wetlands on Roofs as a Module of Sanitary Environmental Engineering to Improve Urban Climate and Benefit of the On Site Thermal Effects. - Miesto želdynų formavimas., 2010, 1(7), p.191-196.
23. Ustinovičius L., Miglinskas D., Tamošaitienė J., Zavadskas E., K. Uncertainty analysis in construction projekt’s appraisal phase, in Proceedings of the 9th international conference „Modern building materials, structures and techniques“: Selected Papers, (16-18 May, 2008, Vilnius, Lithuania).- Vilnius, Technika, 2007, p. 401-407.
24. Zavadskas E., K., Kaklauskas A. Pastatų sistemotechninis įvertinimas.- Vilnius, Technika. 1996. 280 p.
25. Zavadskas E., K., Kaklauskas A., Banaitienė N. Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė.- Vilnius, Technika, 2001, 379 p.
26. 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.
27. Zavadskas E., K., Simanuskas L., Kaklauskas A. Sprendimų paramos sistemos statyboje (Monografija). Vilnius, Technika, 1999, p. 235.

29. Žaliojo apželdinto stogo įrengimas naudojant drenazinę membraną su geotekstile.[žiūrėta 2020-12-15]. Prieiga per internetą: <https://www.statybuturgus.lt/straipsniai/stogu-irengimo-medziagos/zaliojo-apzeldintostogo-irengimas-naudojant-drenazine-membrana-su-geotekstile>
30. Žalių stogų sistema URBANSCAPE.[žiūrėta 2021-10-15]. Prieiga per internetą: <https://www.knaufinsulation.lt/izoliavimo-sistemas-sprendimai/urbanscape-zaliu-stogusistema>
31. Žalieji stogai- ar lietuviams ju reikia? [žiūrėta 2021- 10-15]. Prieiga per internetą: <https://www.manonamai.lt/lt/namui-butui/g-48783-zalieji-stogai-ar-lietuviams-ju-reikia>

ANALYSIS OF ENGINEERING SOLUTIONS FOR A GREEN ROOF FOR PUBLIC BUILDING

Summary

Global climate change forces society to search for more environmentally friendly solutions in most areas of life. One such area in the Lithuanian construction sector is green roofs. The aim of the research is to analyse and evaluate the types of green roofs suitable for public buildings. The article provides a detailed analysis of green roofs, relevant aspects of evaluation, and a multi-objective evaluation of alternatives to green roofs using a multi-criteria utility value method. The results of the evaluation made it possible to identify a rational type of the green roof of the public building, which was later used in the building design.

Keywords: green roofs, evaluation aspects, detailed analysis, building design, rational type, multi-objective evaluation of alternatives.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Violeta Medelienė

Mokslų laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktarė

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: inovacijos statybos inžinerijoje

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

Autoriaus vardas, pavardė: Audrius Čereška

Mokslų laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Statybos inžinerijos krypties statybos studijų programos absolventas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: inovacijos statybos inžinerijoje

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 656 84681, audrius483@gmail.com

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Violeta Medelienė

Science degree and name: Doctor of Philosophy

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Assoc. Professor of Civil Engineering Programme of Civil Engineering Study Field

Author 's research interests: Innovations in Civil Engineering

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

Author name, surname: Audrius Čereška

Science degree and name: -

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Graduate of Civil Engineering Programme of Civil Engineering Study Field

Author 's research interests: Innovations in Civil Engineering

Telephone and e-mail address: +370 656 84681, audrius483@gmail.com

TESTING THE CONCRETE SAMPLES OF IRREGULAR SHAPE

Raimondas Šadzevičius¹, Dainius Ramukevičius¹, Mariusz Żółtowski², Wojciech Sas²

¹*Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Lithuania,*

²*Warsaw University of Life Sciences, Poland*

Annotation

Irregular shape samples from reinforced concrete strengthening slabs in Graužė III hydroscheme were taken for detail investigation of main physical – mechanic properties of slabs – their concrete compression strength and water absorption by weight. The concrete compressive strength of samples was evaluated by the ordinary compression test. The concrete compressive strength of samples, determined by 35.7; 50.5 and 71.4 mm diameter concave punches was evaluated in concrete compressive strength of the samples tested of concave punches of 100 mm diameter and converted into the compressive strength of concrete of standard 100 mm edge cubes. The method is applied to concrete strength up to 15 MPa. The samples from reinforced concrete strengthening slabs for evaluation the concrete water absorption by weight W_m were tested using methodology according LST 1413.10:1997/P:2020 and EN 12390– 8: 2009. The results of the main physical – mechanic properties of slabs investigations shows– their concrete compression strength is closely related to water absorbability, the lowest value of concrete compression strength $f_{ck}= 2.4$ MPa corresponds highest value of water absorbability $W_m=18.8\%$, the dependencies concrete compression strength – water absorbability were established.

Key words. Concrete samples, Testing, Compressive strength. Concrete water absorption by weight

Introduction

During the field investigations of concrete and reinforced concrete structures, main focus is paid for physical–mechanical properties of concrete, mainly focusing on the strength of the concrete. The strength of concrete in many cases determine the load–bearing capacity of the structure, its durability. Degradation factors that can impact the durability of concrete structures are shown in Table 1.

Table 1

Degradation factors that can impact the concrete structures and their consequences

Material System	Degradation Factor	Primary defects												
		Corrosion	Cracking	Spalling	Scaling	Volume change/ Shrinkage/Expansion	Disintegration/ Material Loss	Volume change	Bond loss	Strength loss	Ductility loss	Misalignment	Increased porosity	Leaching
Concrete	Physical processes													
	Salt crystallization		•				•							
	Freezing and thawing		•		•		•							
	Abrasion/ erosion/ cavitation					•								
	Thermal exposure/ thermal cycling		•	•						•				
	Irradiation		•					•						
	Fatigue/ vibration		•											
	Settlement		•	•								•		
	Chemical processes													
	Efflorescence/ leaching												•	
	Sulfate attack		•						•					
	Delayed ettringite formation		•						•					
	Acids/ bases			•				•						•
	Alkali–aggregate reactions		•					•						
Aggressive water							•							
Biological attack						•						•		

Source: IAEA, (2016). Ageing Management of Concrete Structures in Nuclear Power Plants, International Atomic Energy Agency. IAEA – Nuclear Energy Series No. NP–T–3.5, Vienna, 2016

The analysis of the methods for evaluation of the durability of reinforced concrete hydraulic structures influenced by environmental factors shows, that the technical state and the durability most of all influence aggressive humid environmental impacts (the most potentially destructive weathering factor is Freezing and thawing cycles while the concrete is wet – important factor – the concrete water absorption by weight). Durability related deterioration is referred to as materials–related distress (Fig.1).



Fig. 1. Propagation of corrosion of concrete

Source: compiled by authors

In case of big deterioration – structure must be repaired, reconstructed or demolished.

The most important property of concrete is its strength which can be determined by destructive (DT) and non-destructive testing (NDT). DT is a method of testing to determine specimen's failure. The main objective of performing destructive testing is to determine the service life of the specimen and to detect the weakness of design that might not be shown under normal working conditions. NDT comprises of testing methods that are used to analyze the concrete specimen or structure without damaging or destroying it which is generally performed to investigate the material integrity of the specimen (Arooj, Yadav, 2017).

Indirect methods (destructive tests) when cubes or cylinders are testing, non-destructive methods (Rebound hammer (EN 12504–2:2021), Ultrasonic pulse velocity, and the SonReb combined method (Santini et al, 2020)) and partially destructive tests (pull-out post-insert) (Yuanxun et al, 2020) are used for estimating the strength of concrete.

The main disadvantages of non-destructive testing are:

- a) Interpretation of results is difficult.
- b) The manual operation requires experienced and skilled technicians.
- c) It is difficult to inspect the concrete specimens that are irregular and full of voids.
- d) The tested surfaces should be dry.

These standard destructive tests are performed on hardened concrete: Cube test, Tensile splitting test on concrete cylinders, Flexure test, Concrete core test.

Control by destructive tests requires the preparation or the taking of samples and cannot be carried out at 100% or at least on a significant sample. In addition, the sample taken is not always representative of the concrete of the actual structure (Jedidi, 2020).

The various disadvantages of destructive testing are:

- a) The internal defects of the concrete i.e. bubble, pores etc. can't be determined.
- b) The concrete specimens cannot be used again after the testing.
- c) It cannot be used to detect early age deformities in concrete.

It is known, that the rebound hammer test shows only the state of the surface of concrete, therefore the result of compressive strength obtained by examining the drilled cores is more reliable, but it should be noted that the strength of cores should not be equated with the strength of standard test specimens. Sometimes extractions of cores can fail, when a) the strength of concrete was too low; b) the thickness of slab was too low (Šadzevičius et al, 2015). Non-standard concrete compression strength determination method should be used in these situations (Vaišvila, Mikuckis, 2005).

The main task to investigate the compressive strength of the concrete, determined by testing irregularly shaped specimens with different diameter concave punches and the concrete water absorption by weight.

The object of investigation

The reinforced concrete strengthening slabs (here in after – slabs) is the most popular main coverage for protection of earth dam slopes. The monolithic, precast or combine (cast in place – precast) reinforced concrete slabs were used. The design service life of slabs are 30 years, but many slabs of hydraulic structures on Lithuania hydro schemes are older than 30 years, therefore the ageing of building materials causes greater probability of deterioration and even failure. Deterioration processes are caused by the freezing of water and subsequent expansion in the paste, the aggregate particles, or both and forming erosion, development of pitting in covering layer of slabs.

The pond of Graužė III hydroscheme, built in 1973 was chosen for the research which is a typical example of Lithuanian small ponds (whose area is < 5 ha). The upper pool slope is covered with reinforced concrete slabs (175 × 100 cm), which are arranged in four rows with 138. Under water there are two rows of slabs (Zone C), the third row of slabs is at the level of the changeable water level, the fourth is above the normal water level (NWL). These rows of slabs are divided into zones (Šadzevičius et al, 2018) (Fig.2):



Fig. 2: Zoning of slabs (in vertical direction): zone A – above the changeable water level; zone B – at changeable water level (above or below NWL); zone C – zone under water (below NWL).

Source: compiled by authors

The slabs of zones A and B are horizontally divided into 12 sectors every 10 meters. The test area Zone B (in the vertical direction) it is selected 0.10 m above the NWL.

Samples from reinforced concrete strengthening slabs in Graužė III hydroscheme (Fig. 3) were taken for detail investigation of main physical – mechanic properties of slabs – their concrete compression strength and water absorption by weight.



Fig. 3 Samples from reinforced concrete strengthening slabs in Graužė hydroscheme

Source: compiled by authors

Material and method

Methods of field investigations and laboratory tests

By the field investigations and laboratory tests (by standard methods in accordance with Building Regulations EN 13791:2007, EN 206:2013, EN 12390-8: 2009, LST 1413.10:1997/P:2020) were determined and statistically evaluated main physical – mechanic properties of slabs – their concrete compression strength

and water absorption by weight. These properties are necessary for the evaluation of changes in concrete properties under Freezing and thawing cycles impact.

The samples from reinforced concrete strengthening slabs for evaluation the concrete water absorption by weight W_m were tested using methodology according LST 1413.10:1997/P:2020 and EN 12390– 8: 2009 (Fig.4).



Fig. 4 Samples for estimation of concrete water absorption by weight W_m
 Source: compiled by authors

We used a nonstandard concrete compression strength determination method, worked out by the employees (Vaišvila, Mikuckis 2005) of Vytautas Magnus university (former Aleksandras Stulginskis university or Lithuanian University of Agriculture). Method was proven for converting the compressive strength of concrete determined by concave punches of irregularly shaped specimens of various dimensions and relative heights into the compressive strength of concrete of standard 100 mm edge cubes.

The concrete samples were carefully inspected before the test. Cracked, layered and with bubbles or pores samples were rejected. The test results are affected by the punches diameter and the specimen height. Most of the concrete samples were of such a size that they could be tested with punches with the largest diameter ($d = 100$ mm). Prior to the test, the cavities of the punches of the selected diameter are filled with a leveling mortar with a compressive strength close to that of the concrete under test. The sample is placed on one punch and the second punch goes on top of the sample, in that way the axes of the two punches coincide approximately. The samples were centered in a special device (Fig.5).

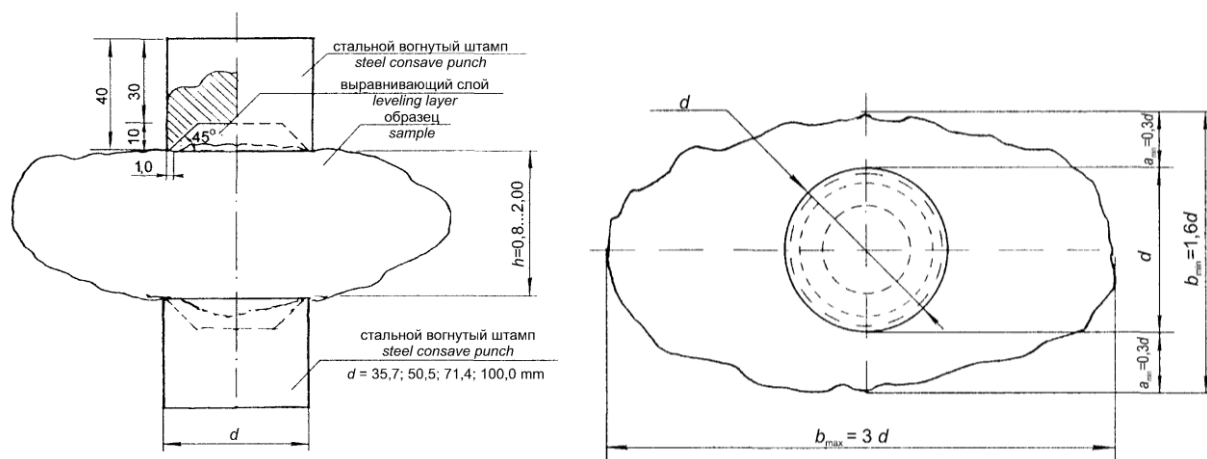


Fig. 5. Preparation for compression test of concrete irregular shape samples by concave punches
 Source: Vaišvila, Mikuckis 2005

The concrete compression strength of samples is evaluated by an ordinary compression test. For this purpose hydraulic compression machines are used (Fig.6).

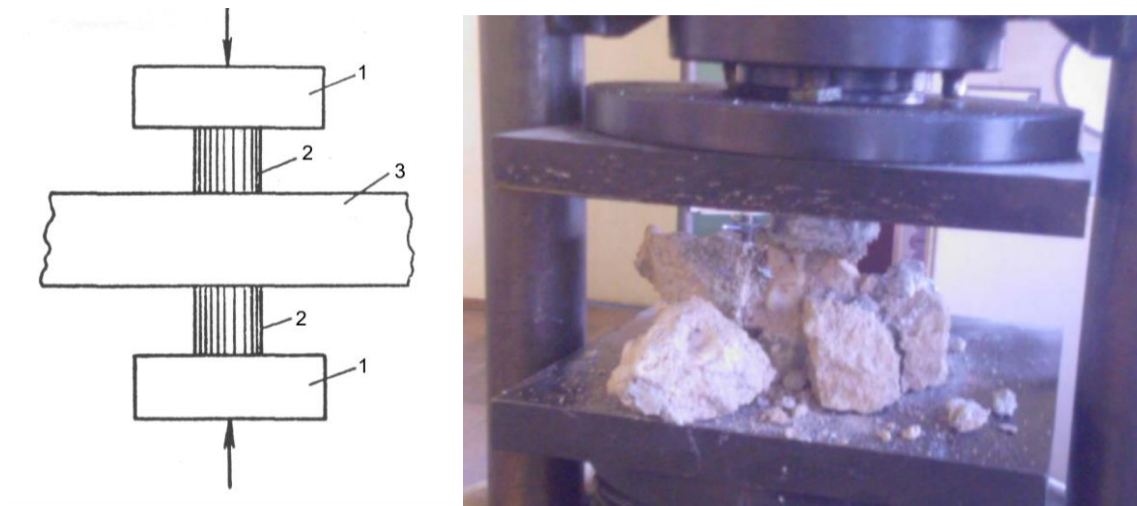


Fig. 6. Compression test of concrete by punches:
 1 – plate of compression machine; 2 – steel cylinder (punch); 3 – sample of concrete.
 Source: Vaišvila, Mikuckis 2005 and compiled by authors

The concrete compressive strength of specimens' f_{nch} is calculated according to formula (1):

$$f_{nch} = \frac{F}{A_n} \quad (1)$$

where f_{nch} – irregular shape 0.8... 2.0 relative compressive strength of height specimens, evaluated by testing the selected diameter (number) concave punches N / mm² (MPa); F – destructive load, kN; A_n – cross-sectional area of the specimen subjected to the compressive force;

This area is equal to the used punch area, as shown in Table 2.

Table 2

Dimensions of punches		
No	Diameter, mm	Area, mm ²
1	35.7	1000
2	50.5	2000
3	71.4	4000
4	100.0	7850

Note: n – number of punches

Source: Vaišvila, Mikuckis 2005

The concrete compression strength of the samples of irregular shape was calculated into concrete compressive strength of standard cubes of 100×100×100 mm. Such an evaluation was accomplished by means of the proposed formulae and corresponding coefficients:

$$f_{4ch} = f_{nch} \alpha \quad (2)$$

where f_{4ch} – irregular shape 0.8... 2.0 relative compressive strength of height specimens, evaluated by testing the selected 100,0 mm diameter (number 4) concave punches N / mm² (MPa);

$$f_{ck} = f_{nch} \alpha \eta \gamma; \quad (3)$$

where f_{ck} – standard 100 mm edge length cubes compressive strength of concrete N / mm² (MPa); f_{nch} – irregular shape 0.8... 2.0 relative compressive strength of height specimens, evaluated by testing the selected diameter (number) concave punches N / mm² (MPa); –irregularly shaped specimens tested concave punches of selected diameter, concrete compressive strength to specimens, tested with concave diameters of 100.0 mm punches, the coefficient of compressive strength of concrete, presented in Table 3;

Table 3

Dependency of coefficient α on diameter of punches				
Diameter of punches, mm	35.7	50.5	71.4	100.0
α	0.85	0.93	0.98	1.00

Source: Vaišvila, Mikuckis 2005

η – irregular shape 0.8... 2.0 relative the coefficient of conversion of the compressive strength of the height of concrete tested with concave dies of the selected diameter into that of specimens with a relative height equal to 1 of the concrete strength compressed by concave dies, calculated according to formula (4).

$$\eta = 1,0007(h/d)^{0,1801}; \quad (4)$$

γ – irregularly shaped specimens of relative height equal to 1, tested with 100.0 mm diameter concave punches, coefficient of conversion of concrete compressive strength to 100 mm edge–length cubes tested in the standard way, concrete compressive strength, for samples with a compressive strength up to 10 MPa (for practical calculations = 1).

The concrete water absorption by weight W_m calculated according to formula (5):

$$W_m = \frac{m_d - m_s}{m_s} \cdot 100 \quad (5)$$

where W_m – water absorption by weight, %, m_d – mass of saturated sample, g, m_s – mass of dry sample, g.

Dependences established between concrete physical – mechanical properties obtained by the field investigations and laboratory tests were examined by methods of correlation analysis. Formulae of dependences were established, correlation coefficients calculated and their reliability evaluated.

Results

The results of investigations of reinforced concrete slabs in Zone B

The main physical – mechanic properties of slabs (from Grauzė III hydroscheme) – their concrete compression strength f_{ck} and water absorption by weight W_m are presented in Table 4.

Table 4
Grauzė III hydroscheme their concrete compression strength f_{ck} and water absorption by weight W_m

Slabs No.	Amount of samples	f_{ck} , MPa	W_m , %	Slabs No.	Amount of samples	f_{ck} , MPa	W_m , %
74b ₁	2	2.4	18.8	87b ₁	6	5.4	11.5
12b ₂	4	3.4	15.5	59b	3	6.0	10.5
3b ₁	5	3.6	14.3	34b	4	6.1	10.7
15b ₁	4	3.8	14.2	39b ₁	3	6.2	10.7
3b ₂	6	3.9	13.7	39b ₂	4	6.4	10.3
3b ₂	4	4.2	12.9	58b ₂	4	6.5	10.4
82b ₁	2	4.5	13.1	22b ₁	2	6.8	10.0
2b ₂	5	4.5	12.5	21b ₁	2	7.1	9.9
18b	5	4.6	12.6	16b ₁	5	7.5	9.3
2b ₁	5	4.6	12.4	1b ₁	5	7.6	9.2
13b	5	4.7	12.4	15b ₂	5	7.7	9.1
87b ₂	4	4.8	12.5	58b ₁	2	7.8	9.3
67b	5	4.9	12.4	82b ₂	5	8.8	8.6
12b ₁	7	5.2	11.7				

Note: f_{ck} – standard 100 mm edge length cubes compressive strength of concrete N / mm² (MPa); W_m – water absorption by weight, %.

Source: compiled by authors

The results of destructive testing (Table 4) shows that the highest concrete compression strength was determined in the slab No. 82b₂ f_{ck} = 8.8 MPa, the lowest concrete compression strength was determined in the slab No. 74b₁ f_{ck} = 2.4 MPa.

In accordance with earlier (during the design of slabs) valid requirements of regulations, the class of compressive strength of concrete in these structures should have been no lower than B15, these days it would correspond to the C12/15 class. None of investigated Grauzė hydroscheme reinforced concrete slabs meets the requirements of these standards.

In accordance with currently valid Technical Construction Regulation STR 2.05.05:2005 structures, used in the aggressive environmental conditions of XC4 and XF3 exposure classes, must be designed from the concrete whose the least strength class is C30/37. None of investigated Grauzė hydroscheme reinforced concrete slabs meets the requirements of these regulations.

Concrete average compression strength's f_{ck} and water absorbability by mass W_m functional dependences were created (Figure 7).

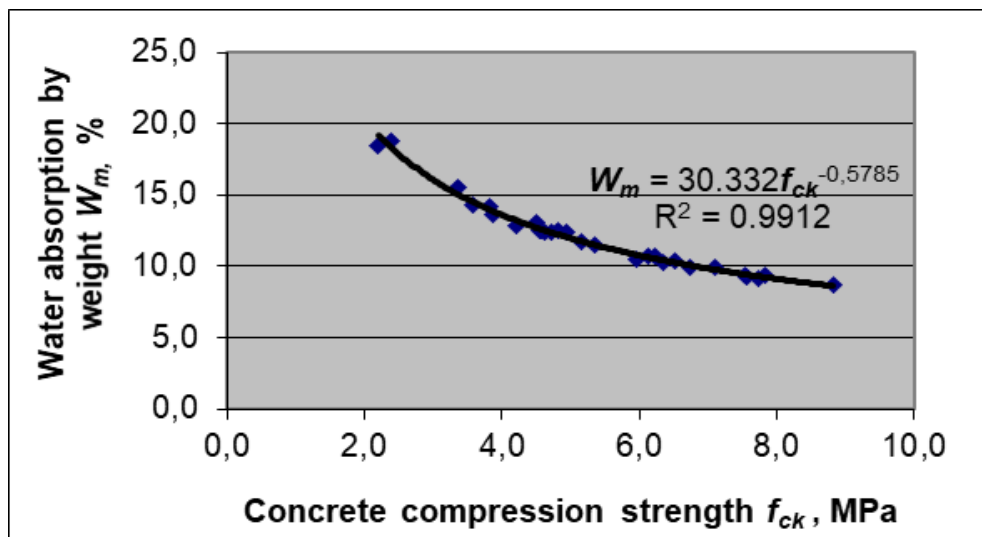


Fig. 7 Relationship between reinforced concrete slabs water absorbability by mass W_m and average compression strength of concrete f_{ck}

Source: compiled by authors

Concrete average compression strength's f_{ck} and water absorbability by mass W_m reliability of functional dependences was checked by double correlation. It was found, that dependences are strong (r_{xy} 0,96...0,98). Calculated correlation coefficients are reliable, their importance level $p < 0,05$. The established determination coefficient $R^2 = 0.9912$, therefore can be stated that examined strength parameters influence investigated index of durability by 99.12%, other part belongs to the influence of less important parameters.

From the statistically evaluated research results of hydraulic structures concrete compression strength, water absorbability could be calculated main durability indicies – the rates of freeze–thaw resistance of concrete. Knowing the compression strength f_{ck} of the concrete (EN 12390–3: 2009; EN 12504–1: 2009; EN 12504–2: 2021; EN 13791:2007) water absorbability by mass W_m (EN 12390– 8: 2009 and LST 1413.10:1997/P:2020) and allowed or forecasted loss of the concrete strength Δf_c , it is possible to estimate laboratory freeze–thaw cycles number.

Conclusions

1. The compressive strength of slabs concrete was determined by concave punches of irregularly shaped specimens of various dimensions and relative heights and converted into the compressive strength of concrete of standard 100 mm edge cubes. The method is applied to concrete strength up to 15 MPa.
2. The advantages of suggested method:
 - a) semi-destructive method – specimens obtained from deteriorated slabs without drilling or extracting cores;
 - b) specimens for testing could be collected under the water, not only in dry conditions (limitation of using non–destructive testing);
 - c) specimens for testing could be irregular shaped with various dimensions and relative heights, specimens with low compressive strength are tested too.
3. The results of the main physical – mechanic properties of slabs investigations shows– their concrete compression strength is closely related to water absorbability, the lowest value of concrete compression strength $f_{ck} = 2.4$ MPa corresponds highest value of water absorbability $W_m = 18.8\%$, the dependencies concrete compression strength – water absorbability were established.

Literature

1. Ageing Management of Concrete Structures in Nuclear Power Plants, *International Atomic Energy Agency. IAEA – Nuclear Energy Series No. NP–T–3.5*, Vienna, 2016
2. European Standard EN 12390–3: 2009 *Testing hardened concrete – Part 3: Compressive strength of test specimens*.
3. European Standard EN 12390–8: 2009 *Testing hardened concrete – Part 8: Depth of penetration of water under pressure*.
4. European Standard EN 12504–1: 2009 *Testing concrete in structures – Part 1: Cored specimens – Taking, examining and testing in compression*.
5. European Standard EN 12504–2: 2021 *Testing concrete in structures – Part 2: Non-destructive testing – Determination of rebound number*.
6. European Standard EN 13791:2007 *Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components*.
7. European Standard EN 206:2013+A1:2017. *Concrete – Specification, performance, production and conformity*.
8. LST 1413.10:1997/P:2020. *Mortar. Testing methods. Determination of moisture and water absorbability*
9. Malek J. Evaluation of the Quality of Concrete Structures by the Rebound Hammer Method. *Cur Trends Civil & Struct Eng.* 5(5): 2020. CTCSE.MS.ID.000621.
10. Malik A., Gopendra Y. Comparison of Destructive and Non-Destructive Testing of Concrete– A Review. *International Journal of Engineering Research & Technology*. Vol. 6 Issue 11, November – 2017.
11. Santini, S.; Forte, A.; Sguerri, L. The Structural Diagnosis of Existing RC Buildings: The Role of Nondestructive Tests in the Case of Low Concrete Strength. *Infrastructures* 2020, 5, 100. <https://doi.org/10.3390/infrastructures5110100>
12. Šadzevičius R., Sankauskienė T., Milius P. Comparison of concrete compressive strength values obtained using rebound hammer and drilled core specimens. *Rural Development 2015: Towards the Transfer of Knowledge, Innovations and Social Progress: Proceedings of the 7th International Scientific Conference*, 2015.
13. Šadzevičius R., Norvaišienė R., Smetonaitė E. Evaluation of Strength of Reinforced Concrete Slabs Operating Under the Changing Water Level. *SynerCrete'18 International Conference on Interdisciplinary Approaches for Cement-based Materials and Structural Concrete*, 2018.
14. Technical Construction Regulation STR 2.05.05:2005. Design of concrete and reinforced concrete structures (in Lithuanian).
15. Vaišvila, K.A., Mikuckis, F. Evaluation on the compressive strength of concrete by testing the samples of irregular shape. *Civil Engineering'05: International Scientific Conference*: Jelgava, 2005. (in Russian).
16. Yuanxun Zh., Weixing K., Menggen J., Chao W., and Ehsan M. Experimental investigation of concrete strength curve based on pull-out post-insert method. *International Journal of Distributed Sensor Networks* 2020, Vol. 16(7). DOI: 10.1177/1550147720944021.

NETAISYKLINGOS FORMOS BETONINIŲ BANDINIŲ TYRIMAI

Santrauka

Netaisyklingos formos bandiniai iš gelžbetoninių plokščių Graužės III hidromazge buvo paimti detaliam pagrindinių fizinių – mechaninių plokščių savybių – betono gniuždomojo stiprio ir vandens įgėrio pagal masę – tyrimui. Bandinių betono gniuždomasis stipris buvo nustatytas įprastu gniuždymo bandymu. Bandinių betono gniuždomasis stipris, nustatytas 35,7; 50,5 ir 71,4 mm skersmens įgaubtais šlampais buvo perskaičiuotas į 100 mm skersmens įgaubtų šlampų bandinių betono gniuždomąjį stiprį bei konvertuotas į standartinių 100 mm briaunos kubų betono gniuždomąjį stiprį. Šis metodas taikytinas esant betono stipriui iki 15 MPa. Gelžbetoninių plokščių betono bandiniai vandens įgėriui W_m nustatyti buvo išbandyti taikant standartinę metodiką pagal LST 1413.10: 1997 / P: 2020 ir EN 12390–8: 2009. Plokščių pagrindinių fizikinių – mechaninių savybių tyrimo rezultatai parodė – kad jų betono gniuždomasis stipris glaudžiai susijęs su vandens įgėriu -esant mažiausiai betono gniuždomojo stiprio vertei $f_{ck} = 2,4$ MPa atitinka didžiausią vandens įgėrio vertę $W_m = 18,8\%$, taip pat sudarytos betono gniuždomojo stiprio – vandens įgėrio priklausomybės.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI: Betono bandiniai, bandymai, gniuždomasis stipris, vandens įgėris pagal masę.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Raimondas Šadzevičius

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties studijų programų komiteto docentas.

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

Telefonas ir el. pašto adresas: 860097176, raimondas.sadzevicius@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Dainius Ramukevičius

Mokslų laipsnis ir vardas: –

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties studijų programų komiteto lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybinės medžiagos, termofizika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +3709995740, dainius.ramukevicius@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Mariusz Żółtowski

Moiso laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Varšuvos Gyvybės mokslų universitetas, Civilinės inžinerijos institutas, Mechanikos ir statybinių konstrukcijų katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: sienų ir civilinių statinių defektai, modalinės analizės tyrimų metodika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +48791626848, mariusz_zoltowski@sggw.edu.pl

Autoriaus vardas, pavardė: Wojciech Sas

Mokslo laipsnis ir vardas: hab. daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Varšuvos Gyvybės mokslų universitetas, Vandens Centro direktorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: antropogeninių gruntų savybės, geotechninis projektavimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +48 5935400, wojciech_sas@sggw.edu.pl

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Raimondas Šadzevičius

Science degree and name: Dr. Eng., Associated Professor

Workplace and position: University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Associated Professor of Civil Engineering Study Field Study Program Committee

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: –

Workplace and position: University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Lector of Civil Engineering Study Field Study Program Committee

Author's research interests: Building materials, thermophysics.

Telephone and e-mail address: +3709995740, Dainius.Ramukevicius@edu.ktk.lt

Author name, surname: Mariusz Żółtowski

Science degree and name: Dr. Eng., Associated Professor

Workplace and position: Warsaw University of Life Sciences, Institute of Civil Engineering, Department of Mechanics and Building Constructions.

Author's research interests: defects of wall structures and civil engineering constructions, modal analysis research methodology.

Telephone and e-mail address: +48791626848, mariusz_zoltowski@sggw.edu.pl

Author name, surname: Wojciech Sas

Science degree and name: Dr. hab. inż., Associate Prof.

Workplace and position: Professor of Warsaw University of Life Sciences, Director of Water Center.

Author's research interests: anthropogenic soil properties, geotechnical design.

Telephone and e-mail address: +48 5935400, wojciech_sas@sggw.edu.pl

INVESTIGATIONS OF TEMPERATURE CHANGE IN LIVESTOCK BUILDING BASE

Dainius Ramukevičius, Raimondas Šadzevičius, Petras Milius
Kaunas University of Applied Engineering Sciences

Annotation

Animal welfare is affected by outdoor climatic conditions, barn indoor microclimate parameters, building structures and construction materials. The animal's body is directly affected by the indoor microclimate. Improper microclimate factors can weaken the body's resistance, other than the temperature of the bed surface affect the animal's heat and metabolism, causing disruption of the animal's physiological processes.

The aim of this paper to assess the influence of the temperature regime in soils of cowshed environment (directly influenced by the weather conditions) on the temperature field of the ground under base of building.

Studies of the soil temperature of the cowshed base have shown that temperature fluctuations occur not only in the upper soil layers but also in the deeper ones. Fluctuations in soil temperature occur due to the external outdoor temperature regime and are partly due to the heat exchange of the animal through the bed floor. The heat balance and thermal comfort zone of an animal's body can be significantly affected by heat exchange through the bed floor on the ground.

Key words. Temperature, cows, livestock buildings, base.

Introduction

Climate change is one of the most important environmental issues in recent times. Meat and dairy farms are considered to be one of the main sources of greenhouse gas emissions. However, little is known about how climate change will have a direct and indirect impact on cattle themselves.

The quality and parameters of the indoor air in the barn must be such that both the animals and the staff feel comfortable. It is important to emphasize that the indoor air quality of the barn must guarantee optimal operation and durability of the barn structure: acceptable temperature without excess moisture and gas, minimal microbiological contamination and very low levels of dust (Bagath et al., 2019; Ji et al., 2017; Mader et al., 2006).

Research has shown that fluctuations in temperature and humidity of animal's environment have a significant impact on its health and well-being (Kavolėlis et al., 2006). One of the consequences of fluctuations in ambient temperature is the stress experienced by the animal (Polsky et al., 2017). An animal, like all living organisms, is an open energy system with an internal heat source from a thermodynamic point of view. The constant temperature of the animal's body is maintained by complex physiological mechanisms that regulate heat production and release. The thermal balance of the animal's body is partly determined by environmental conditions. Therefore, as the ambient temperature changes, the intensity of heat exchange between the animal and its surrounding environment also changes. In order to protect animals from harmful effects, it is important to assess environmental factors. One of the factors influencing the normal well-being of an animal is the floor of the bed.

When animals are lying on the floor, a lot of heat is lost through conduction, as the area of contact with the floor reaches 1/5-1/6 of the skin surface area. The openness of the energy system shows that the animal's body and its surrounding environment carry out continuous energy exchanges (Hautala et al., 2001; Salvik et al., 1998). The animal's body uses energy from feed and the environment to support the body's vital functions, to synthesize organic and some inorganic compounds, to contract muscle, and so on. Finally, the energy received by the animal is converted into a form of energy, part of which must be released into the environment in order for the body to remain thermostable. If the body releases too much energy, the animal feels cold (Turnpenny et al., 2006). This well-being of the animal is affected by the floor on the ground.

The floor acts locally on the animal's body due to its thermal properties (Deshazer et al., 2009). Animals lying on the floor with high heat capacity lose more heat than those lying on a well-insulated floor, resulting in an increase in the critical minimum temperature for an animal lying on a floor with poor thermal insulation (Sjostrom et al. 2019). When an animal is lying on a floor with a high heat capacity, one side of the body is cooled and the body is unable to fully adapt to the dual conditions affecting it, so as to constrict blood vessels on one side of the body, remove warm blood from the skin and maintain normal blood vessel function other parts of the body surface. Cooling individual parts of the skin temporarily lowers their temperature as the circulatory arteries in those areas shrink, reducing blood flow. A local temperature drop or rise changes the temperature not only in symmetrical but also in other parts of the body. A large amount of research has been conducted to determine the effects of local cold irritations on large horns. Estonian researchers (Pajumagi et al., 2003) found that 5 minutes of cold application has an effect on temperature changes in parts of the skin as

far as 80 cm from the place of irritation. Thus, the whole organism is involved in the cooling process. In addition, changes in skin temperature in neonates are greater because the mechanism for regulating their temperature is not yet fully developed. Achieving this can disrupt the animal's blood circulation. This can cause inflammation of the muscles, neuralgia, incomplete paralysis, inflammation of the joints, and so on.

In order to protect animals from the harmful effects of bed low temperature, it is important to assess the environmental factors that influence heat transfer through the floor (Nilsson, 1998; Pajumagi et al., 2005). One such environmental factor is the soil at the base of the building and its surroundings. Since the floors of livestock buildings are usually installed on the ground and do not have direct contact with the outside, the heat flow through the floor depends not only on the thermal properties of the floor, but also on the temperature regime of the ground of the building base. The soil, like any material, is affected by the patterns of heat exchange. It is also necessary to assess the impact that the temperature regime of the surrounding soils, which is directly influenced by meteorological conditions, may have on the temperature field of the subsoil of the building.

The aim of this paper to assess the influence of the temperature regime in soils of cowshed environment (directly influenced by the weather conditions) on the temperature field of the ground under base of building.

Work Methodology

A traditional 80 places cowshed in Kaunas district was chosen for investigations of building base ground temperature regime. The animals are kept in a barn during the cold period and released into the open pasture during the warm period. The method of keeping cows in a cowshed is tethered, tethering cattle in individual transits. The animals are fed in conversion, and fodder is provided for feed. Cow beds are periodically covered with chopped straw and cleaned daily. At the end of the remodeling, a manure removal trail is installed, from which manure is removed by a conveyor. From the conversion, the manure is pushed into the path manually. The cow has a constant place to stand and lie down, permanent neighbors, which helps the animal to stay calm while at the same time experiencing less stress. Cows are milked in their parking lots.

The barn is equipped with a natural ventilation system. Fresh air entering the barn, mixed with gas, removes dust through the ventilation shafts installed on the ridge.

Old construction cowshed structures: foundations - concrete 40 cm width, depth 1.1 m, external walls of traditional silicate solid brick masonry 51 cm width, and ceilings made of reinforced concrete slabs. The roof of the building is sloping, with a high shed for storing fodder. The cowsheds and passages of the cowshed are equipped with concrete floors, bearing floors made of 15 cm ceramic blocks with an air gap. According to the data of engineering geological research, the predominant soil at the base and near the building is clay.

Experimental studies were conducted during the cold period of the year. Outdoor air temperature data were used from monitoring data from a nearby meteorological station. The meteorological station is located 1 km from the research object.

The configuration of the building, feeding and passageways, the layout of windows and doors, and the location of livestock were assessed when selecting the temperature measurement locations for the cowshed base and adjacent soils. 6 locations were selected to measure the temperature in the transverse direction of the building. The layout of the cowhide base and the soil temperature measurement points near the building is shown in Figure 1.

The influence of the foundation is very important in assessing the influence of soils on the internal temperature of the cowshed and the surface temperature of the bed floor. Therefore, boreholes were installed as close as possible to the foundation from both the inside and the outside to determine the temperature of the soil near the foundation.

To investigate the change in subsoil temperatures, boreholes were drilled in the middle of the building, in the bed and at a distance of 0.6 m from the outer wall. Also, 3 boreholes were drilled on the outside of the building at 0.6 m, 2.0 m and 5.0 m from the outer wall. Sensors inserted into the boreholes at a distance of 0.25 m, 0.5 m, 1.0 m, 2.0 m, 3.0 m from the surface were used to record the soil temperature at depth. Measurements were performed 1-2 times a week.

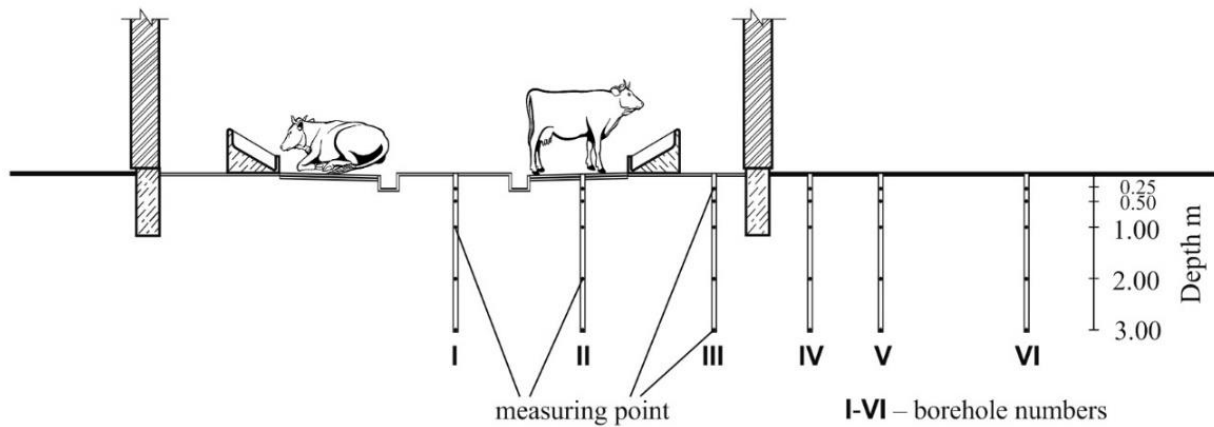


Fig. 1 Borehole layout and temperature measurement depth in the cowshed base soil
Source: compiled by author

Results and discussion

Fluctuations in the temperature of the soil around the cowshed were seasonal. During the study period, the highest monthly mean air temperature (11.5 °C) was found in November and the lowest (-6.9 °C) in January.

The graph of the soil temperature distribution in the environment of the cowshed building shows (Fig. 2) that the soil temperature fluctuations are quite complex and have cyclical features. The most pronounced temperature fluctuations occur in the subsoil surrounding the building base (boreholes V, VI). In these boreholes, the distribution of soil temperature is influenced by climatic effects (air temperature, snow layer thickness).

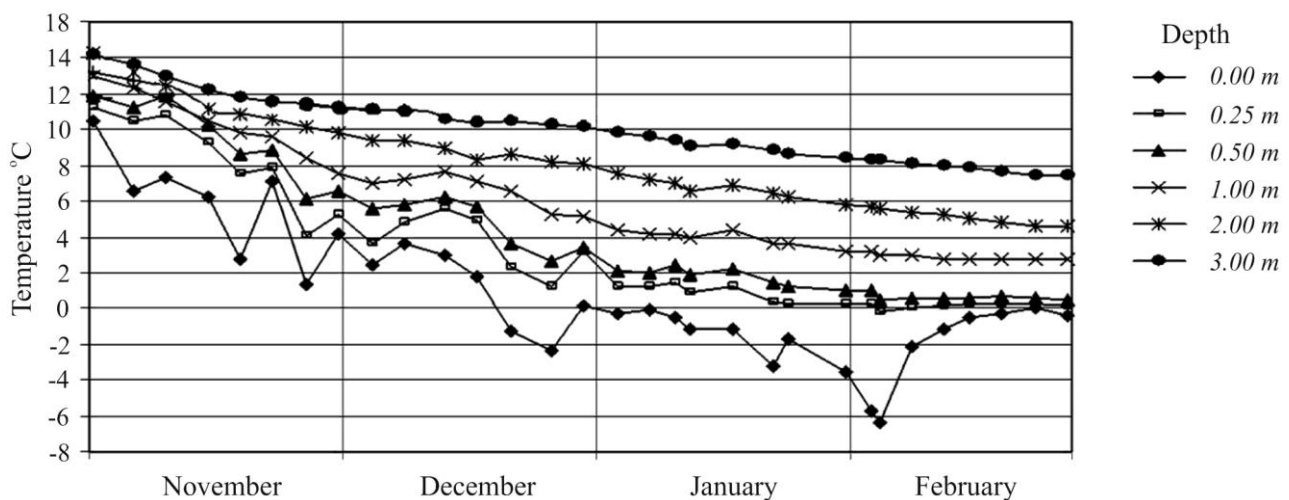


Fig. 2 Changes in the temperature of the soil at the base of the cowshed building over time (borehole VI)
Source: compiled by author

The most pronounced temperature fluctuations of the cowshed environment (borehole VI) in the upper layers. They depend on the plant layer and the cold period of the year from the snow cover. The most pronounced temperature fluctuations on the soil surface and at a depth of 0.25 m were with amplitudes of 17 °C and 11 °C, respectively. Less pronounced lower amplitude temperature fluctuations were found in 0.5 m depth (8-10 °C) and deeper soil layers. As the depth deepens, the amplitude decreases. During the study period, the soil temperature varied to the depth of the study soil.

Particularly intense heat exchange between the outdoor air and the foundation of the building base through the foundation occurs during the coldest period of the year. The lowest temperature of the cowshed base soil was set at the foundation. The change in this temperature is mainly due to the atmospheric climate and its seasonality. This is shown by the data of the study period (borehole III). During the cold period, the

outside air temperature dropped below zero and reduced the soil temperature at the base of the cowshed near the foundation of the building.

Less pronounced much smaller amplitude temperature fluctuations in the subsoil under the building. When the outdoor air temperature is close to 0 °C, the soil temperature of the cowshed base begins to decrease (0.5-1 °C/week) and in the deeper layers (borehole I, sensor depth 1.0 m). Therefore, it can be stated that to some extent the temperature of the cowshed base soils depends on the effects of the atmospheric climate.

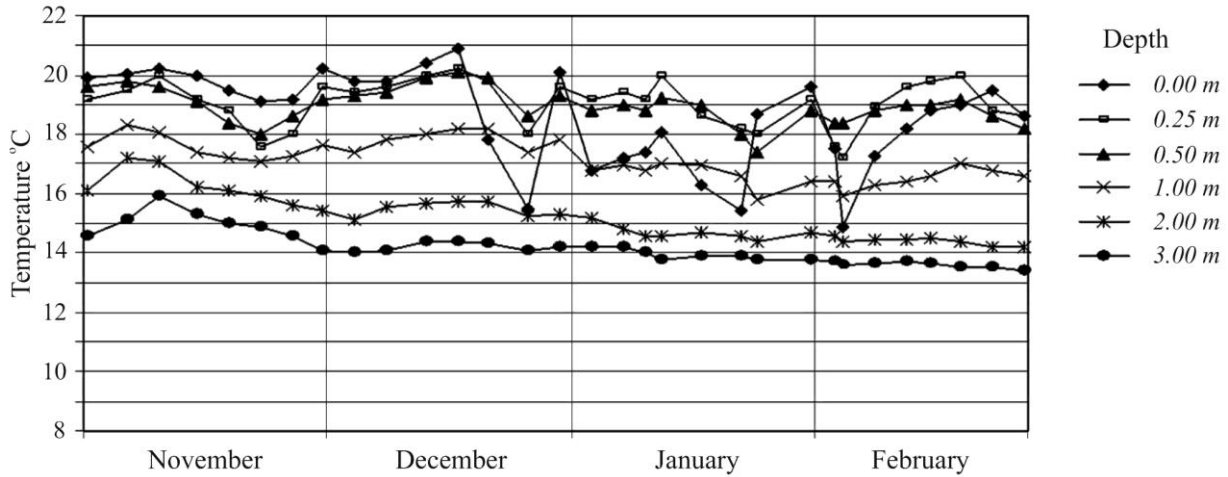


Fig. 3 Changes in the soil temperature of the base of the cowshed building over time (borehole II)
Source: compiled by author

During the cold period, the animals spend more time in the pens, lying and resting in the cowsheds. This increases the animal's contact with the bed floor. The relationship between the temperature of the bed floor and the soil of the cowshed base is most pronounced during the barn period.

Experimental studies of the cowshed show that the temperature field of the subsoil of the building is significantly influenced by the heat radiated by the animal, which is transferred not only to the ambient air, but also to the subsoil through the floor of the bed. This is evident in the figure 3, where the highest soil temperature in the cold period of the year is under the bed floor (borehole II). Increased bed floor temperature increased soil temperature.

In the cold period, when the floor surface temperature of the bed is reached 20-21 °C, the temperature of the subsoil begins to rise (0.2-0.5 °C/week) and the increase takes place in deeper soil layers. This process lasted until the end of the barn period.

Part of the heat radiated by the animal through the bed floor to the ground due to the temperature difference between the base soil and the room air in the other floor area, i. not through the floor of the animal bed, returning back to the room. Such heat transfer in the subsoil occurs only during the cold period of the year and when the outdoor air temperature is well below -5 °C. As the outdoor air temperature increases, the temperature distribution of the cowshed base and the surrounding soil becomes more even.

Conclusions

1. Measurements of the temperature in cowshed floor and surrounding soil have shown that the temperature field of the soil is in a constant dynamic state. The heat exchange between the outside of the building and the ground under the building and floor above them is conditioned by the external temperature regime.

2. Temperatures recorded in the subsoil of the cowshed have shown that the heat transfer from the animal's body to the environment and the thermal comfort zone can be significantly affected by heat exchange through the bed floor on the ground.

3. The lowest soil temperature of the cowshed was measured at the foundation. The more pronounced fluctuation of the soil temperature in time was determined up to the depth of investigated soil. The change in these temperatures is mainly due to the climate seasonality and outdoor temperatures.

Literature

1. Bagath, M., Krishnan, G., Devaraj, C., Rashamol, V. P., Sejian, V. 2019. The impact of heat stress on the immune system in dairy cattle. *Research in Veterinary Science*, Volume 126.
2. Deshazer J.A., Hahn, G.L., Xin H. 2009. Chapter 1: Basic Principles of the Thermal Environment and Livestock Energetics // *Agricultural and Biosystems Engineering Publications*. Iowa State University.
3. Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M., Lisle, A. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, Volume 86.
4. Hautala, M., Ahokas, J., Ruunaniemi, J. 2001. Heat Transfer from Cow to Floor: Theory and Experiment. In *International Conference of Agricultural Machinery, Building and Energy Engineering*.
5. Ji, B., Banhazi, T., Wang, C., Li, B., 2017. PLF technologies: model development for solving heat stress problems on dairy farms. Conference of the 8th European Conference on Precision Livestock Farming, 12-14th of September 2017, Nantes, France.
6. Kavolėlis, B., Bleizgys, R. 2006. Optimum temperature and humidity regime of uninsulated cowshed. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 14(2).
7. Mader, T.L., Davis, M.S., Brown-Brandl, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, Volume 84.
8. Nilsson, C. 1988. Floors in Animal Houses: Report No. 61 Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Farm Buildings. Lund (Sweden).
9. Pajumagi, A., Miljan, J. Temperature and humidity regime in summer in a large uninsulated loose housing cowshed with a non-asbestos fiber-cement roof. 2005. In: *Actual Tasks on Agricultural Engineering*. Proceedings of the 33th International Symposium on Agricultural Engineering. Opatija, Croatia.
10. Pajumagi, A., Veermae, V., Miljan, J., Praks, J., Poikalainen, V. 2003. The microclimate of the uninsulated loose housing cowshed. *Agraarteadus*.
11. Polsky, L., Von Keyserlingk, M.A.G., 2017. Invited review: effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science* 100.
12. Sallvik, K. G. 1998. Environment for Animals. CIGR Handbook of Agricultural Engineering / Animal Production. Volume II. Publisher by: American Society of Agricultural Engineers.
13. Sjostrom, L. S., Heins, B.J., Endres, M.I., Moon, R.D., Sorge, U.S. 2019. Effects of winter housing system on hygiene, udder health, frostbite, and rumination of *dairy cows*. *Journal of Dairy Science*.
14. Turnpenny, J.R., Wathes, C.M., Clark, J.A., McArthur, A.J. 2006. Thermal balance of livestock: 2. Applications of a parsimonious model. *Agricultural and Forest Meteorology*. Volume 101, Issue 1.

GYVULININKYSTĖS PASTATO PAGRINDO GRUNTŲ TEMPERATŪROS KAITOS TYRIMAI

Santrauka

Gyvulio kūno pastovią temperatūrą palaiko sudėtingi fiziologiniai mechanizmai, reguliuojantys šilumos gamybą ir išsiskyrimą. Iš dalies gyvulio organizmo šiluminę pusiausvyrą lemia ir aplinkos sąlygos. Todėl kintant aplinkos temperatūrai, šiluminių mainų intensyvumas tarp gyvulio ir jį supančios aplinkos taip pat kinta. Siekiant apsaugoti gyvulius nuo žalingo poveikio, svarbu įvertinti aplinkos veiksnius. Vienas iš veiksnių turinčių įtakos normaliai gyvulio savijautai – guoliavietės grindys.

Vertinant karvidės pagrindo grunto įtaką guoliavietės grindims nustatyta, kad grunto temperatūros svyravimai yra gana sudėtingi. Ypač intensyvūs šilumos mainai tarp lauko oro ir pastato pagrindo grunto per pamatą pasireiškia šalčiausiu metų periodu. Šaltuoju laikotarpiu žemiau nulio nukritusi lauko oro temperatūra turi įtakos karvidės pagrindo grunto temperatūrai po guoliavietės grindimis. Taip pat didelę įtaką karvidės pagrindo gruntų temperatūros laukui turi gyvulio išspinduliuojama šiluma, kuri persiduoda ne tiktai į aplinkos orą, bet ir į pagrindo gruntą per guoliavietės grindis. Tiriamauoju laikotarpiu grunto temperatūra kito iki tiriamo grunto gylio.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Dainius Ramukevičius.

Mokslų laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties studijų programų komiteto lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybinės medžiagos ir konstrukcijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +3709995740, dainius.ramukevicius@edu.ktk.lt.

Autoriaus vardas, pavardė: Raimondas Šadzevičius.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties studijų programų komiteto docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: hidrotechnikos statinių defektai ir pažeidimai, geotechnika, būklės tyrimai.

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

Autoriaus vardas, pavardė: Petras Milius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties studijų programų komiteto docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statinių defektai ir pažaidos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +37061571161, petras.milius@edu.ktk.lt.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Dainius Ramukevičius.

Science degree and name: Master's degree.

Workplace and position: University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Lector of Civil Engineering Study Field Study Program Committee.

Author's research interests: building materials and constructions.

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

Author name, surname: Raimondas Šadzevičius.

Science degree and name: Doctor, Associated Professor.

Workplace and position: University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Associated Professor of Civil Engineering Study Field Study Program Committee.

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: Petras Milius.

Science degree and name: Doctor, Associated Professor.

Workplace and position: University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Lector of Civil Engineering Study Field Study Program Committee

Author's research interests: deformations and damages of building structures.

Telephone and e-mail address: +37061571161, petras.milius@edu.ktk.lt

ŠILUMOS NUOSTOLIAI PER PASTATŲ SIENAS IR LANGUS

Vincas Gurskis^{1,2}

¹Vytauto Didžiojo universitetas, ²Kauno technikos kolegija

Anotacija

Didinant pastatų energinio efektyvumo reikalavimus svarbu įvertinti šilumos nuostolius per pastatų atitvaras. Straipsnyje nagrinėjama kokią įtaką gyvenamųjų pastatų bendriems išorinių sienų bei langų šilumos nuostoliams turi langų dalis esant skirtingiems šių atitvarų šilumos perdavimo koeficientams. Tyrimai atlikti remiantis statybinėje fizikoje naudojamomis šilumos nuostolių per atitvaras skaičiavimo metodika bei Lietuvos normatyviniuose dokumentuose pateiktomis šilumos perdavimo koeficientų vertėmis. Gauti rezultatai parodė, kad langų ploto dalis pastato fasade turi įtakos bendriems fasado šilumos nuostoliams, nes langų šilumos perdavimo koeficientas yra apie 7 kartus didesnis nei išorinių sienų. Siekiant mažinti šilumos nuostolius turėtų būti ribojamas langų plotas šildomų pastatų fasaduose iki racionalios ribos, užtikrinančios reikalingą patalpų apšvietimą natūralia šviesa, parenkant energiniu požiūriu efektyviausius langus.

Reikšminiai žodžiai. Gyvenamieji pastatai, išorinės sienos, langai, šilumos nuostoliai.

Įvadas

Pastaruoju metu ypač aktualu mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išsiskyrimą. Nustatyta, kad apie 40 % tokių dujų susidaro pastatuose. Dėl šių priežasčių didinamas pastatų energinis efektyvumas. Tai atliekama didinant atitvarų izoliacijos lygį, diegiant šildymo, vėdinimo, oro kondicionavimo sistemų valdymą, didinant jų efektyvumą, naudojant atsinaujinančius energijos šaltinius. Tai daroma daugelyje šalių, ES tai įpareigoja Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2010/31/ES dėl pastatų energinio naudingumo. Direktyvos 4 straipsnyje pažymima „Valstybės narės gali nustatyti skirtingus reikalavimus naujiems ir esamiems pastatams, taip pat įvairių kategorijų pastatams“, tačiau 9 str. pažymima, kad „ne vėliau kaip 2020 m. gruodžio 31 d. visi nauji pastatai būtų beveik nulinės energijos pastatai“, kad „Valstybės narės gali nuspręsti netaikyti <...> nustatytų reikalavimų konkrečiais pateisinamais atvejais, kai sąnaudų ir naudos per ekonominio gyvavimo ciklą analizės rezultatai yra neigiami“.

Apie pastatų energinį naudingumą bei pastatų šilumos nuostolius yra daug publikacijų tiek moksliniuose žurnaluose, tiek kitose informavimo priemonėse. Dažnai analizuojama kiek sutaupoma šilumos renovuotų pastatų šildymui, lyginami skirtingų šalių šiluminiai rodikliai ir analogiškų pastatų šilumos nuostoliai (Ragoža ir kt., 2017, Vatin et al., 2012, Velaniškis, 2014), vertinama pastatų sandarumo, stiklo fasadų, skirtingos orientacijos langų įtaka šilumos nuostoliams (Motuzienė, 2010, Feng et al., 2017).

Galima literatūroje aptikti, kad yra nuostatos riboti šildomų pastatų langų plotus. Pvz., Suomijos norminiame dokumente (National Building..., 2012) pateikiama tokia informacija: šildomuose pastatuose etaloniniu atveju langų plotas yra 15 % viso bendro grindų, esančių virš žemės paviršiaus, ploto, bet ne daugiau kaip 50% viso pastato fasado ploto. Mažiausias gyvenamųjų kambarių langų plotas yra 10 % grindų ploto. Lietuvoje sovietmečiu ir atkūrus nepriklausomybę iki 1992 m. galiojusiose respublikinėse statybos normose RSN „Miestų ir gyvenviečių sodybos“ buvo reikalavimas gyvenamuosiuose namuose išlaikyti ne mažesnę kaip 1/6 patalpų grindų ploto. Šis reikalavimas galioja ir vėlesniuose normatyviniuose dokumentuose, t.y. nėra reikalavimo maksimaliems langų plotams.

Lietuvai atkūrus nepriklausomybę palaipsniui buvo keičiami reikalavimai pastatų atitvarų apšiltinimui ir pastatų energiniam naudingumui padidinti. Pirmas tam skirtas normatyvinis dokumentas – Respublikinės statybos normos RSN 143-92 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“ buvo patvirtintas 1992 m. Jas 1999 m. pakeitė statybos techninis reglamentas STR 2.05.01:1999 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“, kuris galiojo iki 2005 m., kai jį pakeitė STR 2.05.01:2005 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“. Pastarojo reglamento nuostatos buvo taikomos iki 2013 m., kai jį pakeitė STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ galiojęs iki 2016-12-31. Nuo 2017 m. galioja STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“, kurio 2019 m. pakeista redakcija galioja ir šiuo metu. Reglamentų pakeitimus po 2010 m. sąlygojo Europos Parlamento ir Tarybos Direktyva 2010/31/ES 2010 m. gegužės 19 d. dėl pastatų energinio naudingumo, kuri įpareigojo ES palaipsniui pereiti prie mažai energijos naudojančių pastatų projektavimo ir statybos, t.y., kad nuo 2020 m. visi nauji pastatai būtų beveik nulinės energijos pastatai. Minėtuose Lietuvos statybos techniniuose reglamentuose buvo palaipsniui griežtinami reikalavimai pastatų atitvarų apšiltinimui, tačiau atitvarų norminių šilumos perdavimo koeficientai buvo mažinami neproporcingai.

Analizuojant literatūrą neaptikta tyrimų apie pastato fasado elementų – langų ploto įtaką fasado šilumos nuostoliams, esant Lietuvoje reglamentuotiems šilumos perdavimo koeficientams, todėl šios publikacijos tikslas atskleisti kokią įtaką pastato fasado (sienos ir langų) šilumos nuostoliams daro langų dalis juose.

Tyrimų objektas ir metodika

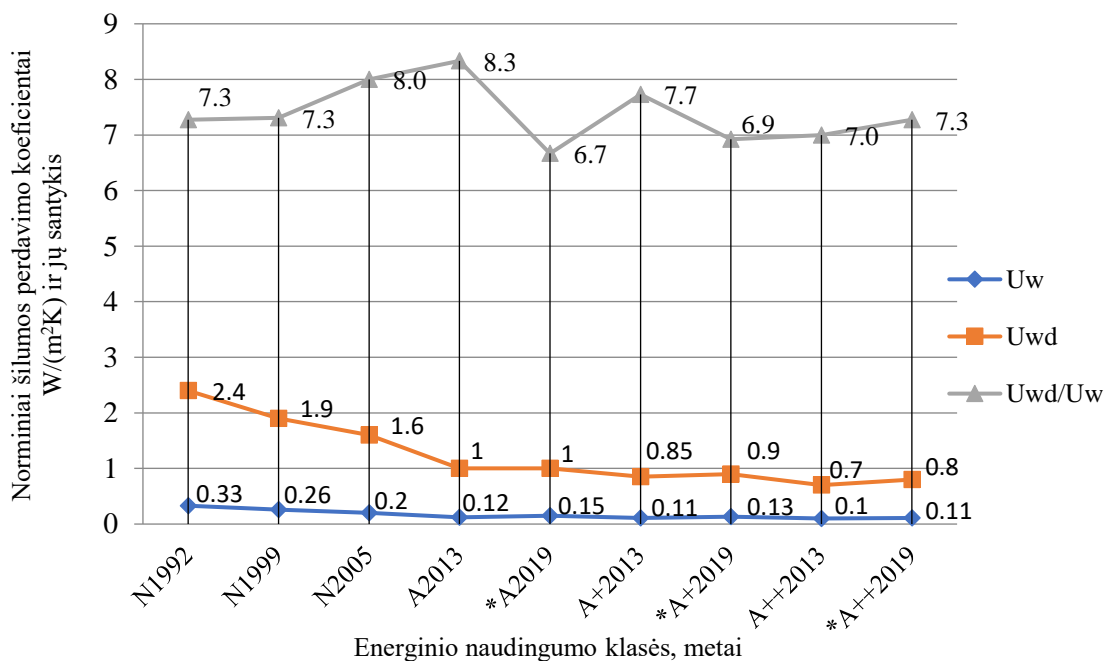
Darbas atliktas analizuojant pastatų atitvarų šiluminius rodiklius reglamentuojančių Lietuvos normatyvinių dokumentų duomenis.

Atitvarų šilumos nuostoliai apskaičiuoti pagal formulę:

$$Q = \frac{A \cdot t \cdot (\theta_1 - \theta_2)}{R_t} = U \cdot A \cdot t \cdot (\theta_1 - \theta_2), \text{ Wh};$$

čia A – atitvaros plotas, m^2 ; t – laikas h, palyginamuosiuose skaičiavimuose priimta $t = 1$ h; θ_1 – patalpų oro temperatūra, priimta $\theta_1 = 20$ °C; θ_2 – išorės oro temperatūra, priimta vidutinės šildymo sezono temperatūra $\theta_2 = 0$ °C; R_t – atitvaros visuminė šiluminė varža; U – atitvaros šilumos perdavimo koeficientas, skaičiavimuose naudotos norminės vertės.

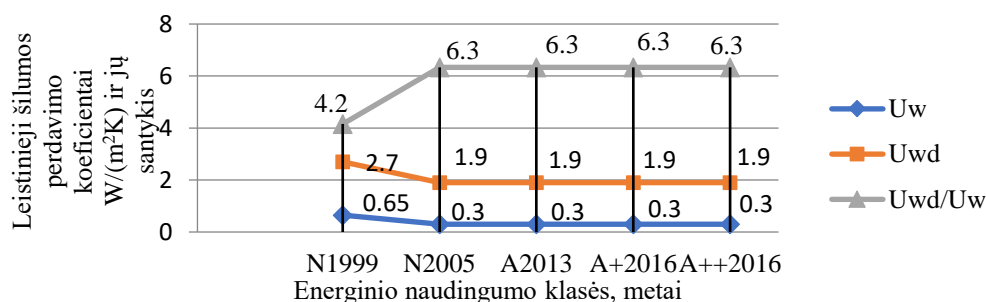
Didesnę dalį pastatų atitvarų šilumos nuostolių sudaro nuostoliai per sienas ir langus. Tai priklauso nuo šių atitvarų šilumos perdavimo koeficientų verčių, sienų ir langų plotų bei plotų santykio. Nuo nepriklausomybės atkūrimo ženkliai sumažinti atitvarų norminiai šilumos perdavimo koeficientai. Daugiausiai jie sumažinti gyvenamųjų pastatų išorinėms sienoms, stogams (pastogės perdangoms), grindims ant grunto, mažiau – langams. Pvz., sovietmečiu statomų gyvenamųjų pastatų sienų šilumos perdavimo koeficientas buvo apie $1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, langų – apie $2,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Šiuo metu A++ energinio naudingumo klasės gyvenamųjų pastatų šie rodikliai yra: sienų $0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, langų – apie $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, t.y. sienoms pakeisti apie 9 kartus, langams – apie 3 kartus. Šių rodiklių kaita nuo 1992 m. pateikta 1 pav.



1 pav. Skirtingo energinio naudingumo gyvenamųjų namų langų (wd) ir išorinių sienų (w) **norminių** šilumos perdavimo koeficientų ir jų santykio kaita 1992-2021 m. A, A+, A++ – energinio naudingumo klasės; N – nebuvo skirstoma į klases

Iš 1 pav. matome, kad langų ir sienų norminiai šilumos perdavimo koeficientai skiriasi (U_{wd}/U_w) apie 7-8 kartus.

Statybos techniniuose reglamentuose be norminių yra nustatytos leistinosios šilumos perdavimo koeficientų vertės (2 pav.).



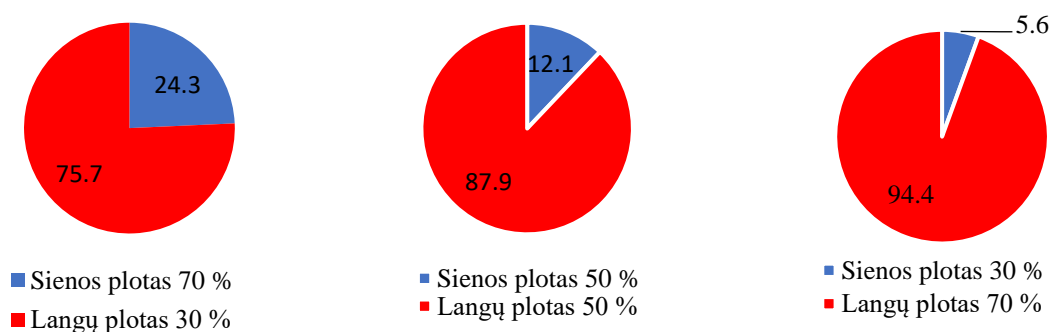
2 pav. Skirtingo energinio naudingumo gyvenamųjų namų langų (wd) ir išorinių sienų (w) leistinių šilumos perdavimo koeficientų ir jų santykio kaita 1999-2021 m. A, A+, A++ – energinio naudingumo klasės; N – nebuvo skirstoma į klases

Kaip matyti iš 2 pav. pateiktos informacijos langų ir sienų leistinių šilumos perdavimo koeficientų santykis mažesnis nei norminių ir nuo 2005 m. iki šiol yra 6,3. Dar mažesnis šių rodiklių skirtumas yra Suomijoje. Pvz., Suomijos Statybos kodekse (National Building..., 2012) nurodyti tokie išorinių sienų ir langų šilumos perdavimo koeficientai:

- gyvenamiesiems pastatams $U_w = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{wd} = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{wd}/U_w = 5,8$;
- mažesni reikalavimai nustatyti individualiems ir sublokuotiems namams, kuriuose gyvenama ilgiau kaip 4 mėn. per metus: $U_w = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{wd} = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{wd}/U_w = 5,9$; išimtis padaryta rąstiniams pastatams, kurių sienos yra iš ne mažesnio kaip 18 cm storio rąstų, – $U_w = 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{wd} = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{wd}/U_w = 1,75$;
- vasarnamiams, kuriuose gyvenama iki 4 mėn. per metus, nustatyti dar mažesni reikalavimai: $U_w = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{wd} = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{wd}/U_w = 5,8$. Išimtis padaryta pastatams iš ne mažesnio kaip 13 cm storio rąstų – $U_w = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{wd} = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $U_{wd}/U_w = 1,75$.

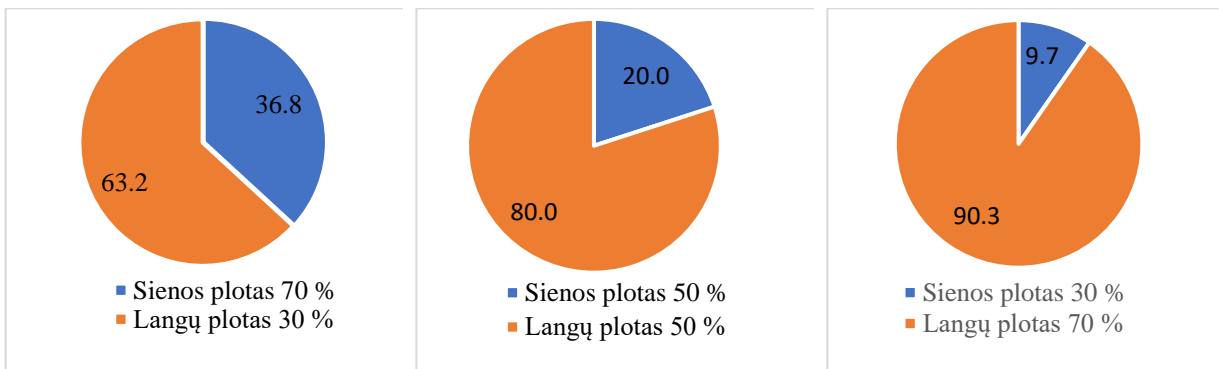
Remiantis pateikta informacija galima teigti, kad ir Lietuvoje galėtų būti panašūs reikalavimai.

Analizuojant šilumos nuostolius per pastato sienas ir langus nagrinėti atvejai, kai sienos plotas sudaro: 70%; 50% ir 30% fasado ir langų plotas sudaro 30%; 50% ir 70% fasado. Atliekant skaičiavimus buvo priimti skirtingus energinio naudingumo reikalavimus atitinkantys šilumos perdavimo koeficientai. **Pirmu variantu** jie atitinka nuo 2021 m. įsigaliojusius A++ energinio naudingumo klasės reikalavimus, t.y. $U_{wA++} = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ir $U_{wdA++} = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, **antru variantu**: išorinės sienos atitinka C energinio naudingumo klasės reikalavimus, langai A++ energinio naudingumo klasės reikalavimus t.y. $U_{wC} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ir $U_{wdA++} = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ir **trečiu variantu** išorinės sienos atitinka C energinio naudingumo klasės reikalavimus, t.y. $U_{wC} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, o langai A++ energinio naudingumo klasės reikalavimus, kurie galiojo iki reglamento koregavimo 2019 m., t.y. $U_{wdA++} = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (3, 4, 5 pav.).



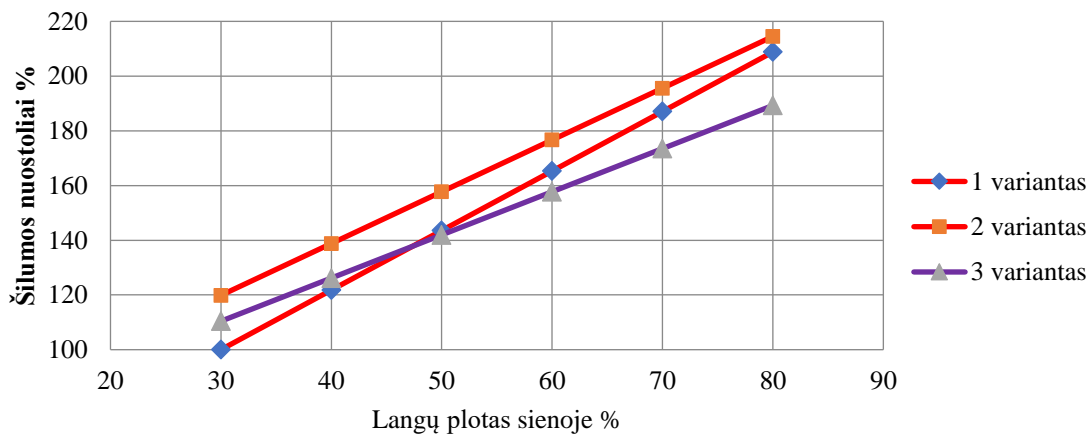
3 pav. Šilumos nuostolių per A++ energinio naudingumo klasės norminius reikalavimus atitinkančio pastato sienas (sienos $U_{wA++} = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) ir langus ($U_{wdA++} = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) pasiskirstymas, kai langai užima 30, 50 ir 70 % bendro sienos ploto

Gauti rezultatai rodo, kad A++ energinio naudingumo klasės pastatuose esant norminių langų ir sienos šilumos perdavimo koeficientų santykiui 7,3, langų plotas stipriai įtakoja bendrus fasado šilumos nuostolius: kai langai sudaro 30 % bendro sienos ploto, šilumos nuostoliai per juos sudaro 75,7 %, o kai langai sudaro 70 %, šilumos nuostoliai per juos siekia net 94,4 %.



4 pav. Šilumos nuostolių per pastato sienas, kurios atitinka C energinio naudingumo klasės reikalavimus ($U_{wC}=0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$) ir langus, kurie atitinka A++ energinio naudingumo klasės norminius reikalavimus ($U_{wdA++}=0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$) pasiskirstymas, kai langai užima 30, 50 ir 70 % bendro sienos ploto

Antruoju variantu langų ir sienų šilumos nuostoliai pasiskirto vienodžiau kai langai sudaro 30 % sienos ploto, tačiau esant vienodam langų ir sienų plotui šilumos nuostoliai per langus yra 4 kartus didesni.



5 pav. Langų ploto dalies įtaka bendriems sienos ir langų šilumos nuostoliams.

1 variantas: $U_{wA++}=0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, $U_{wdA++}=0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, 2 variantas: $U_{wC}=0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, $U_{wdA++}=0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; 3 variantas: $U_{wC}=0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, $U_{wdA++}=0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Apibendrinti rezultatai (5 pav.) rodo, kad siekiant sumažinti pastato šilumos nuostolius per pastato fasadą, kurį sudaro išorinės sienos ir langai, galima mažinant langų plotą bei parenkant energiniu požiūriu efektyviausius langus. Pvz., atvejui, kai langai sudaro 48 % fasado ploto lygiaverčiai šilumos nuostoliai gaunami kai sienos ir langai atitinka A++ energinio naudingumo reikalavimus bei kai sienos atitinka C energinio naudingumo reikalavimus, o langų šilumos perdavimo koeficientas yra $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, t.y. $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ mažesnis, nei nustatytas A++ klasės pastatams. Šie tyrimo rezultatai leidžia teigti, kad siekiant mažinti šilumos nuostolius turėtų būti ribojamas langų plotas gyvenamųjų pastatų fasaduose iki racionalios ribos, užtikrinančios reikalingą patalpų apšvietimą natūralia šviesa. Didesnių šilumos perdavimo koeficientų įteisinimas pastatų sienoms sudarytų sąlygas statybose naudoti daugiau medžiagų iš atsinaujinančių žaliavų: medienos, pluoštinių kanapių produktų ir kitų. Taip būtų atsižvelgiama į ES paskelbtą Žaliąjį kursą.

Išvados

1. Išanalizavus gyvenamųjų pastatų norminių šilumos perdavimo koeficientų kaitą atkūrus Lietuvos nepriklausomybę matome, kad pastatų sienoms jie sumažinti apie 9 kartus, langams – apie 3 kartus, tačiau langų ir sienų norminiai šilumos perdavimo koeficientai skiriasi 6,7-8,3 karto.

2. Pagrindinė šilumos nuostolių dalis per pastato fasadą sudaro šilumos nuostoliai per langus: esant langų ploto daliai fasade 30 %, šilumos nuostoliai per juos sudaro iki 76 %, kai langai užima pusę pastato fasado, šilumos nuostoliai per juos sudaro iki 88 %.

3. Remiantis Suomijos pavyzdžiu gyvenamųjų pastatų langų plotas turi būti normuojamas apribojant maksimalų jų ploto dalį 50 % nuo fasado ploto, nes didelio ploto langai sukelia ne tik

didelius šilumos nuostolius šaltuoju metų laikotarpiu, bet ir patalpų perkaitimo problemą vasaros metu ir išlaidas jų vėsinimui arba reikalauja brangių saulės šilumos patekimą reguliuojančių sprendimų.

4. Lygiaverčius ir atitinkančius normatyvinius reikalavimus šilumos nuostolius per pastatų fasadą galima išlaikyti parenkant racionalų langų plotą (30...50 % fasado ploto), mažinant langų šilumos perdavimo koeficientą iki $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, tačiau padidinant sienų šilumos perdavimo koeficientą, kad šių koeficientų santykis būtų $U_{wd} / U_w = 3,5 \dots 5$. Tokiu būdu pastatų sienoms galėtų būti plačiau naudojamos atsinaujinančių žaliavų vietinės statybinės medžiagos: mediena, pluoštinių kanapių, šiaudų ir kiti panašūs produktai.

Literatūra

1. Feng G., Chi D., Xu X., Dou B., Sun Y., Fu Y. Study on the Influence of Window-wall Ratio on the Energy Consumption of Nearly Zero Energy Buildings. *Procedia Engineering*. 205 (2017) 730–737.
2. Motuzienė Violeta. Įstiklinimo įtakos viešųjų pastatų energijos poreikiams kompleksinė analizė. Daktaro disertacija. Technologijos mokslai. Energetika ir termoinžinerija. Vilnius, 2010, 158 p.
3. National Building Code of Finland 2012 – Section D3. Energy efficiency of buildings. Prieiga per internetą: <https://ym.fi/en/the-national-building-code-of-finland>.
4. Respublikinėse statybos normos RSN 151-92 „Miestų ir gyvenviečių sodybos“.
5. Rogoža Artur, Šiupšinskas Giedrius, Valančius Kęstutis, Mikučionienė Rūta. Modernizuotų daugiabučių namų monitoringo rezultatų analizė. Mokslas – Lietuvos ateitis Science – Future of Lithuania. ISSN 2029-2341 / eISSN 2029-2252, <http://www.mla.vgtu>. 2017 9(4): 482–487).
6. Statybos normos RSN 143-92 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“.
7. STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“.
8. STR 2.05.01:1999 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“.
9. STR 2.05.01:2005 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“.
10. STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“.
11. Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorschkov A.S. Influence of building envelope thermal protection on heat loss value in the building. *Inzenerno-Stroitel'nyj zhurnal*, No 8, 2012, p. 4-14 (in Russian). Prieiga per internetą: http://www.engstroy.spb.ru/index_2012_08/gorshkov.pdf.
12. Velaniškis Artūras. Pastatų atitvarų sprendiniai, tenkinantys energinio efektyvumo kriterijus. Baigiamasis magistro darbas. Vilnius, 2014, 82 p.

HEAT LOSS THROUGH BUILDING WALLS AND WINDOWS

Summary

The article examines the impact of the share of windows at different heat transfer coefficients of these partitions on the total heat loss of the external walls and windows of residential buildings. The research was carried out on the basis of the methodology of calculation of heat loss through partitions used in construction physics and the values of heat transfer coefficients provided in Lithuanian normative documents. The obtained results showed that the part of the window area in the facade of the building significantly influences the total heat loss of the facade, as the heat transfer coefficient of the windows is about 7 times higher than that of the external walls. In order to reduce heat loss, the area of windows in the facades of heated buildings should be limited to a rational limit that ensures the necessary lighting of the premises with natural light, selecting the most energy-efficient windows.

Key words: residential buildings, external walls, windows, heat loss.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Vincas Gurskis.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: Vytauto Didžiojo universiteto Inžinerijos fakulteto Vandens inžinerijos katedros docentas, VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties studijų programų komiteto docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybinės medžiagos, statybinė fizika, hidrotechnikos statinių techninė būklė.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 682 10129, vincas.gurskis@vdu.lt, vincas.gurskis@edu.ktk.lt

A COVER LETTERS AUTHORS

Author name, surname: Vincas Gurskis.

Science degree and name: Doctor, Associated Professor.

Workplace and position: Vytautas Magnus University Faculty of Engineering, Associated Professor of Water Engineering Department; Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Associate Professor of Civil Engineering Study Field Study Program Committee.

Author's research interests: building materials, building physics, technical condition of hydraulic structures.

Telephone and e-mail address: +370 682 10129, vincas.gurskis@vdu.lt, vincas.gurskis@edu.ktk.lt

AUTOMATINIS KELIO DANGOS DEFEKTŲ NUSTATYMAS

Paulius Tervydis^{1,2}, Rūta Jankūnienė²

¹Kauno technologijos universitetas, ²Kauno technikos kolegija

Anotacija

Kelių dangos kokybė yra labai aktuali transporto saugumui. Tam būtinas savalaikis jos defektų nustatymas. Šios funkcijos „ėmėsi“ dirbtinio intelekto technologijos, atliekančios vaizdų atpažinimo funkcijas. Straipsnio tikslas buvo praktiškai patikrinti Lietuvos kelių dangos kokybę pagal japonų pasiūlytą koncepciją, kuri remiasi išmaniojo telefono panaudojimu kelių dangos defektų fotografavimui. Buvo sukaupta 582 nuotraukų bazė bei išbandytas RoadDamageDetector modelio veikimas. Pateiktas šio modelio patobulinimas Python ir MATLAB aplinkose, leidžiantis automatizuoti visą eilę funkcijų: nuotraukų paruošimą, kelio dangos defektų aptikimą, rezultatų apdorojimą ir jų vaizdavimą. Automatinis kelio dangos defektų registravimas ir jų pagrindu išsamių žemėlapių sudarymas leistų laiku reaguoti į nepageidaujamas kelio dangos kokybės pokyčius. Išmanusis telefonas siūlomą sprendimą daro labai ekonomiškai ir tuo labai patraukliu įvairioms kelius eksploatuojančioms organizacijoms.

Reikšminiai žodžiai. Kelio dangos defektai, mašininis mokymasis, vaizdų atpažinimo modelis, išmanusis telefonas.

Įvadas

Pastovus kelio dangos stebėjimas ir priežiūra yra būtini vairavimo patogumui, transporto saugumui ir infrastruktūros vientisumo išsaugojimui, nes leidžia laiku aptikti kelio dangos anomalijas, tokias, kaip duobės, įtrūkimus ir nelygumus, kurie turi įtakos vairavimo patogumui ir saugumui kelyje (Chen, Zhang Y, Zhang YH, Yu, Zhu 2019: 7982-7994). Pavyzdžiui, vien tik kelio dangos įtrūkimai gali būti išilginiai, skersiniai, „aligatoriaus“ tipo ir duobės. Šie defektai priklauso nuo daugelio priežasčių, įskaitant vandens įsiskverbimo, didelių apkrovų įtampos ar kokių tik įmanoma klimatinių padarinių.

Paprastai įtrūkimas būna pats pirmasis kelio dangos pažeidimas, todėl labai svarbu nuolat sekti, kad jis nesusidarytų. Tradicinis sprendimas – reguliariai stebėti kelio būklę specialia įranga aprūpintomis transporto priemonėmis. Tačiau kelių eksploatuojančios organizacijos sprendimų priėmėjams dažnai trūksta technologijų žinių, praktinės patirties ir lėšų, kad galėtų įsigyti naujausią įrangą duomenų rinkimui ir kelių defektų analizei (pavyzdžiui, specializuotas lazerinio skenavimo mašinas). Be to, tokia specializuota įranga gali būti naudojama tik ribotoje kelių tinklo dalyje.

Vaizdų atpažinimo technologija vis plačiau naudojama daugelyje mus supančių sričių, pavyzdžiui, gamybos procese, nustatant gaminio kokybę ir panašiai. Jos ištakos prasidėjo nuo 7-ojo dešimtmečio, kai visa eilė universitetų pradėjo dirbti prie dirbtinio intelekto projektų. To rezultatas – sukurti vaizdų atpažinimo algoritmai. Tad visai dėsningai ši technologija „atėjo“ ir iki kelių dangos kokybės įvertinimo (Maeda, Sekimoto, Seto, Kashiya, Omata 2018: 1127–1141); Chen, Zhang Y, Zhang YH, Yu, Zhu 2019: 7982-7994). Siūloma naudoti gilų konvoliucinį neuroninį tinklą, apmokant objektų aptikimo modelį nuotraukose bei įdiegiant jį nebrangioje įterptinėje platformoje (Fan, Li, Chen, Wei, Loprencipe, Chen, Di Mascio 2021: 18; Maeda, Sekimoto, Seto, Kashiya, Omata 2018: 1127–1141). Sistema naudoja įprastą vaizdo kamerą kaip jutiklį, sumontuotą ant transporto priemonės priekinio stiklo, kad nustatytų kelio dangos defektus. Įterptinei sistemai reikia apie 352 ms vienam vaizdo kadru apdoroti ir ji gali pasiekti maždaug 76 % atkūrimo dažnį. Šios sistemos funkcionavimo greitis yra mažesnis nei aukšto lygio specializuotų detektorių, tačiau išlaidos tokiai sistemai yra nepalyginamai mažesnės. Turint ribotas lėšas kelių priežiūrai toks sprendimas būtų visai svarstytinas.

Kitas galimas būdas, tinkamas kelių dangos defektų stebėsenai – panaudoti išmaniųjų telefonų jutiklius (Satar, Li, Chapman 2018: 21; Wu, Wang, Hu, Lepine, Na, Ainalis, Stettler 2020: 23). Siūloma automatinė duobių aptikimo sistema, naudojanti išmaniuosiuose telefonuose įmontuotus vibracijos jutiklius ir GPS imtuvus. Kelių būklės duomenys mieste buvo rinkti naudojant tam skirtas transporto priemones ir išmaniuosius telefonus su specialiai šiam tyrimui sukurta mobiliąja programa. Surinktiems duomenims buvo pritaikyta daugybė apdorojimo metodų, išskirtos skirtingų dažnių sričių funkcijos, taip pat įvairūs mašininio apmokymo klasifikatoriai. Apžvelgiamos ir palyginamos dabartinių išmaniųjų telefonų naudojimo galimybes kelio paviršiaus anomalijų aptikimui ir nubrėžiamos tolesnės mokslinių tyrimų kryptys. Tačiau tokio metodo trūkumai: dabartiniai išmaniųjų telefonų jutikliai veikia žemu dažniu, signalų aptikimo tikslumas yra mažas.

Daugelis kelių dangų defektų tyrimų sutelkia dėmesį tik į patį defektų nustatymo faktą. Tačiau realiaame gyvenime, kai kelius eksploatuojančios organizacijos turi ir atitaisyti šiuos defektus, būtina aiškiai žinoti ir jų tipą. Duomenys kaupiami, naudojant skirtingus metodus. Taigi, nėra atvirai prieinamo vienodo kelių defektų duomenų rinkinio, todėl ir nėra vieningo kelių defektų įvertinimo standarto. Autoriai (Maeda, Sekimoto, Seto,

Kashiyama, Omata 2018: 1127–1141) pristatė atliktą tyrimą, kuris leido išspręsti aukščiau minėtas problemas. Pirma, parengtas didelio masto kelių defektų duomenų rinkinys, kurį sudaro 9053 nuotraukų, užfiksuotų automobilyje sumontuotu išmaniuoju telefonu, o į jas įtraukti 15435 kelio dangos defektai, esant įvairioms oro ir apšvietimo sąlygoms. Kiekvienoje nuotraukoje pažymėta vieta, lokalizuojanti kelio pažeidimo vietą ir jo tipą. Taip pat objektų aptikimui panaudoti konvoliuciniai neuroniniai tinklai, siekiant apmokyti defektų aptikimo modelį su sukauptu duomenų rinkiniu ir palyginti tikslumą bei vykdymo greitį GPS serveryje ir išmaniajame telefone.

Nereikia pamiršti, kad mašininis mokymasis yra efektyvus, tik kai yra pakankamai mokymo duomenų; tačiau infrastruktūros patikrinimai paprastai jų tiek nesuteikia. Skirtingose aplinkose, kelių defektų tipai ir jų laipsniai taip pat gali skirtis. Naudojant generatyvinius modelius, tokius, kaip generatyvinis priešpriešos tinklas (GAN) arba variacinis autokoderis, galima sukurti pseudovaizdą, kurio negalima atskirti nuo tikrojo (Maeda, Kashiyama, Sekimoto, Seto, Omata 2021: 47–60). Sujungus laipsniškai augantį GAN ir Puasono mišinį dirbtinai sukuriama kelių defektų vaizdai, kurie gali būti naudojami kaip nauji mokymo duomenys, siekiant pagerinti kelių defektų aptikimo tikslumą.

RDD2020 publikavo duomenų rinkinį, kurį sudaro net 26336 kelių dangos nuotraukos iš Indijos, Japonijos ir Čekijos su daugiau nei 31000 kelių dangos defektų (Arya, Maeda, Ghosh, Toshniwal, Omata, Kashiyama, Seto, Mraz, Sekimoto 2020: 16). Šis rinkinys sukauptas naudojant transporto priemonėse sumontuotus išmaniuosius telefonus ir yra laisvai pasiekiamas ir skirtas kurti giliu mokymusi pagrįstus mašininis mokymosi metodus, leidžiančius automatiškai aptikti ir klasifikuoti kelių dangos defektus. Autoriai aptaria kelių dangos sąlygų stebėjimą skirtingose šalyse ir pateikia rekomendacijas bei modelius, kaip aptikti kelio dangos defektus.

Pastovi kelių būklės stebėsena yra tiek reikšminga, kad net organizuojami tarptautiniai renginiai šios srities problemų sprendimui. Global Road Damage Detection Challenge (GRDDC) - Didžiųjų duomenų taurė - kaip IEEE tarptautinės konferencijos didelių duomenų'2020 dalis). Šio renginio tikslas – pavišinti kelių dangos defektų duomenų bazę ir aiškiai apibrėžti kelių dangos būklės vertinimo metodiką. Buvo suorganizuotas konkursas, skirtas automatiniam kelių dangos defektų nustatymui.

Nors kai kuriose šalyse vis dar ieškoma veiksmingų sprendimų, Japonijos mokslininkai sukūrė pigų ir nesudėtingą išmaniaisiais telefonais pagrįstą automatinį kelių būklės stebėjimo sprendimą (Arya, Maeda, Ghosh, Toshniwal, Sekimoto 2021: 7). Jo esmė – kelio dangos būseną fiksuojama nuotraukose, padarytose išmaniu telefonu, kuris yra integruotas į transporto priemonę. Todėl savivaldybėms ir kelių priežiūros įmonėms tai būtų pigus kelių dangos būklės stebėjimo būdas. Tas pats autorių kolektyvas taip pat įvertino japoniško modelio pritaikymo galimybes kitoms šalims bei pateikė didelio masto įvairių kelių infrastruktūros defektų duomenų rinkinį, kurį sudaro 26620 nuotraukų, surinktų iš skirtingų šalių (Indijos, Japonijos ir Čekijos). Publikacijoje (Satar, Li, Chapman 2018: 21) apžvelgiami ir palyginami dabartiniai išmaniųjų telefonų naudojimo būdai kelio dangos anomalijų aptikimui. Be to, pabrėžiamos tolesnės mokslinių tyrimų, naudojant išmaniuosius telefonus, galimybes aptikti kelio dangos anomalijas.

Atliktų darbų mastas ir pati idėja paskatino šio straipsnio autorius patikrinti japonų siūlomus sprendimus, tiriant Lietuvos kelių dangos kokybę.

Straipsnis susideda iš probleminės šios srities analizės, Lietuvoje naudojamos kelių diagnostikos įrangos apžvalgos bei vaizdų atpažinimo technologijos panaudojimo aptarimo identifikuojant konkrečius kelio dangos defektus (kelio dangos defektų aptikimo modelis, jo veikimo patikrinimas Lietuvos sąlygomis, taip pat automatizuoto kelių dangos defektų aptikimo ir apdoravimo eksperimento aptarimas). Straipsnio išvadose autoriai pateikia savo išvagas ir praktinius pasiūlymus.

Lietuvoje taikoma kelių dangos būklės tyrimų įranga

Daugelis savivaldybių ir kelių priežiūros įmonių siekia įdiegti automatinį kelių defektų įvertinimą. Tačiau jiems dažnai trūksta technologijų, žinių ir lėšų, kad galėtų įsigyti naujausią įrangą duomenų rinkimui ir kelių defektų analizei. Japonija šioje srityje pažengė daugiausia: sukūrė pigesnius ir nesudėtingus išmaniaisiais telefonais pagrįstus automatinio kelių dangos būklės stebėjimo metodus, tuo tarpu, kitos šalys vis dar sunkiai ieško veiksmingų sprendimų. Kyla klausimas, o kaip yra Lietuvoje?

Lietuvoje šiuo metu naudojama kelių tyrimo įranga monitoringo ir kelio dangos (dangos konstrukcijos) būklei vertinti, yra:

- mobili kelių tyrimo įranga Ramboll Laser RST 63 (iki 2019 m. tai buvo atliekama su RST 28);
- krintančio svorio deflektometras „Dynatest FWD 8800“;
- 3D kartografavimo įranga 3D „StreepMapper“;
- sluoksnių storių matavimo įranga „Road Doctor Survey Van“;

- automobilio rato sukibimo su kelio danga tyrimo įranga „ViaTech Viafriction“ (iki 2019 m. buvo atliekama SRT-3).

RST 63 įranga: 360 laipsnių kamera, LCMS-2 lazeriai, dešinės krypties kamera, taškiniai lazeriai, atstumo matavimo įrenginys.



1 pav. Specialus automobilis su sumontuota kelio dangos kokybės tyrimo įranga

Kelių dangos pažeidimo aptikimui naudojami šie būklės tyrimo metodai: 3D lazeriai, naujos architektūros lazeriai, 360^o kamera.

Kelių tinklo būklės tyrimai yra didelio masto tyrimai, todėl jų įrangai keliami specifiniai reikalavimai: tikslumas, duomenų atkartojamumas, standartų atitikimas, mobilumas.

Visa ši įranga nuo 2021 metų priklauso Lietuvos Automobilių ir Kelių Direkcijai (KAD). Autoriai pagrįstai daro prielaidą, kad įdiegus Japonijos patirtį Lietuvos kelių dangos diagnostikai, galima pigiai ir efektyviai užfiksuoti pradinius kelio dangos defektus, kuriuos vėliau galima ištirti turima įranga. Duomenys gauti iš Lietuvos Automobilių ir Kelių Direkcijos (KAD) (autorių pastaba).

Kelio dangos defektų aptikimo modelis

Panaudojant mašininį mokymąsi, kuriami modeliai, kurie leidžia iš nuotraukų atpažinti ir įvertinti kelio dangos defektus. Siekiant išbandyti ar tokie modeliai galėtų būti panaudoti įvertinanti ir Lietuvos kelių dangos būklę, buvo panaudotas „RoadDamageDetector“ modelis (prieiga per internetą: <<https://github.com/sekilab/RoadDamageDetector>>). Be paties modelio pateikti ir jo taikymo pavyzdžiai, naudojant Python programavimo kalbą.

„RoadDamageDetector“ modelis leidžia nustatyti tam tikrų tipų kelio dangos defektus (1 lentelė).

1 lentelė

Kelio dangos defektų tipai ir jų klasifikacija

Defekto tipas (Damage Type)			Paaiškinimas (Detail)	Klasės vardas (Class Name)
Įtrūkimas (Crack)	Linijinis įtrūkimas (Linear Crack)	Išilginis (Longitudal)	Padangų paliekamos stabdymo žymės (Wheel mark part)	D00
		Šoninis (Lateral)	Konstrukcinė jungiamoji dalis (Construction joint part)	D01
			Vienodas intervalas (Equal interval)	D10
	Konstrukcinė jungiamoji dalis (Construction joint part)	D11		
	Sutrūkinėjusi danga (Alligator Crack)		Dalinė danga (Partial pavement, overall pavement)	D20
Kiti defektai (Other Corruption)			Griovelis, iškilimas, duobė, atsiskyrimas (Rutting, bump, pothole, separation)	D40
			Neryškus perėjės žymėjimas (Cross walk blur)	D43
			Neryški balta linija (White line blur)	D44

Šaltinis: Road Maintenance and Repair Guidebook 2013 JRA (2013) in Japan

Kelio dangos defektų aptikimo modelio patikrinimas Lietuvos sąlygomis

Tyrimui naudotas modelis, kuris yra sukurtas apdorojant ne Lietuvoje darytas nuotraukas su kelio dangų defektais. Todėl buvo atliktas tyrimas siekiant nustatyti ar jis yra tinkamas ir Lietuvos kelio defektų nustatymui.

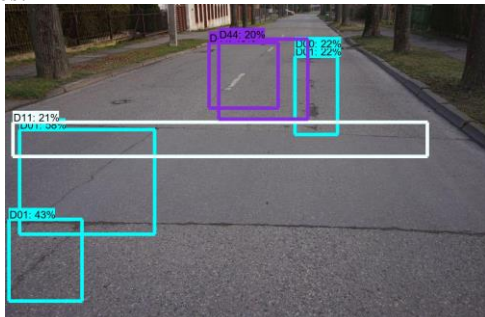
Modelio išbandymui buvo padarytos nuotraukos Kauno miesto gatvėse, kurios yra netoli Kauno Technikos kolegijos. Nuotraukų su skirtingais kelio defektais apdorojimo rezultatai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė

Modelio bandymo rezultatai

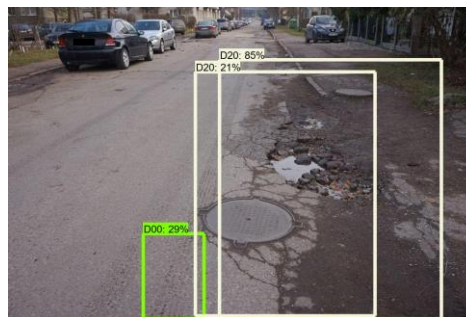
Nuotraukos:

1.



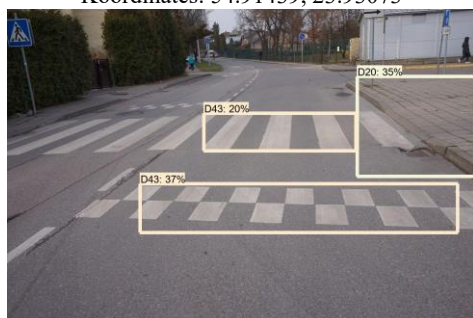
Adresas: Algirdo 57.
Koordinatės: 54.91439, 23.93073

2.



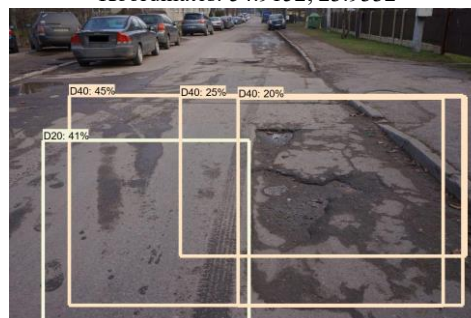
Adresas: A. Kačanausko g. 4
Koordinatės: 54.9152, 23.9332

3.



Adresas: Kampo g. 15
Koordinatės: 54.9154, 23.9361

4.



Adresas: A. Kačanausko g. 10
Koordinatės: 54.9150, 23.9340

Nuotraukos Nr:	Nustatytų defektų klasės ir jų identifikavimo tikimybės							
	D00	D01	D10	D11	D20	D40	D43	D44
1.	0.229	0.580	0.000	0.216	0.000	0.000	0.000	0.204
2.	0.295	0.000	0.000	0.000	0.851	0.000	0.000	0.000
3.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.354	0.000	0.372	0.000
4.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.418	0.451	0.000	0.000

Gauti rezultatai ir jų palyginimas su nuotraukose matomu vaizdu patvirtina, kad „RoadDamageDetector“ modelis identifikuoja kelio dangos defektus ir Lietuvos keliuose.

Defektai identifikuojami su tam tikra tikimybe, kurios dydis priklauso nuo defekto dydžio ir nuo to, kaip gerai jis yra matomas nuotraukoje. Pasitaiko ir klaidingų defektų nustatymų. Pavyzdžiui, 2 lentelės 2 nuotraukoje yra nustatytas D00 defektas – padangos stabdymo žymė pagal defektų identifikatorių, bet ten iš tikrųjų yra šlapios padangos protektoriaus antspaudas pervažiuojus per balą. Klaidingi aptikimai ir nežymūs defektai paprastai identifikuojami su nedidele tikimybe, todėl juos galima būtų eliminuoti nufiltruojant defektus, kurių tikimybė, pavyzdžiui, mažesnė nei 40%.

Automatizuoto kelių dangos defektų aptikimo ir apdorojimo eksperimentas

Jei naudotis tik „RoadDamageDetector“ modeliu pagal jo autorių pateiktą taikymo pavyzdį, tai tenka savarankiškai atlikti visą eilę paruošiamųjų darbų: padaryti kelio dangos nuotraukas skirtingose vietose, įkelti paveiksliukus į kompiuterį, pakeisti jų dydį ar apkarpyti, surasti ar nustatyti koordinatas. Tik tada paveiksliukus galima apdoroti su modeliu ir gauti rezultatus. Papildomai reikia atlikti gautų rezultatų apdorojimą ir pateikimą.

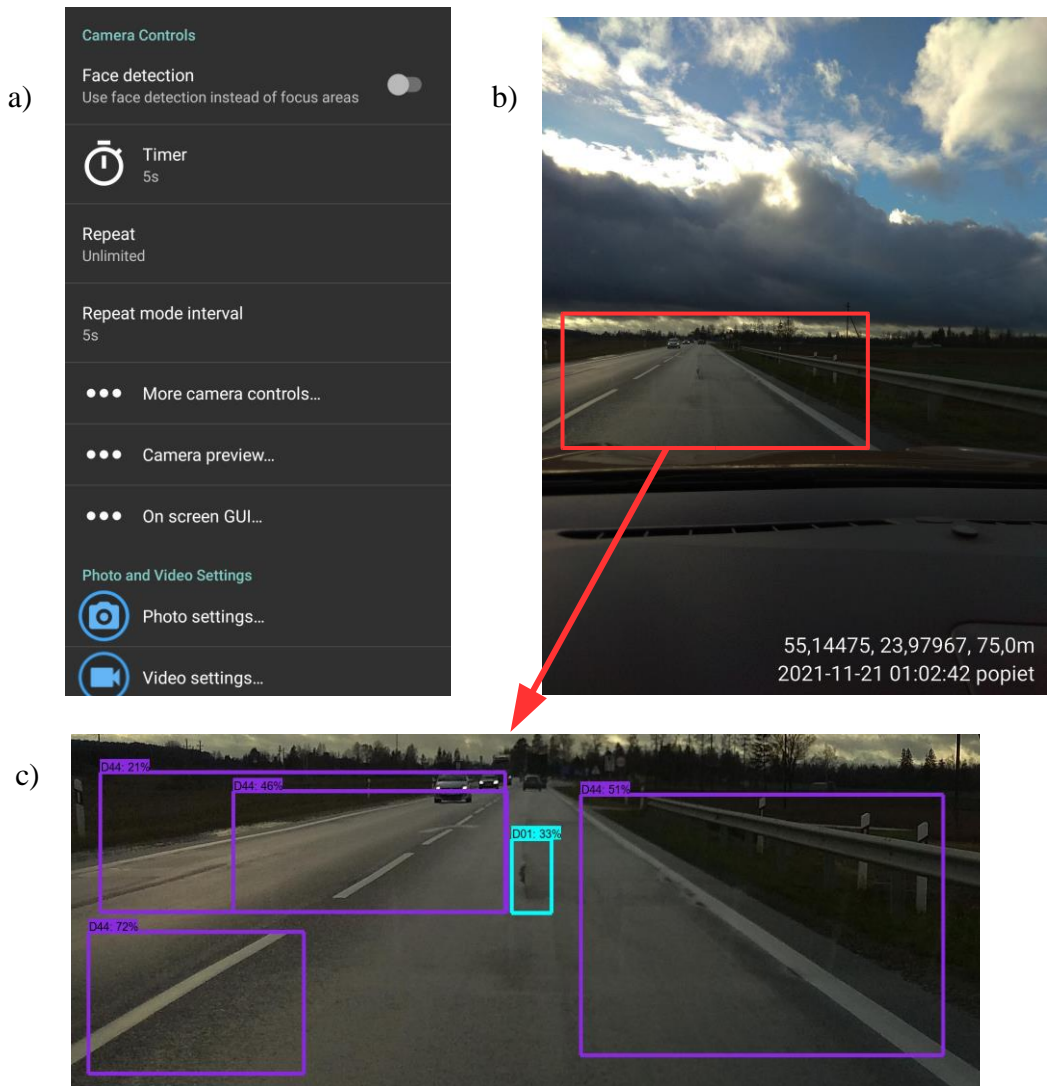
Praktiniam pritaikymui būtų naudinga turėti sprendimą, kuris aukščiau išvardintus veiksmus atliktų automatizuotai ir pateiktų kelių dangos defektų analizę, nurodant jų pasiskirstymą žemėlapyje. Todėl siekiant išbandyti tokio sprendimo realizavimo galimybes, šio straipsnio autoriai sukūrė papildomas programas Python ir MATLAB aplinkose, kurios atlieka automatinį nuotraukų paruošimą, kelio dangos defektų aptikimą, rezultatų apdorojimą ir vaizdavimą.

Atliekant bandymus, nuotraukų surinkimui buvo naudotas Redmi Note 4 išmanusis telefonas su jame instaliuota „Open Camera“ programa, kurios pagalba galima daryti nuotraukas automatiškai, nustatant programoje tam tikrą nuotraukų darymo periodiškumą (2 pav.). Nuotraukos buvo daromos kas 5 sek. Įtvirtinus

telefoną automobilyje buvo padarytos 582 nuotraukos, važiuojant maršrutu Via Baltika kelio atkarpoje nuo Truskavos iki Kauno. Gautos nuotraukos perkeltos į kompiuterį automatiniam jų apdorojimui, kurį atlieka autorių sukurtos programos.

Python kalba parašytos programos algoritmas, kuris kiekvienai nuotraukai atlieka tokius veiksmus:

- 1) iš didelės nuotraukos yra iškerpamas ir išsaugomas fragmentas su matoma kelio danga;
- 2) iš JPG failo EXIF duomenų nuskaitomos GPS koordinatės, kurios ten įrašomos darant nuotraukas išmaniuoju telefonu;
- 3) nuotraukos fragmentas paduodamas į „RoadDamageDetector“ modelį kelio dangos defektų nustatymui;
- 4) gauti rezultatai (data, laikas, koordinatės ir informacija apie nustatytus defektus) išsaugomi tekstinėje rinkmenoje *.csv formatu.

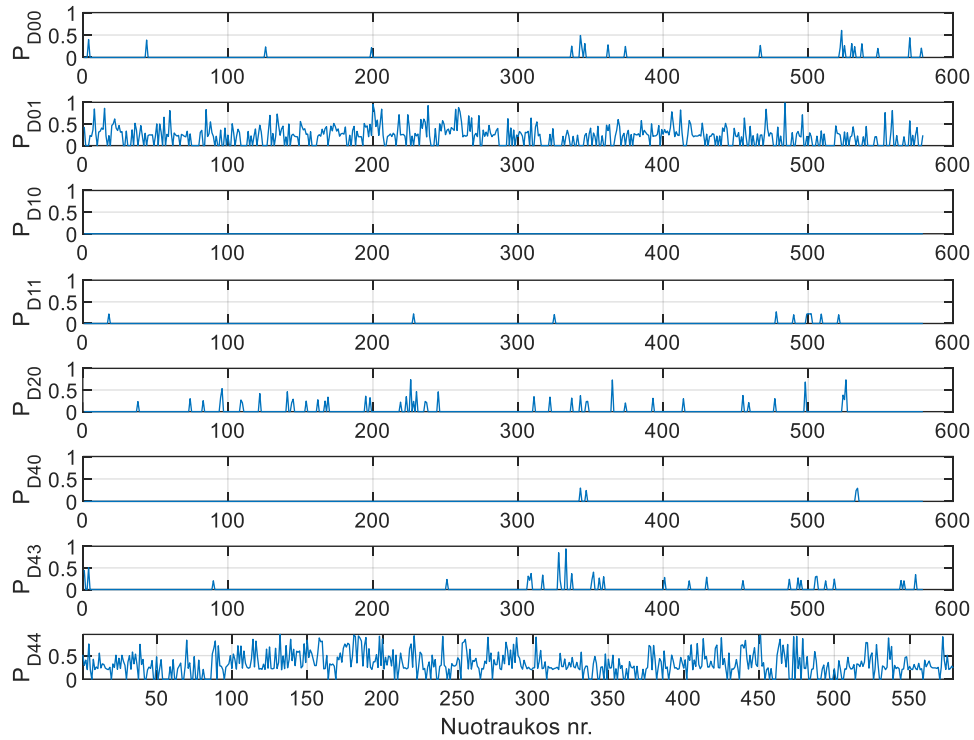


2 pav. Nuotraukų automatinis surinkimas ir apdorojimas: a) „Open Camera“ programos nustatymų langas, b) vienos nuotraukos pavyzdys, c) apkarpyta nuotrauka po apdorojimo

Naudojant MATLAB, atliekamas toks *.csv rinkmenoje išsaugotų duomenų apdorojimas:

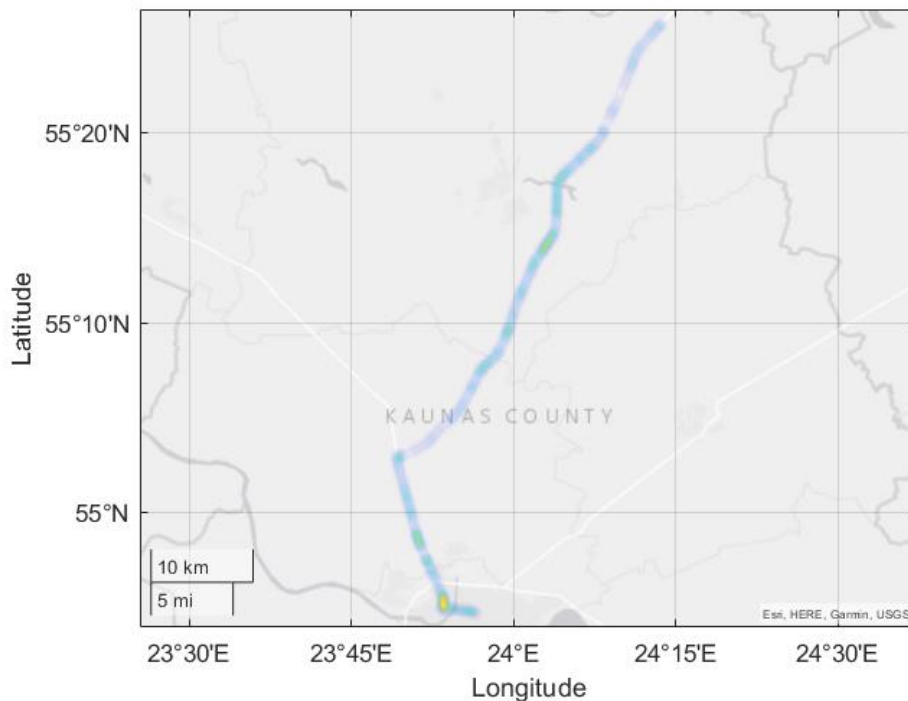
- 1) skirtingų defektų statistikos apdorojimas;
- 2) gautų rezultatų grafikų braižymas;
- 3) defektų pasiskirstymo atvaizdavimas žemėlapyje.

Kaip keičiasi skirtingų defektų klasių tikimybės surinktose nuotraukose parodyta 3 pav. Pagal surinktus duomenis galima įvertinti defektų tipus tam tikroje kelio atkarpoje. Turint šiuos duomenis, galima greitai nustatyti ir peržiūrėti nuotraukas su didžiausiais defektais. Reikia pažymėti, kad Via Baltika kelio atkarpa, kurioje buvo atlikti bandymai, yra pakankamai geros būklės, todėl daugiausiai nustatyta defektų dėl neryškių kelio juostų žymėjimo linijų (D44).



3 pav. Skirtingų defektų tikimybės, kurios buvo nustatytos surinktose nuotraukose

Kadangi surinkti duomenys yra susieti su koordinatėmis, tai defektų intensyvumą galima pavaizduoti ir ant žemėlapiu. Pavyzdžiui, D44 defekto intensyvumas tiriamoje kelio atkarpoje parodytas 4 pav.



4 pav. D44 defekto intensyvumo vaizdavimas žemėlapyje

Kuo šiltesnė spalva, tuo didesnė užfiksuoto defekto tikimybė. Atlikus daugiau tokių tyrimų, galima būtų surinkti visų kelių duomenis ir sudaryti išsamų defektų žemėlapi.

Išvados

Praktiškai išbandytos išmanaus telefono panaudojimo galimybės kelių dangos defektų nustatymui Lietuvoje. Buvo atliktas tyrimas, kuriam panaudotos 582 nuotraukos, siekiant nustatyti ar vaizdų apdorojimo modelis „RoadDamageDetector“ tinkamai identifikuos kelio dangos defektus. Nors pastarieji nustatyti tik su tam tikra tikimybe, kuri labai priklausė nuo paties defekto dydžio ar jo vaizdo aiškumo nuotraukoje, gauti rezultatai tik patvirtina, kad „RoadDamageDetector“ modelis pakankamai gerai identifikuoja kelio dangos defektus.

Informacijos apdorojimo automatizavimui sukurti programiniai sprendimai Python ir MATLAB aplinkose. Jų dėka atliekama visa eilė papildomų funkcijų: automatinis nuotraukų paruošimas, kelio dangos defektų aptikimas, rezultatų apdorojimas ir jų pavaizdavimas. Skirtingų klasių defektų tikimybės leidžia įvertinti, kokie defektai ir kiek jų yra tiriamoje kelio atkarpoje. Vartotojo patogumui defektų kiekį galima pateikti ir ant žemėlapių, nes surinkti duomenys yra susieti su koordinatėmis. Tokių išsamių defektų žemėlapių dėka būtų galima laiku reaguoti.

Pirminiai eksperimentai ir modeliavimo rezultatai tik patvirtino išmanių telefonų taikymo galimybes informacijos apie Lietuvos kelių dangos būklę rinkimui. Šiam labai ekonomiškam sprendimui galėtų būti panaudotas ne tik kelius eksploatuojančių organizacijų transportas, bet ir įvairios viešojo transporto sistemos.

Tolimesni tyrimai šioje srityje apimtų skirtingų vaizdo apdorojimo algoritmų taikymo galimybių analizę.

Literatūra

1. Arya D., Maeda H., Ghosh S.K., Toshniwal D., Omata H., Kashiyama T., Seto T., Mraz A., Sekimoto Y. RDD2020: an image dataset for smartphone-based road damage detection and classification. *Mendel. Data*. 2021; V1 doi: 10.17632/5ty2wb6vgv.1. [Dataset] – DOI <https://www.researchgate.net/project/Global-Road-Damage-Detection>.
2. Arya D., Maeda H., Ghosh S.K., Toshniwal D., Mraz A., Kashiyama T., Sekimoto Y. Deep learning-based road damage detection and classification for multiple countries. *Automation in Construction*, vol.132, December 2021, p.18.
3. Arya D., Maeda H., Ghosh S.K., Toshniwal D., Mraz A., Kashiyama T., Sekimoto Y., Transfer learning-based road damage detection for multiple countries, 2020, p. 16, arXiv preprint arXiv:2008.13101.
4. Arya D., Maeda H., Ghosh S. K., Toshniwal D., Sekimoto Y. RDD2020: An annotated image dataset for automatic road damage detection using deep learning. Vol. 36, June 2021, p. 7, 107133.
5. Arya, D., Maeda, H., Ghosh, S. K., Toshniwal, D., Omata, H., Kashiyama, T., & Sekimoto, Y. (2020). Global Road Damage Detection: State-of-the-art Solutions. *IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, Atlanta, GA, USA, 2020, pp. 5533-5539, doi: 10.1109/BigData50022.2020.9377790.
6. Chen S.Y., Zhang Y, Zhang YH, Yu JJ, Zhu YX. Embedded system for road damage detection by deep convolutional neural network. *Math Biosci Eng*. 2019 Sep 3; 16 (6): 7982-7994. doi: 10.3934/mbe.2019402.PMID: 31698651.
7. Fan Z., Li C., Chen Y, Wei J., Loprencipe G., Chen X., Di Mascio P. Automatic Crack Detection on Road Pavements Using Encoder-Decoder Architecture. *Materials (Basel)*. 2020 Jul 2; 13 (13): p. 18, 2960. doi: 10.3390/ma13132960.PMID: 32630713.
8. Maeda H., Sekimoto Y., Seto T., Kashiyama T., Omata H. Road damage detection and classification using deep neural networks with smartphone images. *Computer-Aided Civil and Infrastruct. Enginee*. 2018; 33(12): 1127–1141.
9. Maeda H., Kashiyama T., Sekimoto Y., Seto T., Omata H. Generative adversarial network for road damage detection. *Computer-Aided Civil and Infrastruct. Enginee*. 2021; 36(1): 47–60.
10. RoadDamageDetector model [interaktyvus]. Žiūrėta 2021 m. kovo 27 d. Prieiga per internetą: <<https://github.com/sekilab/RoadDamageDetector>>
11. Sattar S, Li S, Chapman M. Road Surface Monitoring Using Smartphone Sensors: A Review. *Sensors (Basel)*. 2018 Nov 9; 18 (11): p. 21, 3845. doi: 10.3390/s18113845.PMID: 30423962.
12. Wu C, Wang Z, Hu S, Lepine J, Na X, Ainalis D, Stettler M. An Automated Machine-Learning Approach for Road Pothole Detection Using Smartphone Sensor Data. *Sensors (Basel)*. 2020 Sep 28; 20 (19): p. 23, 5564. doi: 10.3390/s20195564.PMID: 32998427.

AUTOMATIC DETECTION OF ROAD SURFACE DEFECTS

Summary

The quality of the road surface is very important for traffic safety. This requires a constant monitoring of the road condition. The aim of this article was to verify practically the quality of Lithuanian road surface according to the concept

proposed by the Japanese, which is based on the use of a smartphone for road surface defects images. A data set of 582 photos was collected and the operation of the Road Damage Detector model was tested. It was important to determine whether this model, which was developed by processing photos taken outside Lithuania, is also suitable for automatic detection of road defects in Lithuania. Although defects were detected with a certain probability, which depended on the size of the defect itself and its clarity in the photograph, the results obtained confirmed that the Road Damage Detector model identifies pavement defects well enough. An improvements to this model were provided in Python and MATLAB environments, allowing photo preparation, detection of road surface defects, processing of results and their display. The study confirmed that the use of smartphones can be very cost-effective and thus attractive to various road maintenance operators.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Paulius Tervydis.

Mokslų laipsnis ir vardas: 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 tinklų darbingumas, tinklo charakteristikų modeliavimas ir analizė, signalų apdorojimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 600 99320, paulius.tervydis@ktu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Rūta Jankūnienė.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktarė.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, elektronikos technikos studijų programos kuratorė, docentė. VšĮ Kauno technologijos universitetas, Mechanikos ir dizaino fakultetas, Transporto inžinerijos katedra, lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: paslaugų kokybė, belaidžių tinklų sauga ir darbingumas, telekomunikacinio tinklo darbingumo modeliavimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 652 19844, ruta.jankuniene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Paulius, Tervydis.

Science degree and name: doctor.

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electronics Engineering, associated professor. University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, studies program of Electronics Engineering, associated professor.

Author's research interests: telecommunication networks performance, modeling and analysis of network characteristics, signal processing.

Telephone and e-mail address: +370 600 99320, paulius.tervydis@ktk.lt

Author name, surname: Rūta, Jankūnienė.

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 Mechanical Engineering and Design, Department of Transport Engineering, lecturer.

Author's research interests: quality of service, security and operability of wireless networks, simulation of telecommunication network operability.

Telephone and e-mail address: 8 652 19844, ruta.jankuniene@edu.ktk.lt

hibridinių automobilių EKOLOGINIŲ IR ENERGETINIŲ RODIKLIŲ POKYČIO ANALIZĖ, TAIKANT SKIRTINGUS TYRIMO METODUS

Tadas Vipartas^{1,2}, Alfredas Rimkus^{1,2}, Saulius Stravinskas^{1,2}, Petras Kaikaris¹, Aurelijus Pitrėnas¹

¹ *Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija*, ² *VILNIUS TECH*

Anotacija

Automobilių išmetamųjų teršalų pokyčio vertinimui įprastai naudojami standinių bandymų ir Realaus Vairavimo Emisijos (angl. Real Driving Emissions – RDE) tyrimų metodai. Šaltojo variklio paleidimo metu pastebimas ženklus hibridinių ir įprastinių automobilių vidutinis azoto oksidų (NO_x), angliavandenilių (HC), anglies monoksido (CO) ir kietųjų dalelių skaičius (KD) skirtumas. Hibridinės transporto priemonės (angl. hybrid electric vehicle – HEV) su Atkinsono ciklo vidaus degimo varikliais (VDV) įprastai naudoja kintamą vožtuvų fazių valdymo (angl. Variable Valve Timing – VVT) sistemą, kurios pagalba degalų sąnaudos sumažinamos iki 30 %. VDV šiluminį efektyvumą galima padidinti net iki 40 %, tačiau būtina sumažinti šilumos nuostolius per aušinimo sistemą ir išvengti detonacinio degimo. Elektros variklio režimu transporto priemonė veikia esant labai mažoms apkrovoms, traukos jėgą sukuria tik elektros variklis (EV), o VDV yra išjungtas, kad būtų išvengta neefektyvių režimų. Hibridinėse transporto priemonėse išmetamųjų teršalų emisija priklauso nuo baterijų įkrovimo lygio. Esant pilnai įkrautoms baterijoms degalų sąnaudos, CO ir NO_x emisijos sumažėja, o joms išsikraunant ženkliai padidėja. Analizė rodo, kad šalto variklio paleidimo CO₂ emisijos nustatytos Naujojo Europos Vairavimo Ciklo (angl. New European Driving Cycle – NEDC) bandymuose ir Pasaulinėje suderintoje Lengvųjų automobilių Bandymų Procedūroje (angl. Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure – WLTP) skiriasi iki 30 %, o degalų energijos poreikis važiavimui net iki 53 %.

Reikšminiai žodžiai. Hibridiniai automobiliai, emisijos, CO₂, Atkinsono ciklas, NEDC, WLTP.

Įvadas

Transporto sektorius laikomas vienu didžiausių teršėjų, išmetančių 25 % visų šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) pasaulyje (Tarptautinė energetikos agentūra, 2021). Labai panaši situacija yra ir Europos šalyse. Transporto sektorius išmetė 23 % anglies dioksido (Europos Komisija, 2017), o kelių transportas sudarė daugiau nei 70 % šio kiekio (Europos aplinkos agentūra, 2020).

Europos Sąjunga siekia iki 2050 m. sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą iki nulinės emisijos ir tapti neutralia klimato poveikiui. Visuomenės evoliucija yra esminis iššūkis ir galimybė kurti geresnę ateitį. Kad galėtų įvykdyti šią misiją, ES šalys narės turi investuoti į ekologiškas technologijas, tokiu būdu sumažinant teršalų emisijas (Europos Sąjunga, 2020).

Siekiant ambicingų tikslų, vis daugiau dėmesio skiriama hibridinėms transporto priemonėms, kurių išmetamųjų deginių koncentracija paprastai yra mažesnė už įprastinių transporto priemonių dėl sumažėjusių degalų sąnaudų. Riboto atstumo ir baterijų įkrovimo akumuliatorių problemos yra išspręstos transporto priemonėje naudojant vidaus degimo variklį (Rahman ir kt., 2016). Esant mažoms apkrovoms, naudojama tik elektrinė jėgainė, o esant didelėms – VDV (Un-Noor ir kt., 2017).

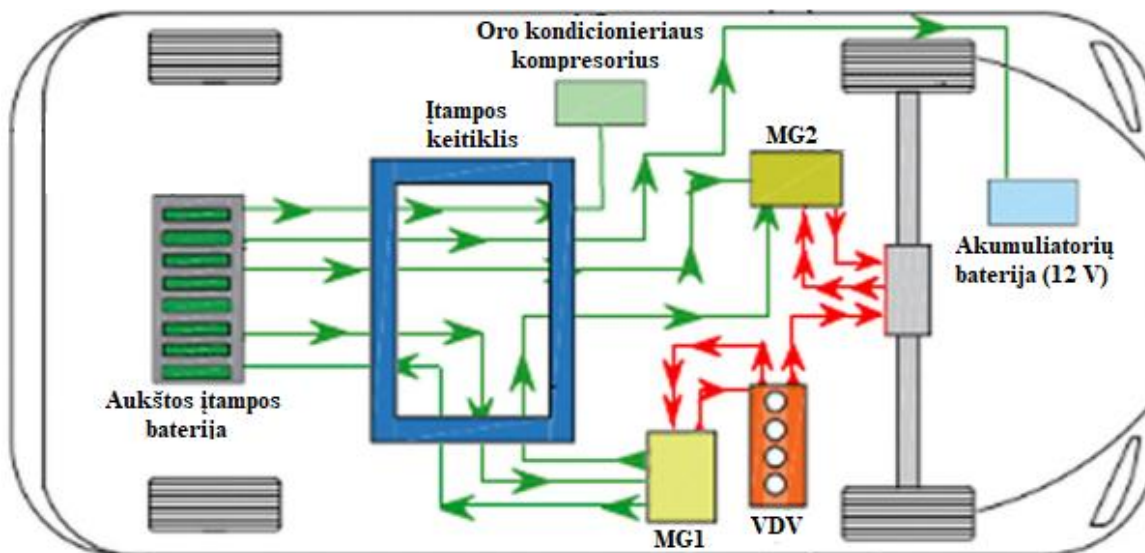
Elektrinis variklis pasižymi dideliu sukimo momentu prie mažų sūkių ir sumažina VDV sukimo momento poreikį, todėl VDV veikia efektyviai, nes yra eliminuojamas mažos galios režimas. Pastaraisiais metais nemažai pagrindinių automobilių gamintojų, tokių kaip „Toyota“, „Honda“, „Mercedes-Benz“, „Ford“, gamina hibridinius automobilius su Atkinsono ciklo VDV, pasiekdami puikų energijos/degalų taupymo efektą. Dauguma tokių hibridinių automobilių naudoja kintamą vožtuvų fazių valdymo (VVT) technologiją, kuri pavėlina įsiurbimo vožtuvo užsidarymą. Apytikriai apskaičiuota, kad 20–30 % hibridinių automobilių degalų sąnaudų sumažėjimas yra susijęs būtent su Atkinsono ciklu dirbančiais varikliais. Variklio energetinis efektyvumas gali būti padidintas net iki 40 % kartu su Atkinsono ciklu veikiančiu VDV naudojant aušinamą išmetamųjų dujų recirkuliacijos (angl. Exhaust Gas Recirculation – EGR) vožtuvą, elektrinį aušinimo sistemos siurblių ir sumažinant trinties bei šilumos nuostolius. Taip pat būtų sumažinta CO₂ emisija (Takahashi ir kt., 2015).

Šalto variklio paleidimo metu CO₂ emisija yra vertinama pagal NEDC ir WLTP. Tačiau nustatytų rodiklių reikšmės esant skirtingiems vertinimo metodams gali ženkliai skirtis. Todėl Europos Komisija nusprendė atsisakyti NEDC procedūros ir ją pakeisti WLTP, siekiant išvengti ženkliaus atotrūkio tarp gaunamų rezultatų (Europos Komisija, 2017).

Darbo tikslas – remiantis mokslinių straipsnių analize išryškinti hibridinių automobilių ekologinių ir energetinių rodiklių skirtumus taikant įvairius tyrimų metodus.

1. Šaltasis variklio paleidimas

Hibridinių transporto priemonių teršalų kiekiai įprastai yra mažesni, tačiau vienu aspektu jų emisija gali būti didesnė nei įprastų transporto priemonių. Taip nutinka šalto paleidimo metu, kai vidaus degimo variklis nėra pasiekęs darbinės temperatūros (Huang ir kt., 2020). Tipinė hibridinio automobilio jėgainės ir energijos srautų principinė schema pateikta 1 pav.



1 pav. Hibridinio automobilio jėgainės ir energijos srautų principinė schema
Šaltinis: (Prati ir kt., 2021)

Kai VDV išjungtas ir automobilis važiuoja tik elektriniu režimu, aušinimo skysčio ir katalizatoriaus temperatūra sumažėja. Todėl po VDV paleidimo reikia šiek tiek laiko išilti iki darbinės temperatūros. Tokia situacija ypač dažna esant didelėms apkrovoms. Hibridiniai automobiliai dažnai susiduria su keliolika ar daugiau VDV paleidimo ir išjungimo įvykiais vieno važiavimo metu. Tai yra susiję su energijos valdymo strategija, kuri yra atsakinga už degalų sąnaudų mažinimą naudojant elektros variklį ir akumuliatorių baterijose sukauptą elektros energiją (Varella ir kt., 2016).

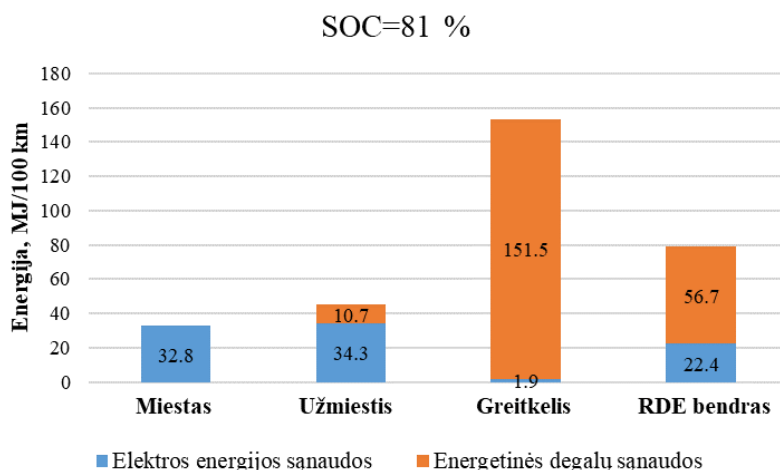
Norint sumažinti išmetamųjų teršalų emisijas pasikartojančio šaltojo variklio paleidimo metu, yra išskiriamos trys galimybės: papildomas sistemos pašildymas, VDV valdymo programos korekcija ir filtrų įrengimas su sorbentinėmis medžiagomis. Lyginant jas tarpusavyje, papildomas sistemos pašildymas įvardinamas kaip vienas efektyviausių, pritaikant elektroniškai valdomą katalizatorių su pakaitinimo elementu. Tokios sistemos įrengimas HC ir NO_x emisijas sumažintų nuo 40 % iki 50 % (Laurell ir kt., 2019).

Paprastai išmetamųjų teršalų emisijų pokyčiui įvertinti naudojami du metodai: bandymai automobilių traukos stendu ir RDE tyrimai. Bagheri ir kt. atliktoje trylikos skirtingų mokslinių publikacijų duomenų ir rezultatų analizėje nurodoma, kad yra pastebimas ženklus emisijų skirtumas vertinant hibridinius ir įprastinius automobilius šaltojo paleidimo metu (kai variklis nėra pasiekęs darbinės temperatūros). Naudojant traukos stendą vidutinis NO_x, HC, CO ir KD skaičius padidėja net 104 %, 6,4 karto, 22 % ir 17,9 karto. Vidutiniai RDE rezultatai rodo, kad NO_x ir HC sumažėja 5 % ir 39 %, o CO ir kietųjų dalelių padidėjo 13 % ir 5 kartus (Bagheri ir kt., 2021).

2. Baterijos įkrovimo lygio įtaka

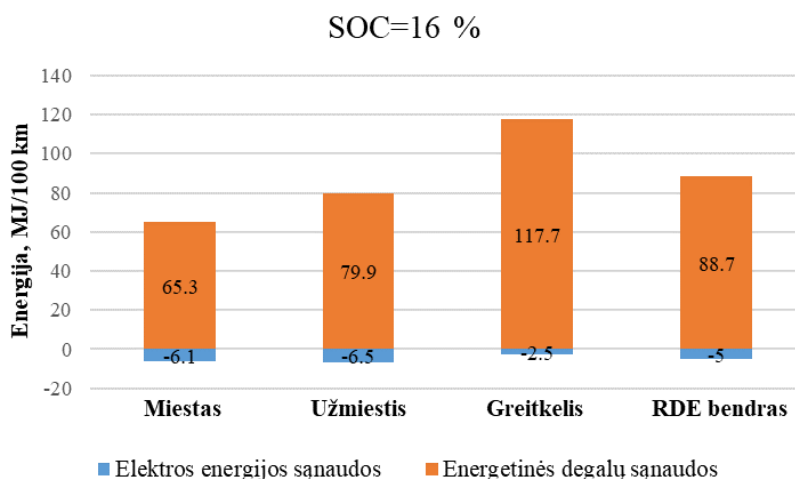
Baterijų įkrovimo lygis (angl. State Of Charge – SOC) yra įvardijamas kaip pagrindinis faktorius, turintis įtakos degalų sąnaudoms ir išmetamųjų teršalų emisijai. Atliktuose eksperimentiniuose bandymuose nustatyta, kad kai baterijos įkrovimo lygis yra mažesnis nei 50 %, degalų sąnaudos, CO ir NO_x emisijos padidėjo atitinkamai 57 %, 27 % ir 56 %. Tačiau jei baterijos įkrovimo lygis yra bent 70 %, fiksuotas degalų sąnaudų sumažėjimas iki 40 %, o CO ir NO_x sumažėjo atitinkamai 34 % ir 61 % (Duarte ir kt. 2014).

Siekiant įvertinti kiek važiavimui reikalingos energijos yra sunaudojama iš EV ir VDV, degalų sąnaudos yra išreikštos MJ/100 km. Eksperimentinių bandymų, atliktų skirtingais režimais, elektros energijos ir energetinių degalų sąnaudų pokyčio priklausomybė nuo SOC yra pavaizduota 2 pav. ir 3 pav.



2 pav. Elektros energijos ir energetinių degalų sąnaudų pokičio priklausomybė (SOC=81 %)
 Šaltinis: (Prati ir kt., 2021)

Pastebima tendencija, kad kai pradinis baterijos įkrovimo lygis buvo 81 %, važiuojant mieste yra naudojamas tik EV. Sunaudojama energija iš akumuliatorių baterijų siekė ~33 MJ/100 km. Važiuojant užmiestio vietovėse VDV veikė pakankamai trumpą laiką, energijos sąnaudos buvo ~10 MJ/100 km. Greitkelyje degalų energetinės sąnaudos nustatytos ženkliai didesnės nei elektros energijos sąnaudos (atitinkamai 151 MJ/100 km ir 2 MJ/100 km). Kai akumuliatorių baterija yra beveik iškrauta (SOC = 16 %), RDE testo važiuojant reikalinga energija buvo daugiausiai naudojama iš vidaus degimo variklio. Veikiant VDV susidaro energijos perteklius, kuris yra panaudojamas įkrauti akumuliatorių baterijas (Prati ir kt. 2021) .



3 pav. Elektros energijos ir energetinių degalų sąnaudų pokičio priklausomybė (SOC=16%)
 Šaltinis: (Prati ir kt., 2021)

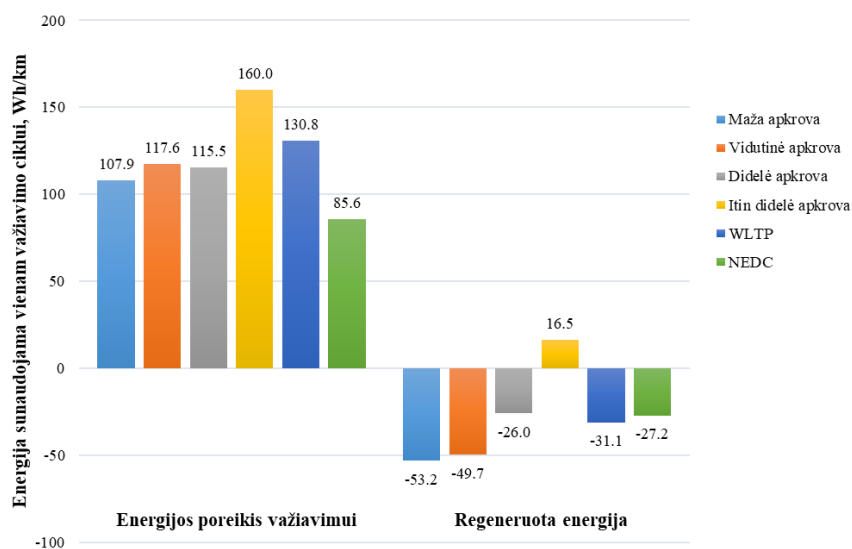
Energijos valdymo sistema yra atsakinga už VDV paleidimą ir išjungimą. Tai priklauso nuo apkrovos ir akumuliatorių baterijos įkrovimo lygio. Aukštos įtampos akumuliatorių baterijos paprastai įkraunamos, kai SOC yra ~45–70% (Yang ir kt., 2019). Panašias tendencijas pateikia Frey ir kt. Taip pat nurodoma, kad NO_x emisija ypač priklauso nuo baterijų įkrovimo lygio. Kai SOC yra didelis, NO_x emisija sumažėja apie 42 % (Frey ir kt., 2020).

3. Teršalų emisijų vertinimo metodai

Siekiant tiksliau įvertinti transporto priemonių išmetamų deginių emisiją nuo 1992 m. buvo taikoma patvirtinta NEDC tyrimo metodika. Tačiau norint sumažinti pakankamai ženklų atotrūkį nuo realių automobilio eksploatacinių sąlygų, Europos Komisija nusprendė ankščiau taikytą NEDC metodiką 2017 – 2019 m. pakeisti į WLTP, kurioje yra įtrauktos specialios įvairių kategorijų hibridinių elektrinių ir elektrinių transporto priemonių bandymo nuostatos. WLTP Atlikti tyrimai pateikė ženklus hibridinių, iš tinklo įkraunamų hibridinių automobilių išmetamųjų deginių emisijų skirtumus HEV bandymams taikant NEDC ir WLTP metodikas (Cubito ir kt., 2017).

Mokslininkai eksperimentiniais bandymais palygino ne tik šių procedūrų anglies dvideginio skirtumus, tačiau ir iš tinklo įkraunamų hibridinių automobilių energijos suvartojimo skirtumus. Nustatyta, kad elektrinio režimo veikimo trukmė, nustatyta pagal WLTP, buvo žymiai mažesnė nei NEDC. Tačiau degalų sąnaudos, esant padidėjusiam elektros energijos kiekiui baterijose ir taikant WLTP procedūrą, dažnai buvo mažesnės nei NEDC (Pavlovic ir kt., 2017). Procedūrų skirtumus taip pat pastebi Cubito ir kt., pateikdami įprastinio hibridinio automobilio CO₂ pokytį, eksperimentiniuose bandymuose naudodami automobilių traukos stendą. Anglies dioksido emisija buvo matuojama šalto variklio paleidimo metu prie skirtingų akumuliatorių baterijų įkrovimo lygių (70 % ir 30 %). CO₂ koncentracija taikant WLTP procedūrą padidėjo ~30 % lyginant su NEDC.

Energijos poreikis važiavimui ir regeneruotos energijos kiekis vienam važiavimo ciklui keičiant variklio apkrovą taip pat skiriasi taikant WLTP ir NEDC procedūras (4 pav.).



4 pav. Energijos poreikis važiavimui ir regeneruotos energijos kiekis vienam važiavimo ciklui prie skirtingų variklio apkrovų
Šaltinis: (Cubito ir kt., 2017)

Esant mažai variklio apkrovai sunaudojama energija vienam važiavimo ciklui yra 107,9 Wh/km (prie itin didelės apkrovos padidėjo ~48 %), o didinant variklio apkrovą – visuose režimuose sumažėja iš regeneracijos sukauptos energijos dalis. Eksperimentiniai bandymai buvo atliekami naudojant skirtingas tyrimų metodikas. WLTP procedūros energijos poreikis važiavimui yra net ~53 % didesnis lyginant su NEDC.

Išvados

Apžvelgus literatūros šaltinius, nagrinėjančius hibridinių automobilių ekologinių ir energetinių rodiklių pokytį, taikant skirtingas tyrimų metodikas, galima daryti tokias išvadas:

1. Hibridinių automobilių VDV veikiantys Atkinsono ciklo naudoja vožtuvų fazių valdymo technologiją, kuri didina variklio energetinį efektyvumą ir degalų sąnaudas sumažina iki 30 %. Papildomos sistemos su elektroniškai valdomu pakaitinimo elementu katalizatoriuje pritaikymas HC ir NO_x emisijas sumažina nuo ~40 % iki 50 %.

2. Lyginant bandymų traukos stende ir RDE tyrimų rezultatus stebimas ženklus skirtumas išmetamųjų teršalų emisijose. Atlikus tyrimus traukos stende ir palyginus hibridinį automobilį (šaltojo variklio paleidimo metu) su įprastiniu automobiliu, vidutinė NO_x, HC, CO emisija ir KD skaičius padidėjo atitinkamai ~2 kartus, ~6,4 karto, ~22 % ir ~17,9 karto. RDE emisijų rezultatai rodo, kad NO_x ir HC sumažėja 5 % ir 39 %, o CO ir KD emisija padidėjo 13 % ir 5 kartus.

3. Baterijų įkrovimo lygis yra įvardijamas pagrindiniu faktoriumi, kuris lemia degalų sąnaudas ir išmetamųjų teršalų emisijas hibridiniuose automobiliuose. Eksperimentiniuose bandymuose nustatyta, kad degalų sąnaudos, CO ir NO_x emisijos padidėjo atitinkamai 57 %, 27 % ir 56 %, kai baterijos įkrovimo lygis yra mažesnis 50 %. Tačiau jei baterijos įkrovimo lygis yra bent 70 %, nustatytas degalų sąnaudų sumažėjimas iki 40 %, o CO ir NO_x emisijos atitinkamai sumažėjo 34 % ir 61 %.

4. Eksperimentinių bandymų metu nustatyta, kad prie skirtingų akumuliatorių baterijų įkrovimo lygių (šalto variklio paleidimo metu) HEV CO₂ emisija ir energijos poreikis važiavimui, taikant WLTP procedūrą, palyginus su NEDC, padidėjo atitinkamai ~30 % ir ~53 %, regeneruotos energijos kiekio skirtumas vienam

važiavimo ciklui ~14 %. Siekiant sumažinti pakankamai ženklų atotrūkį tarp WLTP ir NEDC ir pasiekti rezultatus artimus realiai automobilio eksploatacijai, Europos Komisija 2017 – 2019 m. laikotarpyje pakeitė anksčiau taikytą NEDC į WLTP ir papildomai atliekamas RDE testavimas.

Literatūra

1. Bagheri, S., Huang, Y., Walker, P. D., Zhou, J. L. & Surawski, N. C. *Strategies for improving the emission performance of hybrid electric vehicles*. Sci. Total Environ. 771, 144901 (2021).
2. Cubito, C. et al. *Impact of Different Driving Cycles and Operating Conditions on CO₂ Emissions and Energy Management Strategies of a Euro-6 Hybrid Electric Vehicle*. Energies 10, 1590 (2017).
3. Duarte, G. O., Varella, R. A., Gonçalves, G. A. & Farias, T. L. *Effect of battery state of charge on fuel use and pollutant emissions of a full hybrid electric light duty vehicle*. J. Power Sources 246, 377–386 (2014).
4. European Commission. Directorate General for Mobility and Transport. *EU transport in figures: statistical pocketbook 2017*. (Publications Office, 2017).
5. European Environment Agency 2020. *Transport*. [interaktyvus] [žiūrėta 2021 m. spalio 26 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/themes/transport/intro>.
6. European Union 2020. *2050 long-term strategy*. [interaktyvus] [žiūrėta 2021 m. spalio 27 d.]. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en.
7. Frey, H. C., Zheng, X. & Hu, J. *Variability in Measured Real-World Operational Energy Use and Emission Rates of a Plug-In Hybrid Electric Vehicle*. Energies 13, 1140 (2020).
8. Huang, Y. et al. *Re-evaluating effectiveness of vehicle emission control programmes targeting high-emitters*. Nat. Sustain. 3, 904–907 (2020).
9. International Energy Agency 2021. *Greenhouse Gas Emissions from Energy: Overview*. [interaktyvus] [žiūrėta 2021 m. lapkričio 3 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-from-fuel-combustion-overview>.
10. Laurell, M., Pace, L., Ekström, F. & Konieczny, K. *Strive for Zero Emissions Impact from Hybrids*. in 2019-24–0146 (2019). doi:10.4271/2019-24-0146.
11. Pavlovic, J., Tansini, A., Fontaras, G., Ciuffo, B., Garcia Otura, M., Trentadue, G., Suarez Bertoa, R., Millo, F., 2017. *The Impact of WLTP on the Official Fuel Consumption and Electric Range of Plug-in Hybrid Electric Vehicles in Europe*. Presented at the 13th International Conference on Engines & Vehicles, pp. 2017-24–0133. <https://doi.org/10.4271/2017-24-0133>
12. Prati, M.V., Costagliola, M.A., Giuzio, R., Corsetti, C., Beatrice, C., 2021. *Emissions and energy consumption of a plug-in hybrid passenger car in Real Driving Emission (RDE) test*. Transportation Engineering 4, 100069. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2021.100069>
13. Rahman, I., Vasant, P. M., Singh, B. S. M., Abdullah-Al-Wadud, M. & Adnan, N. *Review of recent trends in optimization techniques for plug-in hybrid, and electric vehicle charging infrastructures*. Renew. Sustain. Energy Rev. 58, 1039–1047 (2016).
14. Takahashi, D., Nakata, K., Yoshihara, Y., Ohta, Y. & Nishiura, H. *Combustion Development to Achieve Engine Thermal Efficiency of 40% for Hybrid Vehicles*. in 2015-01–1254 (2015). doi:10.4271/2015-01-1254.
15. Un-Noor, F., Padmanaban, S., Mihet-Popa, L., Mollah, M. & Hossain, E. *A Comprehensive Study of Key Electric Vehicle (EV) Components, Technologies, Challenges, Impacts, and Future Direction of Development*. Energies 10, 1217 (2017).
16. Varella, R. A., Gonçalves, G., Duarte, G. & Farias, T. *Cold-Running NO_x Emissions Comparison between Conventional and Hybrid Powertrain Configurations Using Real World Driving Data*. in 2016-01–1010 (2016). doi:10.4271/2016-01-1010.
17. Yang, Z. et al. *Real driving particle number (PN) emissions from China-6 compliant PFI and GDI hybrid electrical vehicles*. Atmos. Environ. 199, 70–79 (2019).

ANALYSIS OF CHANGES IN ECOLOGICAL AND ENERGETIC INDICATORS OF HYBRID VEHICLES USING DIFFERENT TESTING METHODS

Summary

Chassis dynamometer test and Real Driving Emission (RDE) methods are commonly used to evaluate the change in car emissions. During the cold start event, the average number of nitrogen oxides (NO_x), hydrocarbons (HC), carbon monoxide (CO) and particulate matter (PN) in hybrid and conventional vehicles is kindly different. Hybrid vehicles with Atkinson cycle engines typically use a Variable Valve Timing (VVT) control system that reduces fuel consumption up to 30%. The thermal efficiency of the engine can be increased up to 40%, but it is necessary to reduce heat loss through the cooling system and avoid engine knocking. The electric vehicle (EV) mode operates at low loads, the traction is generated only by the electric motor and the internal combustion engine (ICE) is off to avoid an inefficient area. Emissions from hybrid vehicles depend on the battery charge level. When batteries are fully charged, fuel consumption, CO and NO_x

emissions are reduced, while increases significantly when discharged. The analysis shows that CO₂ emissions during cold start in the New European Driving Cycle (NEDC) and the Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure (WLTP) differs up to 30% and the energy required for traction - up to 50%.

Key words: hybrid vehicles, emissions, CO₂, Atkinson cycle, NEDC, WLTP

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Tadas Vipartas.

Mokslų laipsnis ir vardas: magistras, lektorius.

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Hibridiniai automobiliai, elektromobiliai, alternatyvioji energetika, ekologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: t.vipartas@vtdko.lt, tadas.vipartas@vilniustech.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

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

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

Telefonas ir el. pašto adresas: a.rimkus@vtdko.lt, alfredas.rimkus@vilniustech.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Saulius Stravinskas.

Mokslų laipsnis ir vardas: magistras, lektorius.

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

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

Telefonas ir el. pašto adresas: s.stravinskas@vtdko.lt, saulius.stravinskas@vilniustech.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Petras Kaikaris.

Mokslų laipsnis ir vardas: magistras, lektorius.

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: p.kaikaris@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Aurelijus Pitrenas.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Elektros ir elektronikos inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, elektromobiliai, hibridiniai automobiliai, elektros pavaros.

Telefonas ir el. pašto adresas: a.pitrenas@vtdko.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Tadas Vipartas.

Science degree and name: master, lecturer.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport Engineering department lecturer. VILNIUS TECH, Transport Engineering Faculty Automobile Engineering department lecturer.

Author's research interests: Hybrid electric vehicles, electric vehicles, alternative energy, ecology.

Telephone and e-mail address: t.vipartas@vtdko.lt, tadas.vipartas@vilniustech.lt

Author name, surname: Alfredas Rimkus.

Science degree and name: associate professor.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport Engineering department associated professor. VILNIUS TECH, Transport Engineering Faculty Automobile Engineering department associated professor.

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

Telephone and e-mail address: a.rimkus@vtdko.lt, alfredas.rimkus@vilniustech.lt

Author name, surname: Saulius Stravinskas.

Science degree and name: master, lecturer.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport Engineering department lecturer. VILNIUS TECH, Transport Engineering Faculty Automobile Engineering department lecturer.

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

Telephone and e-mail address: s.stravinskas@vtdko.lt, saulius.stravinskas@vilniustech.lt

Author name, surname: Petras Kaikaris.

Science degree and name: master, lecturer.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport Engineering department lecturer.

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

Telephone and e-mail address: p.kaikaris@vtdko.lt

Author name, surname: Aurelijus Pitrenas.

Science degree and name: PhD.

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

Author's research interests: Transport ecology, electric cars, hybrid electric vehicles, electric drives.

Telephone and e-mail address: a.pitrenas@vtdko.lt

ROTORINĖS SISTEMOS SU SEGMENTINIAIS SLYDIMO GUOLIAIS DIAGNOSTIKA TAIKANT ROTORIAUS AŠIES SUKIMOSI ORBITAS

Audrius Čereška

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos fakultetas

Santrauka

Siekiant didelio standumo, tikslaus sukimosi ir efektyvaus virpesių slopinimo greitai ir tiksliai besisukantys rotoriai dažniausiai montuojami mechanizmuose su segmentiniais slydimo guoliais. Viena šio tipo guolių problema yra tepalo plėvelės sluoksnio nestabilumas. Tepalo plėvelės nestabilumas, pasireiškia tepalo sukuriams ir plakimu. Nustačius segmentinių slydimo guolių sukimosi dažnius, kuriose vyksta tepalo sukuriams ir plakimas, galima valdyti rotoriaus sukimosi nestabilumo problemas. Straipsnyje pateikti rotorinės sistemos: rotorius-tepalas-segmentiniai slydimo guoliai, tyrimai. Tyrimai atlikti siekiant įvertinti rotoriaus sistemos dinaminę elgseną esant tepalo sukuriams ir plakimui. Rotoriaus sukimosi dažnis buvo keičiamas nuo 0 iki 4500 aps/min. Eksperimentiniams tyrimams naudotas specialus stendas su diagnostine įranga. Atlikus eksperimentinius tyrimus nustatyti rotorinės sistemos nestabilaus sukimosi dažniai. Eksperimentų rezultatai patvirtino, kad tepalo sukuriams ir plakimams galima nustatyti taikant rotoriaus sukimosi ašies orbitas.

Reikšminiai žodžiai: rotoriaus sistema, segmentinis slydimo guolis, sukimosi dažnis, tepalas, orbitos.

Įvadas

Slydimo guoliai, naudojami įvairiose technologinėse mašinose, turbogeneratoriuose, turbokompresoriuose, garo turbinose, siurbliuose, šlifavimo staklėse, dujų generatoriuose, turbinose, ventiliatoriuose, laivuose ir daugelyje kitų mechanizmų, tačiau sistemoms su slydimo guoliais skirtos diagnostikos ir analizės metodams skirta žymiai mažiau tyrimų nei mechanizmams su riedėjimo guoliais [1-4]. Taip yra dėl daugelio priežasčių. Viena iš priežasčių yra tai, kad sunku taikyti vibrodiagnostikos metodus, nes slydimo guoliai turi mažą vibracinį aktyvumą [5]. Reikia tirti nereikšmingus guolių vibrodiagnostinius signalus, kuriuos sunku aptikti bendrame trikdžių fone [6, 7].

Rotoriai, kurių atramos yra slydimo guoliai pasižymi nestabiliu darbu [8], kuris savo prigimtimi skiriasi nuo nestabilaus riedėjimo guolių darbo režimų. Jei nestabilumas pasireiškia, kai rotorius dirba kritinio-sukimosi greičiu, mehanizmo gedimas yra neišvengiamas. Toks gedimas yra staigus, netikėtas ir pražūtingas [9,10].

Esminis skirtumas pastebimas tarp rotoriaus virpesių, kuriuos sukelia nestabilūs slydimo guoliai, ir tarp kitų sužadintų rotoriaus virpesių, pvz., rotoriaus disbalanso, temperatūrų, tepalo plėvelės standumo ir kt. [11-15].

Slydimo guoliuose tepalo virpesiai pasireiškia spontaniškais skersiniais rotoriaus virpesiais. Šie virpesiai būna dėl tepalo, plakimo ir sukurių [16].

Rotorinės sistemos „rotorius – tepalas – guoliai“ tepalo parametrai apibrėžti rotorinės sistemos darbo stabilumo ruožais, išreikštais rotoriaus sukimosi dažniu. Pasiekus tam tikrus rotoriaus sukimosi dažnius, prasideda spontaniški skersiniai rotoriaus subsinkroninio dažnio virpesiai, dėl kurių atsiranda turbulencija tepalo guolių tarpuose [17-19]. Nestabilumas tiesiogiai susijęs su dinaminėmis jėgomis ir sukuriams [20-22]. Tepalo sukuriams būdingas nestabilumas, ir tai didina dinamines jėgas [23-25], o pastarosios didina sukuriams. Rotorius tampa nestabilus, kai tepalo sluoksnio storis nepastovus arba sukurių dažnis sutampa su rotoriaus virpesių dažniu. Šio reiškinio rezultatas – sužadinti skersiniai pastovaus dažnio rotoriaus virpesiai. Kai skersinių rotoriaus virpesių amplitudė pasiekia nepriimtinais didesnes reikšmes, pažeidžiami guoliai ir sandarikliai [26]. Stabilumą galima pasiekti keičiant slydimo guolio konstrukciją, naudojant slopinimo elementus [27-30].

Siekiant padidinti slydimo guolių standumą ir rotoriaus sukimosi stabilumą platesniame rotoriaus sukimosi dažnių ruože, naudojami elipsiniai, segmentiniai ir kt. guoliai [31, 32]. Segmentinių slydimo guolių geri darbo rezultatai, tačiau šiuose guoliuose nepakankamas virpesių slopinimas ir rotoriaus sukimosi stabilumas, nes netolygiai pasiskirsto apkrovos tarp trinkelėlių [33-35]. Naudojant elastinius elementus segmentiniuose slydimo guoliuose [36] galima pakeisti apkrovų pasiskirstymą tarp segmentų, užtikrinant vienodą hidrodinaminės plėvelės storį ir taip pagerinti rotoriaus sukimosi stabilumą platesniame sukimosi dažnių ruože.

Rotorinių sistemų būklės diagnostikai yra taikoma daug metodikų ir duomenų formatų, tačiau dažnai pakanka ir vieno duomenų formato [21, 37, 38].

Tyrimo objektas – rotorinė sistema su segmentiniais slydimo guoliais.

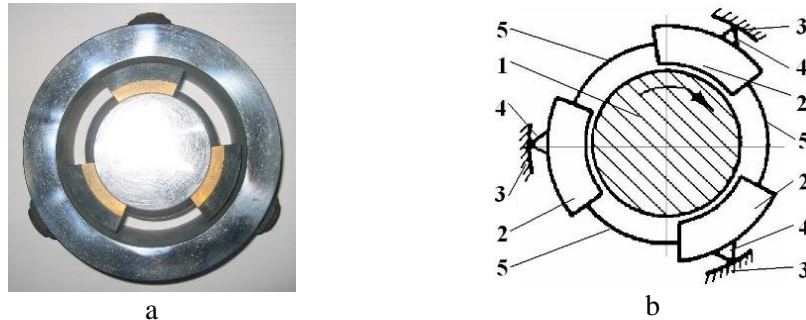
Tyrimo tikslas – nustatyti rotorinės sistemos su segmentiniais slydimo guoliais kritinius rotoriaus sukimosi dažnius taikant rotoriaus sukimosi ašies orbitas.

Uždaviniai:

1. Atlikti eksperimentinius tyrimus;
2. Atlikti gautų rezultatų analizę ir surašyti išvadas.

Tyrimo objektas

Tiriamas segmentinis slydimo guolis pateiktas 1 pav.



1 pav. Segmentinis slydimo guolis su elastiniais elementais, jungiančiais segmentus: a – nuotrauka; b – principinė schema; 1 – rotorius, 2 – segmentai, 3 – korpusas, 4 – sferinė atrama, 5 – elastiniai elementai, jungiantys segmentus

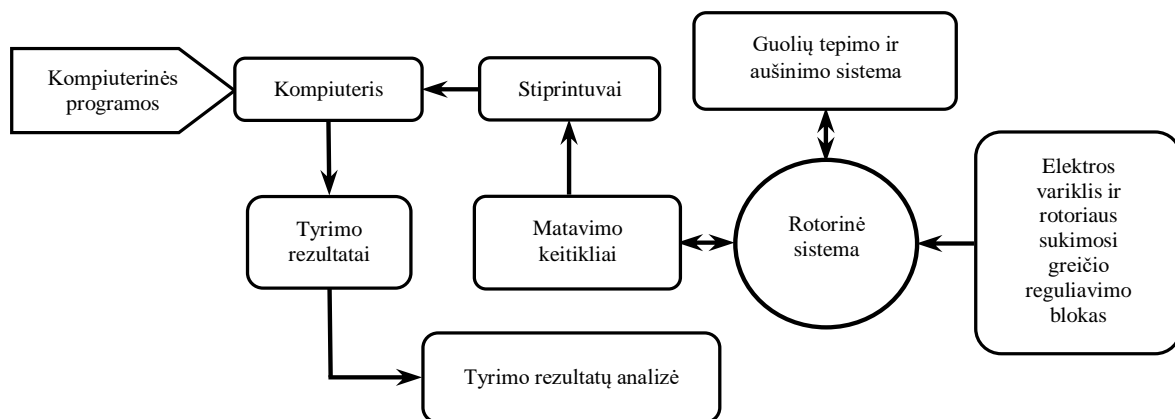
Šių guolių ypatybė yra tai, kad jų segmentai sujungi tampriais elementais, turinčiais identišką šilumos laidumą, jie pritvirtinti prie segmentų. Tamprieji elementai veikia kaip slopintuvai ir tamprūs prisitaikantys reguliatoriai.

Radialinis tarpelis tarp rotoriaus ir segmentų, standumas ir amortizacinė galia valdomi keičiant hidrostatinį slėgį. Atsiradus virpesiams, guolio segmentų standumas ir slopinimo geba keičiasi atskirai kiekvienam segmentui ir todėl guolis prisitaiko prie besikeičiančių sąlygų. Naudojant segmentiniuose slydimo guoliuose tamprius elementus, galima užtikrinti adaptyvias segmentinių guolių funkcijas, kurios yra gamybos įrangos adaptyvaus valdymo pagrindas. Šios valdymo sistemų savybės leidžia slopinti virpesius ir užtikrina tikslų rotoriaus sukimąsi. Tokių guolių standumo ir slopinimo charakteristikos gali būti parenkamos atsižvelgiant į esamas sąlygas.

Eksperimentinė įranga ir tyrimo metodika

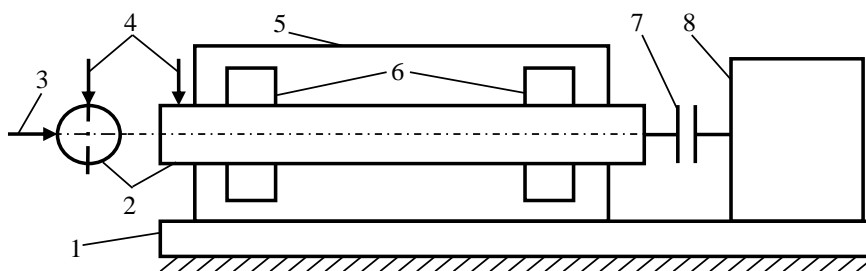
Tyrimo sistemas sudaro: rotoriaus sistema su segmentiniais slydimo guoliais; guolių tepimo ir šaldymo sistema; matavimų keitikliai; stiprintuvai; kompiuteris; kompiuterinės programos.

Pagrindinė tyrimo sistemos struktūra pateikta 2 pav.



2 pav. Pagrindinės tyrimo sistemos schema

Eksperimentinio stendo principinė schema pateikta 3 pav.

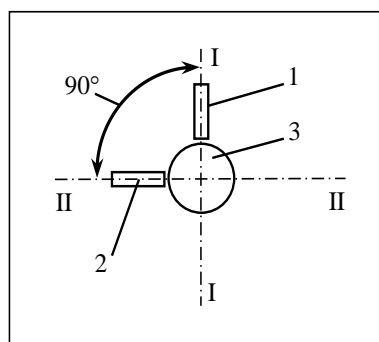


3 pav. Eksperimentinio stendo prinipinė schema: 1 - pagrindas; 2 - rotorius 3 - horizontalus bekontaktis indukcinis matavimo keitiklis; 4 - vertikalus bekontaktis indukcinis matavimo keitiklis; 5 - korpusas; 6 – segmentiniai slydimo guoliai; 7 - mova; 8 - elektros variklis

Eksperimentinio stendo nuotrauka, pateikta 4 a pav. Matuojant virpesius tarp keitiklių turi būti 90 laipsnių kampas. Pagrindinė matavimo keitiklių išdėstymo schema pateikta 4 b pav.



a



b

4 pav. Eksperimentinis stendas: a - nuotrauka, b - pagrindinė matavimo keitiklių išdėstymo schema: I-I – vertikali padėtis; II-II – horizontali padėtis; 1 – vertikalus bekontaktis indukcinis matavimo keitiklis; 2 – horizontalus bekontaktis indukcinis matavimo keitiklis; 3 – rotorius

Prieš atliekant tyrimus buvo atlikti parengiamieji reguliavimo ir koordinavimo bei kalibravimo darbai.

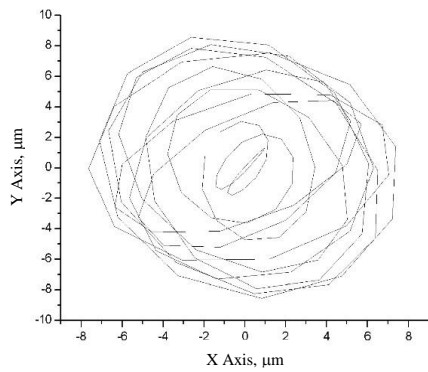
Tyrimo metodika: ant korpuso tvirtinami matavimo keitikliai; įjungiamą tepimo sistema, kuri tepa segmentinių slydimo guolių kameras; įjungiamas elektros variklis ir nustatomas rotoriaus sukimosi dažnis; įjungiami matavimo stiprintuvai; įjungiamas kompiuteris; matavimo rezultatai surašomi į duomenų failus; rezultatai analizuojami.

Buvo nustatytas 50 μm tarpelis tarp rotoriaus ir segmentinių slydimo guolių. Eksperimento metu rotoriaus sukimosi dažnis buvo nuo 0 iki 4500 aps/min.

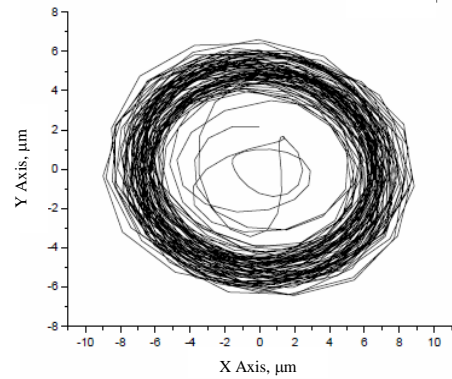
Rezultatai jų analizė ir diskusijos

Tyrimui taikytos rotoriaus sukimosi ašies sukimosi orbitos. Rotoriaus sukimosi ašies orbitos, priklausomai nuo rotoriaus sukimosi dažnio, pateiktos 5 a, 5 b, 5 c, 5 d, 5 e paveiksluose.

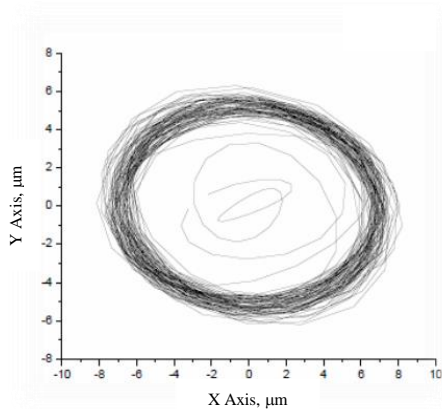
Kai rotoriaus sukimosi dažnis 2000 aps/min (5 a pav.) rotoriaus ašies sukimosi orbitos forma netaisyklinga, nestabili ir chaotiška. Esant rotoriaus sukimosi dažniui 2500 aps/min (5 b pav.) rotoriaus sukimosi ašies orbita taisyklingesnės formos ir stabilesnė ir kai rotoriaus sukimosi dažnis 3000 aps/min (5 c pav.), orbitos žiedas stabilizuojasi ir pasidaro tankesnis nors forma ir nepagerėja. Rotoriui sukantis 3500 aps/min (5 d pav.) dažniu orbitos forma ir žiedo vijų išsibarstymas didėja. Pasiėkus 4000 aps/min (5 e pav.) rotoriaus sukimosi dažnį orbitos forma stabilizuojasi, nes artėja prie idealios apskritimo formos ir mažėja orbitos žiedo storis.



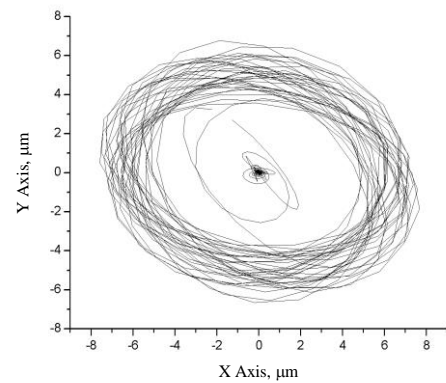
a



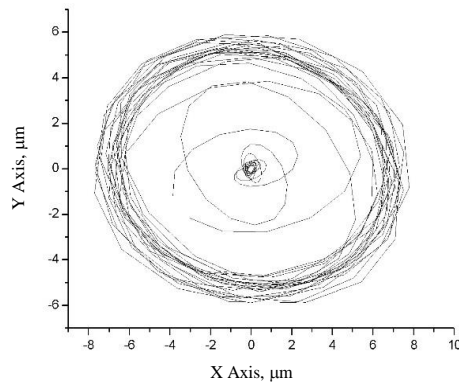
b



c



d



e

5 pav. Rotoriaus sukimosi orbitos, kai rotoriaus sukimosi dažniai:

a - 2000 aps/min, b - 2500 aps/min, c - 3000 aps/min, d - 3500 aps/min, e - 4000 aps/min

Idealus atvejis būtų, jei rotoriaus ašis suktusi viename taške, tačiau praktiškai tai sudėtinga pasiekti dėl įvairių išorinių veiksnių, todėl siekiama, kad rotoriaus ašies orbitos forma maksimaliai priartėtų bent prie idealios apskritimo formos.

Išvados

Atlikus eksperimentinius rotorinės sistemos diagnostinius matavimus nustatyta, kad pagal rotoriaus sukimosi ašies orbitas galima nustatyti kritinius rotoriaus sukimosi dažnius. Kritiniai sukimosi dažniai reiškia, kad rotorius sukasi nestabiliai.

Tiriamai rotorinei sistemai dirbant ribose nuo 0 iki 4500 aps/min, nustatyti kritiniai rotoriaus sukimosi dažniai.

Pagal rotoriaus ašies sukimosi orbitų formas matoma, kad kritinis rotoriaus sukimosi dažnis yra ribose nuo 2000-2500 aps/min, taip pat kritinis rotoriaus sukimosi dažnis 3500 aps/min.

Siekiant išvengti nestabilaus rotorinės sistemos darbo rekomenduojama, vengti minėtų rotoriaus sukimosi dažnių.

Nustačius segmentinių slydimo guolių sukimosi dažnius, kuriuose vyksta tepalo sūkuriai ir plakimas, galima valdyti rotoriaus sukimosi nestabilumo problemas.

Literatūra

1. Allmaier, H.; Priestner, C.; Six, C.; Priebisch, H. H.; Forstner, C.; Novotny-Farkas, F. Predicting friction reliably and accurately in journal bearings—a systematic validation of simulation results with experimental measurements. *Tribology International* 2011, 44(10), 1151-1160, DOI:10.1016/j.triboint.2011.05.010.
2. Barzdaitis, V.; Gečys, S.; Šeštakauskas, D.; Gargasas, A. Investigation of vibration of turbogenerator. *Mechanika* 2002, 7(42), 50-54.
3. Dimond, T.; Younan, A.; Allaire, P. A review of tilting pad bearing theory. *International Journal of Rotating Machinery*, 2011, 2011, 908469, 23, DOI:10.1155/2011/908469.
4. Arenas, J. P. Enhancing the Vibration Signal from Rolling Contact Bearing Using an Adaptive Closed-Loop Feedback Control for Wavelet De-Noising. *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering* 2005, 51(4), 184-192.
5. Liu S.; Xiao Z.; Yan Z.; Chen, Z. Vibration characteristics of rotor system with tilting-pad journal bearing of elastic and damped pivots. *Journal of Central South University* 2015, 22(1), 134-140, DOI:10.1007/s11771-015-2503-0.
6. Bently, D. E. Rotating Machinery Measurements 101. *Orbit* 1994, 15(2), 4-6.
7. San, A. L.; Koo, B.; Hemmi, M. A Flow Starvation Model for Tilting-Pad Journal Bearings and Evaluation of Frequency Response Functions: A Contribution Toward Understanding the Onset of Low Frequency Shaft Motions *Journal of Engineering for Gas Turbines and Powder-Transaction of the ASME* 2018, 140(5), 052506, DOI:10.1115/1.4038043.
8. Ondrouch, J.; Ferfecki, P.; Poruba, Z. **Active vibration reduction of rigid rotor by kinematic excitation of bushes of journal bearings.** *Metalurgija* 2010, 49(2), 107-110.
9. Tejas, H. P.; Darpe, A. K. Vibration response of a cracked rotor in presence of rotor–stator rub. *Journal of Sound and Vibration* 2008, 317(3-5), 841-865, DOI:10.1016/j.jsv.2008.03.032.
10. Barzdaitis, V.; Bogdevicius, M. The Dynamic Behavior of a Turbine Rotating System. *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering* 2006, 52(10), 653-661.
11. Ryu, K.; Ashton, Z. Bump-Type Foil Bearings and Flexure Pivot Tilting-Pad Bearings for Oil-Free Automotive Turbochargers: Highlights in Rotordynamic Performance. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Powder-Transaction of the ASME* 2016, 138(4), 042501, DOI:10.1115/1.4031440.
12. Tong, X.; Palazzolo, A. Measurement and Prediction of the Journal Circumferential Temperature Distribution for the Rotordynamic Morton Effect. *Journal of Tribology Transaction of the ASME* 2018, 140(3), 031702, DOI:10.1115/1.4038104.
13. Galvao, M. M.; Menon, G. J.; Schwarz, V. A. Numerical study of the influence of the pivot position on the steady-state behavior of tilting-pad thrust bearings *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* 2017, 39(8), 3165-3180, DOI:10.1007/s40430-017-0805-x.
14. Hagemann, T.; Zeh, C.; Proelss, M.; Schwarze, H. The Impact of Convective Fluid Inertia Forces on Operation of Tilting-Pad Journal Bearings *International Journal OF Rotating Machinery* 2017, 5683763, DOI:10.1155/2017/5683763.
15. Wang, L.; Fu, Y.; Pei, S.; Xu, H. Theoretical and Experimental Study on the Axial Oil Film Stiffness of Tilting-Pad Thrust Bearings *Tribology transactions* 2017, 60(3), 419-427, DOI:10.1080/10402004.2016.1176284.
16. Ding, A.; Ren, X.; Li, X.; Gu, C. Numerical Investigation of Turbulence Models for a Superlaminar Journal Bearing *Advances in tribology* 2018, 2841303, DOI:10.1155/2018/2841303.
17. Chasalevris, A.; Sfyris, D. Evaluation of the finite journal bearing characteristics, using the exact analytical solution of the Reynolds equation. *Tribology International* 2013, 57, 216-234, DOI:10.1016/j.triboint.2012.08.011.

18. Liu, H.; Xu, H.; Ellison, P. J.; Jin, Z. Application of computational fluid dynamics and fluid-structure interaction method to the lubrication study of a rotor-bearing system. *Tribology Letters* 2010, 38(3), 325-336, DOI:10.1007/s11249-010-9612-6.
19. Vignolo, G. G.; Barila, D. O.; Quinzani, L. M. Approximate analytical solution to Reynolds equation for finite length journal bearings. *Tribology International* 2011, 44(10), 1089-1099, DOI:10.1016/j.triboint.2011.03.020.
20. Muszynska, A.; Bently, D. E. Fluid-induced instabilities of rotors: Whirl and whip – summary of results. *Orbit* 1996, 17(1), 7-15.
21. Muszynska, A. Alford and the destabilizing forces that lead to fluid whirl/whip. *Orbit* 1998, 19(3), 29-31.
22. Muszynska, A.; Hatch, C. T. Oil whip of a rotor supported in a poorly lubricated bearing. *Orbit* 1998, 19(3), 4-8.
23. Wang, WM.; Liu, BB.; Zhang, Y.; Shao, X.; Allaire, P. E. Theoretical and experimental study on the static and dynamic characteristics of tilting-pad thrust bearing. *Tribology International* 2018, 123 26-36, DOI:10.1016/j.triboint.2018.02.019.
24. Shen, J.; Xiong, X.; Li, G.; Wang, X.; Hua, Z.; Nie, Z. Experimental Analysis of Dynamic Oil Film Pressure of Tilting-Pad Journal Bearings *Tribology Letters* 2016, 63(3), 36, DOI:10.1007/s11249-016-0723-6.
25. Grigor'ev, B. S.; Fedorov, A. E. A New Improved Method for Calculating Dynamic Coefficients of Fluid Film Bearings *Journal of Machinery Manufacture and Reliability* 2016, 45(1), 59-64, DOI:10.3103/S1052618816010052.
26. Muszynska, A. Vibrational diagnostics of rotating machinery malfunctions. *International Journal of Rotating Machinery* 1995, 1(3-4), 237-266.
27. Marcinkevičius, A. H. Automatic regulation of clearance in a tilting pad journal bearing. *Mechanika* 2012, 18(2), 5-9, DOI:0.5755/j01.mech.18.2.1567.
28. Marcinkevičius, A. H.; Jurevičius, M. Automatic Control of Loading Forces in a Tilting Pad Journal Bearing. *Hindawi Publishing Corporation Advances in Mechanical Engineering* 2014, 590695, DOI:10.1155/2014/590695.
29. Meruane, V.; Pascual, R. Identification of nonlinear dynamic coefficients in plain journal bearings. *Tribology International* 2008, 41(8), 743–754, DOI:10.1016/j.triboint.2008.01.002.
30. Rodriguez, L. E.; Childs, D. W. Frequency dependency of measured and predicted rotordynamic coefficients for a load-on-pad flexible-pivot tilting-pad bearing. *Journal of Tribology* 2006, 128(2), 388-395, DOI:10.1115/1.2162552.
31. Carbonara, D.; Duarte, Jr.; Bittencourt, M. L. Comparison of journal orbits under hydrodynamic lubrication regime for traditional and Newton-Euler loads in combustion engines. *Latin American Journal of Solids and Structures* 2009, 6(1), 13-33.
32. Strzelecki, S.; Kuśmierz, L.; Ponieważ, G. Thermal deformation of pads in tilting 5-pad journal bearing. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability* 2008, 38(2), 12-16.
33. Hargreaves, D. J.; Fillon, M. Analysis of a tilting pad journal bearing to avoid pad fluttering. *Tribology International* 2007, 40(4), 607-612, DOI:10.1016/j.triboint.2005.11.019.
34. Kyureghyan, K.; Piekarski, W. Analysis of determining pressure distribution in crank bearing. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability* 2008, 40(4), 19-24.
35. Wang, Z.; Liu, Y.; Wang, Y.; Liu, X.; Wang, Y. Influence of squeezing and interface slippage on the performance of water-lubricated tilting-pad thrust bearing during start-up and shutdown *Lubrication Science* 2018, 30(4), 137-148, DOI:10.1002/lis.1412.
36. Gropper, D.; Harvey, T. J.; Wang, L. Numerical analysis and optimization of surface textures for a tilting pad thrust bearing. *Tribology International* 2018, 124, 134-144, DOI:10.1016/j.triboint.2018.03.034. Barzdaitis, V.; Cinikas, G. Condition monitoring data formats used in rotating machinery diagnostics. *Mechanika* 1997, 2(9), 40-48. Vasylius, M.; Didžiokas, R.; Mažeika, P.; Barzdaitis, V. The rotating system vibration and diagnostics. *Mechanika* 2008, 72(4), 54-58.

DSIGNOSTIC OF ROTOR SYSTEMS WITH SEGMENTAL SLIDING BEARINGS USING OF THE ROTOR AXIS ROTATION ORBITS

Summary

For high rigidity, precise rotation and effective vibration damping, fast and precise rotating rotors are usually mounted in mechanisms with segmental sliding bearings. One problem with this type of bearing is the instability of the oil film layer. Instability of the oil film, manifested by oil whirls and whip. By determining the rotational frequency of the segmental sliding bearings, in which the oil whirls and whip occur, the problems of rotor rotation instability can be

controlled. The article presents the research of rotor systems: rotor-oil-segmented sliding bearings. Researches have been performed to evaluate the dynamic behavior of the rotor system during oil whirls and whip. The rotor frequency was varied from 0 to 4500 rpm. A special stand with diagnostic equipment was used for the experimental researches. Experimental research have determined the unstable rotation frequencies of the rotor system. The experimental results confirmed that the oil whirls and whip can be determined by applying the orbit of the axis of rotation of the rotor.

Key words: rotor system, segmental sliding bearing, rotation frequency, oil, orbit.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Audrius, Čereška

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, profesorius

Darbo vietą ir poziciją: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto, Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros profesorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaninių statinių ir dinaminių sistemų diagnostika ir monitoringas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 606 90514, audrius.cereska@vilniustech.lt

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Audrius, Čereška

Science degree and name: doctor, professor

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanics Faculty, Mechanical and material engineering department professor

Author's research interests: diagnostics and monitoring of static and dynamic mechanical systems

Telephone and e-mail address: +370 606 90514, audrius.cereska@vilniustech.lt

LIČIO JONŲ BATERIJŲ UTILIZAVIMO TECHNOLOGIJOS

Akvilė Juciūtė

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija.

Straipsnyje pateikiama mokslinių tyrimų apžvalga, kuriuose analizuojama ličio jonų baterijų (LIB) utilizavimo procesų veikimo mechanizmai. Apžvelgiami utilizavimo metodų privalumai ir trūkumai, kurie palyginami pagal integruotą sinergetinį rodiklį. Nustatyta nuo ko priklauso LIB utilizavimo technologijų pritaikymas rinkoje.

Reikšminiai žodžiai. Ličio jonų baterija, ličio jonų baterijų perdirbimas, ličio jonų baterijų rūšiavimas.

Įvadas

Kintant planetos klimatui, griežtinami aplinkosaugos reikalavimai. Tai paskatina ekologiškesnių prekių gamybą ir didesnę jų vartojimą. Kaip tai turėtų paveikti transporto sistemą rašoma Baltojoje transporto knygoje: transporto priemonės turi tapti ekologiškesnėmis ir įprastų (dyzelinių ir benzinių) transporto priemonių gamybą turėtų sustoti iki 2050 m. Puikus to pavyzdys, padidėjęs elektromobilių kiekis keliuose. 2020-01-01 – 2021-01-01 laikotarpiu Lietuvoje M1 ir N1 klasių elektromobilių (BEV) skaičius išaugo 1,78 karto. Lietuvoje tokių transporto priemonių įsigijimui taikomos lengvatos ir finansinės skatinamosios priemonės.

Norint, kad šios transporto priemonės būtų nekenksmingos aplinkai ir po eksploatacijos pabaigos svarbu tinkamai jomis pasirūpinti, didžiausią dėmesį skiriant ličio jonų baterijų (LIB) utilizavimui. Deramai perdirbant LIB išlaikomi pagrindiniai žiedinės ekonomikos principai: pakartotinai panaudojamos dar tinkamos naudojimui baterijos, likusios perdirbamos iki pirminių žaliavų, kurios gali būti pritaikytos antrinei gamybai. Be to, svarbu pabrėžti, jog yra ribotas kiekis žaliavų LIB rinkoje, dėl to jų technologijos brangios ir perdirbimas yra siektinas.

Pagrindinis šios apžvalgos tikslas: identifikuoti pagrindinius LIB utilizavimo būdus bei juos palyginti pagal integruotą kriterijų; išsiaiškinti rinkoje labiausiai taikantiną perdirbimo metodą ir išsiaiškinti kas nulemia tokį pasirinkimą.

Pagrindiniai LIB utilizavimo metodai

Įprasta 70-80 proc. veiksmingumą dar turinčią elektromobilio bateriją nurašyti kaip nebeefektyvią. Tokia baterija gali būti perdirbama dviem būdais: patikrinus visų baterijos elementų veikimą ir efektyvumą ją dar kartą panaudoti įvairiems įrenginiams (pavyzdžiui, perdaryti į ryšio bokštų stotis, į paspirtukus, dviračius, į elektros generatorius, elektros energijos talpyklas)(Chen et al., 2019: 2622–2646; Hossain et al., 2019: 73215-73252; Martinez-laserna et al., 2018: 701-718; Neubauer and Pesaran, 2011: 10351–10358); arba išrūšiuoti ir perdirbti iki pirminių žaliavų. Kuris utilizavimo būdas efektyvesnis, galima nustatyti trumpai apžvelgus jų veikimo mechanizmą ir juos palyginus

1. LIB įvertinimas pakartotiniam panaudojimui

LIB įvertinimas gali vykti dviem būdais: (A) įvertinant atskirų baterijos celių elementų efektyvumą; (B) įvertinant viso baterijų bloko būklę. Abu šie vertinimo metodai turi savo privalumų ir trūkumų. (A) metodui reikalingos finansinės investicijos papildomam baterijos ardymui iki atskirų celių. Taip pat, tai gali būti pavojinga žmogaus sveikatai ir aplinkai dėl elektros iškvosos ar elektrolitų nuotėkio, yra įvairiausių baterijų formų ir tipų ir dėl įvairovės ardymo procesas negali būti standartizuojamas ir pilnai automatizuojamas (Giuseppe Granata et al., 2012: 393–401). Išardytų baterijų celių būklė įvertinama pagal įvairius parametrus, tokius kaip baterijos įkraunamumas, ličio sluoksnio ant elektrodo storis, elektrinė talpa ir t.t. Tačiau nėra tik vieno rodiklio, kuris nulemtų baterijos tinkamumą. Taip pat, dėl trūkstamos gamintojo informacijos apie baterijų tipus sunku nustatyti tikrąjį baterijų būvį. Įvertinus celių būklę jos išrūšiuojamos į tinkamas antriniam panaudojimui ir netinkamas(Lai et al., 2019: 776–791). Netinkamos keliauja į perdirbimą, o tinkamos surenkamos atgal į baterijų blokus ir tolimesnis jų panaudojimas priklauso nuo to, kaip jas norima pritaikyti dar kartą. (B) metodas yra paprastesnis: yra vertinama viso baterijų bloko būklė jo neardant(Lai et al., 2018: 7). Tačiau toks įvertinimas gali būti netikslus, nes nustatomos reikšmės nenusako kiekvieno elemento būklės, bet toks metodas pigesnis, nes nereikia papildomų išlaidų ardymui ir pakartotiniam surinkimui.

Baterijų panaudojimas antrą kartą naudingas, nes LIB potencialumas išnaudojamas maksimaliai, t.y. iš turimų resursų išgaunamas pilnutinis naudingumas(Lai et al., 2021: 96–123). Tačiau ne visos baterijos gali būti pakartotinai naudojamos, dėl savo senų technologijų ir amžiaus(Sathre et al., 2015: 82–91; Debnath et al., 2014: 577–587). Be to, jei LIB naudojamos per ilgą laiko tarpą, jos tampa pavojingesnės aplinkai. Svarbu suprasti, jog net ir pakartotinai panaudotos LIB galiausiai nebebus efektyvios ir vis tiek turės būti perdirbtos(Liu et al., 2019: 801–813).

Taigi trumpai apibendrinus galima išskirti pagrindines paruošimo antriniam panaudojimui problemas:

- baterijų surinkimo, pagaminimo technologijų įvairovė apsunkina tokį utilizavimą;
- sudėtinga įvertinti baterijų būklę remiantis tik vienu kriterijumi ir dėl trūkstamos informacijos ji gali būti netinkamai įvertinama;
- papildomos išlaidos išmontuojant ir sumontuojant baterijų blokus didina utilizavimo kainą ir mažina finansinį naudingumą, nes naujų baterijų kainos mažėja.

2. LIB išrūšiavimas

LIB rūšiavimas turi labai daug skirtingų metodikų, bet pagrindiniai veiksmai išlieka tie patys: baterijų stabilizavimas; baterijų išardymas; medžiagų išgavimas.

Prieš išardant baterijas svarbu jas stabilizuoti (iškrauti), jog jos išmontuojamos nesužeistų žmonių ar nesugadintų prietaisų. Tai dažniausiai pasiekama omine iškrova(Sommerville et al., 2020: 25; Krüger et al., 2014: 91–96), tačiau norint sumažinti išlaidas šis etapas praleidžiamas ir vietoj to išardant baterijas, jos būna patalpinamos į elektrai nelaidžią aplinką, tokias kaip inertines dujas: azotą, anglies dioksidą, argono ir anglies dioksido mišinį. Šis metodas plačiai taikomas Europoje: Recupyl(RECUPYL, n.d.) (Prancūzijoje), Akkuser (Suomijoje), Duesenfeld (Vokietijoje). Taip išardyti baterijas yra patogiau ir dėl to, nes tuo pačiu metu netyčia atidengtas litis arba jo junginiai yra neutralizuojami. Retrieval(JAV) nukensminimo metodas yra šiek tiek kitoks: naudojamos vandens čiurkšlės, kurios hidrolizės būdu išaktyvina litį ir tuo pačiu tarnauja kaip sistemos aušintuvas (Harper et al., 2019: 75–86; Ma et al., 2021: 105840). Šiam procesui galima naudoti ir jūros vandenį(Li et al., 2016: 221–227; Shaw-stewart et al., 2019: e00110), tačiau įrodyta jog jūros vanduo sukelia didelę koroziją baterijos gnybtų galuose.

Kuomet baterijos neutralizuotos, jas galima pradėti ardyti į atskiras dalis: skardas ir aliuminį, separatorių, anodą, rišiklį ir katodą. Taip pat, baterijos, nepaisant jų įkrovimo lygio, gali būti susmulkinamos smulkintuvais, plaktukais(G Granata et al., 2012: 205–211), drėgno smulkinimo metodu(Wang et al., 2016: 85303–85311), smūginio smulkinimo metodu(Ruffino et al., 2016: 309–315) ir t.t. Priklausomai nuo išsikrovimo lygio ir baterijos sandaros, per didelis išsikrovimas gali lemti vario ištirpimą elektrolite. Tai gali užteršti skirtingų medžiagų atskyrimo srautus, įskaitant katodo ir separatoriaus ir jei įtampa padidinama arba toliau vykdomi darbai, gali įvykti elektros išlydis arba šiluminis nuotėkis.

Susmulkinus baterijas galima pradėti medžiagų išgavimą. Pagrindiniai išgavimo metodai yra šie: pirometalurginis išgavimas, fizinis medžiagų atskyrimas, hidrometalurginis medžiagų atstatymas, tiesioginis išrūšiavimas ir biologinis metalų išgryninimas(Harper et al., 2019: 75–86). Apie kiekvieną išgryninimo būdą trumpai:

- *Pirometalurginio išgavimo* metu naudojamos aukštos temperatūros krosnys, kuriose baterijos išlydomos. Tokiu būdu regeneruojami kobalto, vario, geležies ir nikelio elementai iki netobulos pirminės žaliavos(Harper et al., 2019: 75–86). Toks būdas turi privalumų: lydymui gali būti naudojamos ir kitos atliekos ir jam nebūtinai reikalingas baterijų neutralizavimas. Be to, jo metu visi polimerai suyra ir išdega ir išskiriama šilumą sunaudojamą lydymui. Šio proceso metu išsiskiria metalo lydinys, šlakas ir dujos, iš kurių dar galima išgryninti dar medžiagų hidrometalurginiu būdu arba kurios gali būti panaudojamos kitose pramonės šakose. Pagrindiniai šitokio medžiagų išgavimo minusai: išsiskiriančios toksiškos dujos(King & Boxall, 2019: 1279–1287), dideli energijos kaštai, ribotas išgaunamų medžiagų skaičius(Lv et al., 2018: 1504–1521).

- *Fizinis medžiagų atskyrimas*. Šio atskyrimo metu išnaudojamos medžiagų savybės tokios kaip: dalelių dydis(X. Wang et al., 2016: 204–213), tankis(Meili et al., 2015: 627–632), feromagnetizmas(Silveira et al., 2017: 91–98), hidrofobiškumas(F. Wang et al., 2018: 646–652). Jo metu naudojami sietai, filtrai, magnetai, purtytuvai, sunkioji technika, naudojama ličio turtingų tirpalų ir mažo tankio plastikų ir popieriaus, magnetinių apvalkalų, padengtų elektrodų ir elektrodų miltelių atskyrimui. Pagrindinė problema ta, kad senesnių baterijų rišamoji medžiaga sunkiai suyra ir

ją sunku atskirti, tam naudojama aukšta temperatūra (Li et al., 2016: 221–227). Dabar gamintojai stengiasi naudoti vandenyje yrančius arba lengvai nuimamus patepus emulsikliais rišiklius.

- *Hidrometalurginis medžiagų atstatymas* apima vandeninių tirpalų naudojimą norimiems metalams išplauti iš katodo medžiagos. Kuo efektyvesniam medžiagų išgavimui svarbu parinkti tinkamą vandeninį tirpalą (H₂SO₄ arba H₂O₂ (Ferreira et al., 2009: 238–246)), jo koncentraciją, temperatūrą, laiką, mišinio maišymo santykį (He et al., 2017: 171–181). Išplautos medžiagos po to išgryninamos per nusodinimo reakcijas (Giuseppe Granata et al., 2012: 393–401; Nayl et al., 2017: S3632–S3639). Šiuo metodu galima išgauti grynesnes medžiagas, kurias bus galima antrą kartą panaudoti. Tačiau išgryninimą labai apsunkina išamosios medžiagos, kurias sunku išskirti iš tirpalų, nesugadinant naudingų elementų junginių.

- *Tiesioginis išrūšiuavimas* vadinamas medžiagos pašalinimas nuo elektrodo ir antrinis panaudojimas minimaliai tą medžiagą perdirbus. Minimalus perdirbimas tai gali būti ličio jonų papildymas, ultragarsinis apdorojimas mirkant katodą N-metil-2-pirolidono vonelėse (Harper et al., 2019: 75–86). Pagrindinė problema ta, kad finansiškai naudinga perdirbti tik baterijas, kurių katodai turi daug naudingų elementų (kobalto, ličio jonų, grafito) ir kurių įkrovimo būseną dar gera (*Recycle Spent Batteries*, 2019: 253). Tad jei bus parinktos netinkamos baterijos, antriniame panaudojime irgi bus pagamintos netinkamos naudojimui baterijos ir taip sumažės tokio perdirbimo būdo paklausa.

- *Biologinis metalų išgryninimas*. Jo metu naudojamos bakterijos, vertingiems metalams atgauti. Pagrindė išgaunamas kobaltas ir nikelis. Šis metodas plačiausiai buvo naudojamas kasybos pramonėje (Karimi et al., 2009: 21–25; Smith et al., 2017: 86–90), tačiau apie jį daug platesnių tyrimų nebuvo atlikta.

Utilizavimo metodų efektyvumo palyginimas

Kad būtų nustatytas tinkamiausias, efektyviausias būdas utilizuoti LIB, kiekvienas metodas turi būti įvertintas pagal finansinį naudingumą/ metodo brangumą ir pagal jo didžiausias stiprybes. Šis vertinimo rodiklis vadinasi sinergetiniu rodikliu. Pagal ankstesnius aptartų metodų plusus ir minusus palyginimui sudaryta 1 lentelė, kuri atskleidžia, kuris metodas turi didesni sinergetinį rodiklį.

1 lentelė

LIB utilizavimo metodų palyginimas

LIB paruošimas antriniam panaudojimui	<p>Privalumai:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maksimaliai išnaudojamas baterijos potencialas; • Antrinio panaudojimo metu sukuriami papildoma ekonominė vertė; • Technologinis paprastumas tiriant baterijas. <p>Trūkumai:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brangus LIB išardymas ir surinkimas iki baterijų blokų; • Pavojingas žmogui ir aplinkai LIB išardymas; • Tikimybė, kad netinkamos LIB bus panaudotos antrą kartą; • Ne visi baterijų tipai gali būti panaudoti antrą kartą dėl pasenusių technologijų; • Baterijų perdirbimo procesų reglamentai turėtų būti patobulinti, kad palengvintų perdirbėjų darbą; • Kiekvieną kartą keičiantis LIB gamintojų technologijoms, turės kisti išardymo technologijos; • Negali būti automatizuotas perdirbimo procesas.
LIB išrūšiuavimas	<p>Privalumai:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Išrūšiuotos medžiagos sukuria naują ekonominę vertę; • Išsprendžiama medžiagų resursų trūkumo problema; • Moksliskai labiau ištirtų technologijų taikymas, dėl jų pritaikomumo kitose pramonės sektoriuose. <p>Trūkumai:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brangūs perdirbimui naudojami cheminiai tirpalai ir prietaisai; • Sunku išgauti visiškai grynas medžiagas, reikalingas antriniam apdirbimui prieš naudojant medžiagas kaip žaliavas; • Reikalingi dideli kiekiai cheminių medžiagų ir energijos; • Kai kurių procesų metu išsiskiria toksiškos dujos, kurių nutekėjimas gali kelti pavojų žmonėms ir aplinkai; • Metodas netinka masiniam komerciniam perdirbimui.

Pagal privalumų ir trūkumų skaičių pastebime, kad LIB išrūšiavimas metodas turi didesnę sinergetinį rodiklį. Šio metodo stiprybės atsveria trūkumus.

Tačiau šis integruotas rodiklis dar neapsprendžia, koks perdirbimo metodas yra labiau priimtinas rinkai. Tai dažniausiai nusprendžia LIB perdirbėjai, atsižvelgdami į to regiono numatytus reglamentus ir teisėsaugos reikalavimus. Pavyzdžiui, Vokietijoje pagal Europos Sąjungos direktyvą dėl netinkamų eksploatavimui transporto priemonių ir baterijų atliekų (2006/66EC, 2000/53/EB) numatoma, kas turėtų būti atsakingas dėl baterijų ir eksploatuoti netinkamų transporto priemonių perdirbimo. JAV šis procesas nėra reguliuojamas, o tuo tarpu Japonijoje galioja trys reglamentai: pagrindinius, išsamius ir specialius įstatymus. Kinijoje išleisti specialūs nuostatai, kurie skatina perdirbimo sistemų kūrimą, įvairių verslo modelių ištyrimą ir pažangių technologijų ir mechanizmų kūrimą. Taigi, rinkoje metodų paklausumą nulemia aplinkosaugos ir teisiniai reglamentai.

Išvados

Atlikus LIB utilizavimo metodų apžvalgą pastebime, kad:

1. Pagal sinergetinį rodiklį geriausia utilizavimo technologija yra LIB išrūšiavimas.
2. Rinkoje taikomas utilizavimo metodas apsprendžiamas remiantis galiojančiais normatyvais ir reglamentais.
3. Nuo perdirbėjo priklauso parenkamas perdirbimo metodas ir metodo paklausimas.

Literatūra

1. Chen, M., Ma, X., Chen, B., Arsenault, R., Karlson, P., Simon, N., & Wang, Y. (2019). Recycling End-of-Life Electric Vehicle Lithium-Ion Batteries. *Joule*, 3(11), 2622–2646. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.09.014>
2. Debnath, U. K., Ahmad, I., & Habibi, D. (2014). Electrical Power and Energy Systems Quantifying economic benefits of second life batteries of gridable vehicles in the smart grid. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 63, 577–587. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.05.077>
3. Feng Wang, Rong Sun, Jun Xu, Zheng Chen, M. K. (2016). *Recovery of cobalt from spent lithium ion batteries using sulphuric acid leaching followed by solid-liquid separation and solvent extraction*. <https://doi.org/10.1039/C6RA16801A>
4. Ferreira, D. A., Martins, L., Prados, Z., Majuste, D., & Mansur, M. B. (2009). *Hydrometallurgical separation of aluminium, cobalt, copper and lithium from spent Li-ion batteries*. 187, 238–246. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2008.10.077>
5. Granata, G, Pagnanelli, F., Moscardini, E., Takacova, Z., Havlik, T., & Toro, L. (2012). Simultaneous recycling of nickel metal hydride, lithium ion and primary lithium batteries: Accomplishment of European Guidelines by optimizing mechanical pre-treatment and solvent extraction operations. *Journal of Power Sources*, 212, 205–211. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2012.04.016>
6. Granata, Giuseppe, Moscardini, E., Pagnanelli, F., Trabucco, F., & Toro, L. (2012). Product recovery from Li-ion battery wastes coming from an industrial pre-treatment plant: Lab scale tests and process simulations. *Journal of Power Sources*, 206, 393–401. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2012.01.115>
7. Harper, G., Sommerville, R., Kendrick, E., Driscoll, L., Slater, P., Stolkin, R., Walton, A., Christensen, P., Heidrich, O., Lambert, S., Abbott, A., Ryder, K., Gaines, L., & Anderson, P. (2019). Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. *Nature*, 575(7781), 75–86. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1682-5>
8. He, L., Sun, S., Song, X., & Yu, J. (2017). *Leaching process for recovering valuable metals from the LiNi 1 / 3 Co 1 / 3 Mn 1 / 3 O 2 cathode of lithium-ion batteries*. 64, 171–181. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.02.011>
9. Hossain, E., Murtaugh, D., Mody, J., Faruque, H. M. R., Sunny, M. S. H., & Mohammad, N. (2019). A Comprehensive Review on Second-Life Batteries: Current State, Manufacturing Considerations, Applications, Impacts, Barriers Potential Solutions, Business Strategies, and Policies. *IEEE Access*, 7, 73215–73252. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2917859>
10. Karimi, G. R., Rowson, N. A., & Hewitt, C. J. (2009). Food and Bioproducts Processing Biorecovery of copper via iron oxidation from chalcopyrite at elevated temperatures. *Food and Bioproducts Processing*, 88(1), 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2009.06.005>
11. King, S., & Boxall, N. J. (2019). Lithium battery recycling in Australia: defining the status and identifying opportunities for the development of a new industry. *Journal of Cleaner Production*, 215, 1279–1287. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.178>
12. Lai, X., Huang, Y., Gu, H., Deng, C., Han, X., Feng, X., & Zheng, Y. (2021). Turning waste into wealth: A systematic review on echelon utilization and material recycling of retired lithium-ion batteries. *Energy Storage Materials*, 40(April), 96–123. <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2021.05.010>
13. Lai, X., Qiao, D., Zheng, Y., Ouyang, M., & Han, X. (2019). A rapid screening and regrouping approach based on neural networks for large-scale retired lithium-ion cells in second-use applications. *Journal of Cleaner Production*,

213, 776–791. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.210>

14. Lai, X., Qiao, D., Zheng, Y., & Yi, W. (2018). *A Novel Screening Method Based on a Partially Discharging Curve Using a Genetic Algorithm and Back-Propagation Model for the Cascade Utilization of Retired Lithium-Ion Batteries*. <https://doi.org/10.3390/electronics7120399>
15. Li, J., Wang, G., & Xu, Z. (2016a). Environmentally-friendly oxygen-free roasting / wet magnetic separation technology for in situ recycling cobalt , lithium carbonate and graphite from spent LiCoO₂ / graphite lithium batteries. *Journal of Hazardous Materials*, 302, 97–104. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.09.050>
16. Li, J., Wang, G., & Xu, Z. (2016b). Generation and detection of metal ions and volatile organic compounds (VOCs) emissions from the pretreatment processes for recycling spent lithium-ion batteries. *WASTE MANAGEMENT*, 221–227. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.011>
17. Liu, C., Lin, J., Cao, H., Zhang, Y., & Sun, Z. (2019). Recycling of spent lithium-ion batteries in view of lithium recovery : A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 228(1), 801–813. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.304>
18. Lv, W., Wang, Z., Cao, H., Sun, Y., Zhang, Y., & Sun, Z. (2018). *A Critical Review and Analysis on the Recycling of Spent Lithium-Ion Batteries*. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b03811>
19. Ma, Y., Zhou, X., Tang, J., Liu, X., Gan, H., & Yang, J. (2021). One-step selective recovery and cyclic utilization of valuable metals from spent lithium-ion batteries via low-temperature chlorination pyrolysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 175(August), 105840. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105840>
20. Martinez-laserna, E., Gandiaga, I., Sarasketa-zabala, E., Badedo, J., & Stroe, D. (2018). Battery second life : Hype , hope or reality ? A critical review of the state of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93(June), 701–718. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.035>
21. Meili, L., Bertuol, D. A., Toniasso, C., & Jim, B. M. (2015). *Application of spouted bed elutriation in the recycling of lithium ion batteries*. 275, 627–632. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.11.036>
22. Nayl, A. A., Elkhashab, R. A., & Badawy, S. M. (2017). Acid leaching of mixed spent Li-ion batteries. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S3632–S3639. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.04.001>
23. Neubauer, J., & Pesaran, A. (2011). The ability of battery second use strategies to impact plug-in electric vehicle prices and serve utility energy storage applications. *Journal of Power Sources*, 196(23), 10351–10358. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2011.06.053>
24. RECUPYL. (n.d.). *EV Segment addressed very well CO2 emission and low energy consumption , .*
25. *Recycle spent batteries*. (2019). 4(April), 2019. <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0376-4>
26. Ruffino, B., Zanetti, M. C., & Marini, P. (2016). Resources , Conservation and Recycling A mechanical pre-treatment process for the valorization of useful fractions from spent batteries. “*Resources, Conservation & Recycling*,” 55(3), 309–315. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.10.002>
27. S. Krüger, C. Hanisch, A. Kwade, M. Winter, S. N. (2014). *Effect of impurities caused by a recycling process on the electrochemical*. 726, 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2014.05.017>
28. Sathre, R., Scown, C. D., Kavvada, O., & Hendrickson, T. P. (2015). Energy and climate effects of second-life use of electric vehicle batteries in California through 2050. *Journal of Power Sources*, 288, 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2015.04.097>
29. Shaw-stewart, J., Alvarez-reguera, A., Greszta, A., Marco, J., Masood, M., Sommerville, R., & Kendrick, E. (2019). Aqueous solution discharge of cylindrical lithium-ion cells. *Sustainable Materials and Technologies*, 22, e00110. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2019.e00110>
30. Silveira, A. V. M., Santana, M. P., Tanabe, E. H., & Bertuol, D. A. (2017). International Journal of Mineral Processing Recovery of valuable materials from spent lithium ion batteries using electrostatic separation. *International Journal of Mineral Processing*, 169, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2017.11.003>
31. Smith, Sarah; Grail, Barry; Johnson, D. (2017). Reductive bioprocessing of cobalt-bearing limonitic laterites Reductive bioprocessing of cobalt-bearing limonitic laterites. *Minerals Engineering*, 106, 86–90. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2016.09.009>
32. Sommerville, R., Shaw-stewart, J., Goodship, V., Rowson, N., & Kendrick, E. (2020). A review of physical processes used in the safe recycling of lithium ion batteries. *Sustainable Materials and Technologies*, 25, 25. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2020.e00197>
33. Wang, F., Zhang, T., He, Y., Zhao, Y., & Wang, S. (2018). Recovery of valuable materials from spent lithium-ion batteries by mechanical separation and thermal treatment. *Journal of Cleaner Production*, 185, 646–652. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.069>
34. Wang, X., Gaustad, G., & Babbitt, C. W. (2016). Targeting high value metals in lithium-ion battery recycling via shredding and size-based separation. *Waste Management*, 51, 204–213. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.10.026>

LITHIUM ION BATTERY UTILIZATION TECHNOLOGIES

Summary

The article provides a review of researches that analyse the main principals of lithium-ion battery (LIB) utilization processes: echelon utilization and LIB materials recycling. The main recycling steps of each method are being discussed and analysed in more detail. The biggest advantages and disadvantages of LIB materials recovery methods are reviewed, which are compared according to the integrated synergy indicator. The application of LIB utilization technologies in the market has been determined.

Key words: lithium ion battery, lithium ion battery recycling, lithium ion battery sorting

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Akvilė Juciūtė

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino Technikos universiteto studentė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto priemonės, vidaus degimo varikliai, ekologiškas transportas, elektromobiliai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +37062188468, akvile.juciute@stud.vilniustech.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Akvilė Juciūtė

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University student

Author's research interests: Vehicles, internal combustion engines, ecological transport, electric cars. **Telephone and e-mail address:** +37062188468, akvile.juciute@stud.vilniustech.lt

Vidaus degimo variklių išmetamųjų medžiagų poveikis žmogaus sveikatai ir jų kiekio mažinimas naudojant nano priedus

Akvilė Juciūtė

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija.

Didėjant vartotojų energijos poreikiui, pasaulis susiduria su išteklių stygiaus ir aplinkos taršos problemomis. Kad sumažintų įprastinio kuro taršą, pradėtas naudoti alternatyvusis kuras: elektra ir organinės kilmės degalai. Siekiant juos labiau pritaikyti vartotojui ir dar labiau sumažinti taršą naudojami nano priedai. Šiame straipsnyje bus aptarti įvairūs nano priedai naudojami organinės kilmės degalų mišiniuose, kaip kinta išmetamųjų medžiagų kiekis naudojant skirtingus priedus ir kaip pagerinami variklio rodikliai juos pritaikant naudojimui.

REIKŠMINAI ŽODŽIAI: Vidaus degimo varikliai, degalų priedai, emisijos, oro tarša, poveikis sveikatai.

Įvadas

Kasmet pasaulinis energijos suvartojimas didėja. Apie 19 % jo sudaro automobiliui reikalinga energija. Prognozuojama, jog automobilių energijos suvartojimas turėtų tik augti, nes daugėja vidurinėsios klasės žmonių, kuriems buitiniams poreikiams patenkinti būtinas automobilis. Šiuo metu, didžiausią paklausą tarp vartotojų turi benzininiai automobiliai, pasižymintys lengvu valdymu, patikimu esant net ir aukštiems variklio sūkiams. Be to, benzininių automobilių gamyba yra pigesnė nei dyzelinių, nes jų eksploatacijos metu, variklyje reikalingas mažesnis slėgis.

Mažai tikėtina, kad automobilių poreikis bendruomenėje sumažėtų, todėl stengiamasi kitais būdais padaryti automobilius mažiau žalingais aplinkai. Pirmasis būdas būtų pakeisti iškastinį kurą alternatyviaisiais degalais: elektra arba biologinės kilmės kuru. Šis būdas turi esminių trūkumų: elektromobilių žemas efektyvumas, aukšta kaina ir neišplėtotą eksploatacijos infrastruktūrą bei biologinės kilmės kuro ribotas išgavimas iš žaliųjų atliekų dėl kainos, biokuro savybė sugerti ore esančią drėgmę ir korozinės prigimties. Antrasis būdas: įvairiais ribojimais mažinti sukeliama oro taršą. Pavyzdžiui, JAV aplinkos apsaugos agentūros įvardijo žingsnius kuriais sieks sumažinti oro taršą: mažins degalų išsiliejimo riziką skatinančius veiksnius, tiekiant į degalines tik labai žemą sieros lygį turinčius degalus ir kita.

Šiame straipsnyje bus trumpai aptarta, kaip varikliuose susidaro tam tikros kenksmingos degimo liekanos patenkančios į orą ir kaip jos kenkia žmogaus sveikatai bei kokie skirtingi nano priedai sumažina teršalų kiekį ir pakeičia efektyvius rodiklius dyzeliniuose varikliuose.

1. Skystųjų degalų variklių išmetamosios medžiagos ir jų poveikis žmogaus sveikatai

Kiekvieno miesto gyventojas neišvengiamai yra paveikiamas oro taršos, sukuriamos automobiliais. Oro tarša tiesiogiai priklauso nuo eismo intensyvumo, o poveikis žmogui priklauso nuo laikotarpio, per kurį asmuo galėjo būti paveiktas. Pasaulinė sveikatos organizacija teigia, jog apie 3 milijonai priešlaikinių mirčių gali būti siejamos su oro tarša kaimo vietovėse ir miestuose 2012 metais. Pagrindiniai oro taršos, sukeliama automobiliais, komponentai yra šie: azoto oksidai, lakieji organiniai junginiai, kietosios dalelės, anglies monoksidas, policikliniai aromatiniai angliavandeniliai.

Azoto oksidai (NO_x) yra toksiškos, rudos spalvos dujos, kurios susidaro degimo proceso metu prie aukštų temperatūrų (aukštesnių nei 1537 °C)(Dehghani et al., 2021:120259). Azoto oksidai esant saulei gali sureaguoti su ozonu ir sudaryti smogą. Susidaręs smogas gali padidinti mirštamumą susijusį su širdies ligomis ir širdies smūgiu net 0,4 %. Azoto oksidai taip pat tiesiogiai gali sukelti rimtas sveikatos problemas tokias kaip uždegimą, astmą, kvėpavimo sistemos sutrikimus. Ilgesnį laiką paveiktas žmogus, esantis uždaroje patalpose, kuriose yra azoto oksidų dujų gali mirti. Šios nuodingos dujos dar gali sukelti negrįžtamus pažeidimus (pavyzdžiui, emfizemą, imunopatologijas, kardiovaskulinius pažeidimus, vėžį) ir pagydomus pažeidimus (astmą, pykinimą, odos bėrimą, sunkumą kvėpuoti, kosėjimą, dūsimą).

Lakieji organiniai junginiai tai tokie junginiai, kurie garuoja prie 20 °C temperatūros ir 0,1 MPa slėgio. Vidaus degimo variklių išskiriamiems junginiams priskiriami šie junginiai: aromatiniai, alkanai, aldehidai, halogenuoti angliavandeniliai, alkoholiai, esteriai, eteriai, parafinai, ketonai, olefinai ir sieros junginiai. Šie junginiai gali sukelti profesines, lėtines, vėžines ligas, alergines odos reakcijas, svaigulį, galvos skausmus, pykinimą, akių, nosies, gerklės dirglumą, neurologinius sutrikimus, demenciją, virpėjimą, ekstremalų nuovargį, sutrikusią koncentraciją, trumpalaikės atminties praradimą, depresiją, dirglumą, hepatitą ir kita.

Kietųjų dalelių (KD) poveikis šiais laikais Europoje gyvenimą gali sutrumpinti 9 mėnesiais. Tai yra pagrindinis oro užterštumo rodiklis. Jei niekas nesikeis 2050 metais metinis mirštamumas nuo kietųjų dalelių

gali padidėti iki 6,6 mln. žmonių. Pagrindė vidaus degimo varikliuose išsiskiria nuo 5 iki 60 nm dydžio dalelės, kurios skirtingai nuo dydžio paveikia žmogaus sveikatą. Nepaisant to pagrindinės kietųjų dalelių sukeltos sveikatos problemos yra šios: viršutinių kvėpavimo takų, plaučių audinio, širdies pažeidimai, lėtinės kvėpavimo ligos, astma, lėtinis uždegimas, atminties sutrikimas, tromboembolija, kraujagyslių ligos, cerebrovaskulinės ligos, aritmijos, ūmios širdies kraujagyslių ligos, širdies nepakankamumas ir kita. Kietųjų dalelių poveikis taip pat gali būti siejamas su būsimų atžalų susirgimais: autizmu.

Anglies monoksidas (CO) susidaro neefektyviuose varikliuose ir varikliuose, turinčios prastą emisijų kontrolę. Kadangi, į organizmą patekęs CO kraujo kūneliuose pasikeičia vietomis su deguonimi, jis yra išnešiojamas po visą kūną ir sutrikdo energijos gamybą mitochondrijose. Tolimesnės reakcijos organizme gali sukelti auglių išsivystymą, audinių uždegimą ir kita. Tai yra labai pavojinga žmogaus sveikatai ir sunkiai iš organizmo pašalinama medžiaga. Lengvas poveikis pasireiškia susiliejusiu vaizdu, galvos svaigimu, pykinimu, silpnumu. Sunkesnis poveikis pasireiškia sunkumu kvėpuoti, alpimu, hipotenzija, krūtinės skausmu, plaučių edema, širdies arba plaučių nepakankamumas, koma.

Policikliniai aromatiniai angliavandeniliai susidaro nepildo degimo reakcijose. Dažniausiai šie junginiai yra kancerogeniniai, mutageniniai, teratogeniniai.

2. Nano priedų poveikio dyzeliniuose varikliuose apžvalga

Dyzeliniai varikliai laikomi vienais iš labiausiai patikimų ir efektyvių šiluminę energiją paverčiančių mechanine prietaisų. Jie pasižymi didesniu terminio naudingumo koeficientu, mažesnėmis degalų sąnaudomis ir mažesniais išmetamųjų dujų kiekiais. Tačiau platus jų pritaikymas ir naudojimas siejamas su aplinkosauginėmis problemomis. Dėl šių priežasčių pradėta ieškoti kaip galėtų sumažinti išmetamųjų dujų kiekius. Vienas iš būdų, nmodifikuojant dyzelinių variklių jų veikimui naudoti dyzelino ir biodyzelino mišinius. Pastebėta, jog šie mišiniai gali pakeisti degalų fizikines savybes: tankį, tepimo savybes, savitąją šilumą, klampumo savybes, savaiminio užsidegimo temperatūrą. Dar pastebėta, kad įdėjus tam tikrų priedų gali pastebimai pakisti išmetamųjų dujų rodikliai: NO_x, HC, anglies oksidų kiekiai. Priklausomai nuo nano priedų šie rodikliai skirtingai kinta.

Hosseinzadeh et.al. (Hosseinzadeh-Bandbafha et al., 2019:1153-1166) analizuoja dyzelino, biodyzelino ir vandens ir anglies nano dalelių (CNP) emulsijos mišinių pritaikymą dyzeliniams varikliams. Pastebėta, kad vandens emulsija sukelia mikro-sprogimų fenomeną, kuris pagerina degimo procesą. Tai sumažino NO_x emisijas. Taip pat, vandens emulsijos padidino variklio galingumą, šiluminį naudingumą ir sumažino specifinį kuro suvartojimą. Tačiau dėl anglies pagrindo priedo padidėjo HC ir CO emisijos prie didelės apkrovos. Nustatyta, jog daugiausiai naudos atnešančiu mišiniu galėtų būti B5 dyzelino, vandens, 38 μmol (mikromolių) CNP.

Vellaiyan (Vellaiyan, 2020:2108-2120) atliktame tyrime buvo išbandyti įvairūs vandens, sojų biodyzelino (SB) ir anglies nano vamzdelių (CNT) mišiniai. Nustatyta, kad be jokių dyzelinio variklio modifikacijų, gali būti naudojami grynas SB, 10% vandens ir SB mišinys bei 10% vandens, SB ir 100 ppm CNT mišinys. Bandymus atliekant su SB pastebėti padidėjęs slėgis cilindre, slėgio didėjimo greitis, grynasis šilumos išsiskyrimas, sukauptos šilumos išsiskyrimas. Su CNT priedais šios reikšmės ženkliai sumažėjo. Mišinys su CNT taip pat rodė geresnes charakteristikas: specifinį kuro suvartojimą, specifinį energijos suvartojimą, išmetamųjų dujų temperatūrą. Atitinkamai šie rodikliai prie 75 % variklio apkrovos sumažėjo 6,8%, 14,4% ir 13,6%. Be to, šis mišinys pasižymėjo geresnėmis emisijomis palyginus su SB, sumažėjusiomis NO_x, HC, CO ir CO₂ reikšmėmis atitinkamai: 46,1%, 21,6%, 20,8% ir 19,3%.

Janakirman et. al. (Janakirman et al., 2021:121148) tyrime maišė dyzeliną, biodyzeliną, bioetanolį ir titano dioksidą įvairiais santykiais ir stebėjo kaip nuo šių santykių priklauso išmetamųjų dujų ir variklio naudingumo rodikliai. Nustatyta jog geriausių rodiklius turi tokiais santykiais sumaišytas degalų mišinys: 20% biodyzelinas, 10% bioetanolis, 70% dyzelinas, 65 milijoninė masės dalis (ppm) titano dioksido. Šis mišinys pasižymėjo pagerėjusiu šiluminiu naudingumo koeficientu; sumažintu specifiniu energijos suvartojimu; mažesniu nuodegų kiekiu, nepriklausančiu nuo apkrovos dydžio; sumažėjusiu KD kiekiu prie įvairių apkrovų, dėl susidarancio perteklinio deguonies ir aromatinių HC nebuvimo; didesniu nei dyzelino slėgiu cilindre degimo piko metu; sumažėjusiomis HC, CO ir dūmingumo rodikliais; tačiau dėl deguonies pertekliaus pablogėjo NO_x rodiklis.

Manigandan et. al. (Manigandan et al., 2020: 116336) atliko bandymus su 78% dyzelino, 20% vandenilio ir 2% įvairių priedų (TiO₂, CNT, Al₂O₃, CuO, CeO) mišiniais. Pastebėta, jog priedai labai žymių pokyčių fizikinėse ir cheminėse savybėse nepadarė, jie neženkliai pakeitė degalų klampumą, savaiminio užsiliepsnojimo temperatūrą, cetaninį skaičių. Visi mišiniai pasižymėjo sukuriamu aukštu slėgiu cilindre, ypač išsiskyrė CNT mišinio slėgis prie 50% ir 100% variklio apkrovų. Al₂O₃ ir CeO mišinių šiluminio naudingumo

koeficientai buvo 2,5% ir 4,3% geresni prie 100% apkrovos. TiO₂ pasižymėjo 10% aukštesne išmetamųjų dujų temperatūra palyginus su kitais mišiniais. TiO₂ ir CNT mišiniai pasižymėjo 75% ir 66% mažesniais CO rodikliais palyginus su dyzelinu, taip pat sumažėjo ir CO₂ išmetimas. Kiti mišiniai irgi pasižymėjo mažesniais CO ir CO₂ rodikliais atitinkamai iki 40% ir 30%. TiO₂ ir CNT mišiniai ženkliai sumažino HC kiekį. CNT mišinys 33% sumažino NO_x, o Al₂O₃ ir CuO ši rodiklį padidino net 1,2 karto palyginus su dyzelinu. Efektyviausiai priedais išskirti CNT ir TiO₂.

Rajasekar et. al. (Rajasekar & Naveenchandran, 2020:182-192) darbe sutinkami 20% arbūzų sėklų biodyzelino (AB), 80% dyzelino ir cirkonio dioksido (ZnO₂) įvairių kiekių (20 ppm, 40 ppm, 60 ppm) mišiniai. Šie mišiniai tyrime parodė geresnius specifinį kuro ir specifinį energijos suvartojimus, tačiau turėjo mažesnią šilumingumą nei dyzelino. Iš trijų mišinių geriausias savybes turėjo 60 ppm ZnO₂ mišinys, bet šis mišinys palyginus su dyzelinu turėjo prastesnes emisijas: didesnius CO₂, HC, ir dūmingumo rodiklius.

Basha et. al. (Basha et al., 2019:1-9) analizavo heksanolio ir metilacetato su dyzelinu mišinių panaudojimo dyzeliniuose varikliuose įvairius rodiklius. Kaip ir prieš tai aptartuose darbuose, nustatyta, jog, sumažėjo CO, NO_x rodikliai ir pagerėjo variklio naudingumo charakteristikos. Geriausius rezultatus parodė 7,5% abiejų heksanolio ir metilacetato su dyzelinu mišinys.

Petratskov (Petraškov, 2021) darbe tirtas 10 ppm cinko monoksido priedo, saulėgražų biodyzelino ir dyzelino mišinio rodikliai prie įvairių variklio apkrovų. Nustatyta, kad toks kiekis nedaro įtakos CO, CO₂, suodžių kiekiams ir oro pertekliaus koeficientui, tačiau pastebėta, jog HC, NO_x sumažėjo. Tolimesniems tyrimams žadama paimti didesnius ZnO kiekius.

Išvados

Taigi, pastebėta, kad variklių toksiškų emisijų mažinimui galia naudoti alternatyvųjį kurą: elektrą arba organinės kilmės degalus. Plačiam elektros kaip kuro pritaikymui valstybėse infrastruktūra nėra pakankamai išvystyta, o biologinės kilmės degalai dėl savo savybių reikalauja papildomo apdirbimo. Biodyzelino gerinimui naudojami anglies pagrindo arba metalo pagrindo nano priedai. Šie priedai pagerina variklio naudingumą, padidina slėgį cilindruose, sumažina specifinį kuro suvartojimą, pagerina degimo procesą, tačiau priklausomai nuo jų kiekio ir rūšies gali pagerinti arba pabloginti emisijų rodiklius. Tolimesniam nano priedų vartojimui reikalingas ekonomiškumo įvertinimas, kuris numatytų ar nėra finansiškai žalinga mažinti oro taršą pakeičiant kuro rūšį, ir sociologinis įvertinimas, kuris numatytų, kokia dalis visuomenės pritaria tokioms reformoms.

Literatūra

1. Basha, J. S., Al-balushi, M. A. S., Al-shibli, K. M. M., Al-fazari, M. Y. M., Al-rumhi, S. A. S., & Al-mansouri, S. M. K. (2019). *I . C . Engines and Gas Turbines The Influence of Hexanol and Methyl Acetate as Oxygenated Additives with Diesel Fuel in a Diesel Engine Generator*. 5(1), 1–9.
2. Dehghani, M., Kazemi Shariat Panahi, H., Aghbashlo, M., Lam, S. S., & Tabatabaei, M. (2021). The effects of nanoadditives on the performance and emission characteristics of spark-ignition gasoline engines: A critical review with a focus on health impacts. *Energy*, 225, 120259. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120259>
3. Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Khalife, E., Tabatabaei, M., Aghbashlo, M., Khanali, M., Mohammadi, P., Roodbar Shojaei, T., & Soltanian, S. (2019). Effects of aqueous carbon nanoparticles as a novel nanoadditive in water-emulsified diesel/biodiesel blends on performance and emissions parameters of a diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 196(June), 1153–1166. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.06.077>
4. Janakiraman, S., Lakshmanan, T., & Raghu, P. (2021). Experimental investigative analysis of ternary (diesel + biodiesel + bio-ethanol) fuel blended with metal-doped titanium oxide nanoadditives tested on a diesel engine. *Energy*, 235, 121148. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121148>
5. Manigandan, S., Sarweswaran, R., Booma Devi, P., Sohret, Y., Kondratiev, A., Venkatesh, S., Rakesh Vimal, M., & Jensin Joshua, J. (2020). Comparative study of nanoadditives TiO₂, CNT, Al₂O₃, CuO and CeO₂ on reduction of diesel engine emission operating on hydrogen fuel blends. *Fuel*, 262(June 2019), 116336. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116336>
6. Petraškov, S. (2021). *THE IMPACT OF ZNO NANO-ADDITIVES IN DIESEL FUEL ON THE EFFICIENCY PARAMETERS AND EXHAUST GAS EMISSION OF A DIESEL ENGINE HEITGAASIDE EMISSIONILE Master 's thesis Energy Application*.
7. Rajasekar, R., & Naveenchandran, P. (2020). Experimental investigation of di diesel engine fuelled by biodiesel with nano additives. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 7(72), 182–192. <https://doi.org/10.19101/IJATEE.2020.762080>
8. Vellaiyan, S. (2020). Enhancement in combustion, performance, and emission characteristics of a biodiesel-fueled diesel engine by using water emulsion and nanoadditive. *Renewable Energy*, 145, 2108–2120. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.140>

EFFECTS OF EMISSIONS FROM INTERNAL COMBUSTION ENGINES ON HUMAN HEALTH AND THE REDUCTION OF THEIR QUANTITIES USING NANO – ADDITIVES

Summary

As consumer energy demand increases, the world is facing resource scarcity and environmental pollution. Alternative fuels have been introduced to reduce pollution that conventional fuels make. Nano additives are used to make them more user-friendly and to reduce air pollution. This article will discuss the different types of nano additives used in organic fuel blends, how emissions vary and how engine performance improves with the use of different additives.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Akvilė Juciūtė

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino Technikos universiteto studentė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto priemonės, vidaus degimo varikliai, ekologiškas transportas, elektromobiliai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +37062188468, akvile.juciute@stud.vilniustech.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Akvilė Juciūtė

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University student

Author's research interests: Vehicles, internal combustion engines, ecological transport, electric cars. **Telephone and e-mail address:** +37062188468, akvile.juciute@stud.vilniustech.lt

SPAUSDINIMO ĮRENGINIO MECHANINĖS DALIES PARAMETRŲ IDENTIFIKAVIMAS

Igor Iljin

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Straipsnio tyrimo objektas yra ofsetinės spausdinimo mašinos su nuolatinės srovės varikliu stendas. Šio darbo tikslas yra nustatyti spausdinimo mašinos parametrų identifikavimo galimybę matuojant variklio ir tachogeneratoriaus įtampą skaitmeniniu oscilografu „Velleman PCSU1000“ ir programine įranga „PC-Lab 2000S“.

Pagrindinis dėmesys yra skiriamas nagrinėjamo objekto matematiniam modeliui sudaryti, kuris leistų identifikuoti dinaminės sistemos parametrus. Gautos variklio ir tachogeneratoriaus įtampos kitimo reikšmės toliau apdorojamos MATLAB terpėje. Išanalizavus pasirinktą identifikavimo metodą, pateiktos išvados ir rekomendacijos tolesniems tyrimams atlikti.

Reikšminiai žodžiai. Dinaminiai parametrai, modelis, atitikties kriterijus, slopinimo koeficientas, standumo koeficientas, tachogeneratoriaus įtampa.

Įvadas

Esant sparčiam naujų technologijų kūrimui, vienas svarbiausių veiksnių, lemiančių įmonių veiklos rezultatus, tampa šių technologijų adaptavimo laikas bei tų technologijų efektyvumas. Naujos technikos projektavimą, diegimą ir adaptavimą galima stipriai paspartinti taikant matematinius sistemų ir procesų modelius. Nors apie matematinius modelius pradėta kalbėti jau gana seniai, tačiau anksčiau jie nebuvo praktiškai taikomi.

Šiuo metu, didžioji dalis poligrafinių įrenginių – tai yra mechatroninės automatinės sistemos. Joms, kaip ir kitoms mechatroninėms sistemoms, svarbią reikšmę turi dinaminiai procesai, virpesiai, kurie gali būti ir šių sistemų veikimo pagrindas. Šie procesai taip pat gali lemti ir jų galimybes, našumą, tikslumą bei kitas eksploatacines savybes.

Norint diagnozuoti, tobulinti, remontuoti minėtuosius įrenginius reikia žinoti jų dinamines savybes ir charakteristikas, juose vykstančių dinaminių ir virpančiųjų procesų dėsningumus, jų valdymo bei tobulinimo principus.

Šio straipsnio tikslas yra nustatyti spausdinimo mašinos parametrų identifikavimo galimybę matuojant variklio ir tachogeneratoriaus įtampą skaitmeniniu oscilografu.

Straipsnyje aprašytas modeliavimas, problemos iširtumas, taip pat aprašomas tyrimo objektas – stendas, eksperimentai, identifikacijos etapai.

Modeliuojamų procesų identifikavimas, vienmatė tikslinė funkcija, MATLAB/Simulink aprašas

Apie dinaminių sistemų identifikavimą pradėta nemažai kalbėti dvidešimtojo amžiaus maždaug šeštajame dešimtmetyje. Daug buvo pateikiama įvairių identifikacijos algoritmų ir dinaminių sistemų parametrų įvertinimų, tačiau mažai buvo tiriamos jų panaudojimo sritys ir galimybės.

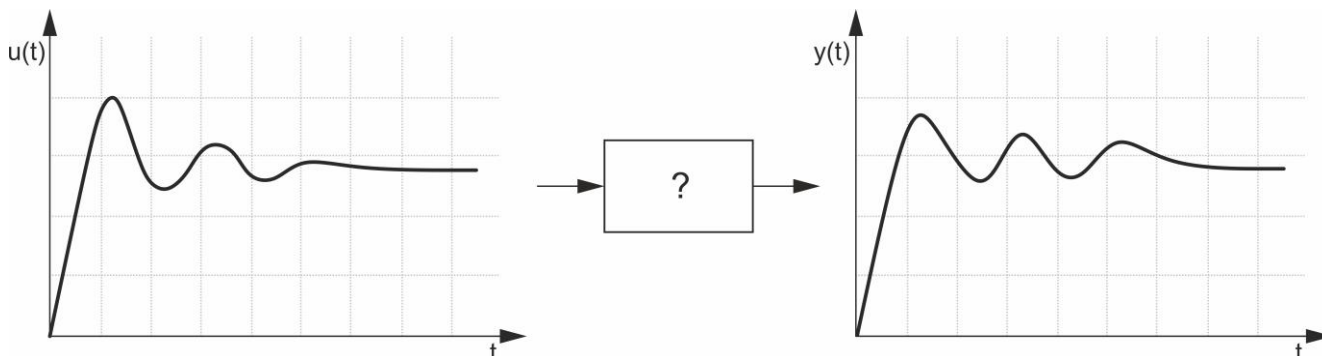
Pirmiausia buvo bandyta naudoti MATLAB programinės įrangos paketą „System Identification“ (Said L. et al., 2011; Sivák P., 2012). Buvo naudojamas laiko pastoviosios identifikavimo blokas su žemo laipsnio perdavimo funkcijomis. Šiuo būdu buvo apdoroti eksperimentiniai duomenys, nustatantys: variklio inkaro parametrus, variklio rotoriaus inercijos momentą, mašinos inercijos momentą.

Apdorojus eksperimentinius duomenis (įvesties ir išvesties signalų), buvo nustatyta, kad didžiausias perdavimo funkcijos modelis yra su trimis koeficientais, signalo modelis negali būti tinkamai atkartotas, lyginant su objektu (Le-Huy H., 2001).

Matematiniai sistemų ir procesų modeliai yra apytikriai realios tikrovės atvaizdai, skirti įvairiems taikomiesiems uždaviniams spręsti (Augustaitis V. K. et al., 2011; Iljin I., 2000; Mushtaq M. et al., 2014; Wenjuan W., 2006). Tačiau net apytikriai sistemų modeliai dažnai gali būti naudingi projektuojant technologijas ar tiriant sistemų funkcionavimą ekstremaliomis sąlygomis. Modeliais galima tirti sistemų atsaką į įvairius trikdžius, tirti procesų ir sistemų dinamiką (Augustaitis V. K., 2000; Sruogis B. et al. 2009).

Dažnai dinaminį procesą turime traktuoti kaip „juodąją dėžę“ ir šiam procesui sudaryti priimtina matematinį modelį. Tokiais atvejais svarbiausios proceso charakteristikos yra identifikuojamos tik iš proceso reakcijos į tam tikrus procesą veikiančius įėjimo signalus. Šiuo atveju, sudarant modelį jokia informacija apie fizinę proceso prigimtį nėra naudojama. Toks modeliavimo metodas dažnai vadinamas procesų identifikavimu, o pats modelis – empiriniu proceso modeliu.

Procesų identifikavimas yra proceso modelio sudarymas tik iš eksperimentinių įėjimo-išėjimo duomenų, netaikant jokių dėsnių, susijusių su fundamentalia sistemos prigimtimi ir jos savybėmis. Kaip pavaizduota 1 pav., tiriamasis procesas yra charakterizuojamas išmatuotais įėjimo $u(t)$ ir išėjimo $y(t)$ duomenimis. Šiuo atveju, nors teoriškai ir nežinoma, pagal kokius dėsnius procesas reaguoja į įėjimo-išėjimo matavimų koreliacijas.



1 pav. Procesų identifikavimas
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Procesų valdymo praktikoje iš įėjimo-išėjimo duomenų identifikuojamas procesas dažniausiai aprašomas tiesiniu perdavimo funkcijos modeliu. Netiesinio proceso matematinį modelį galima sudaryti išskiriant procese kelis darbo taškus, kuriuose identifikuojamas procesas aproksimuojamas kaip tiesinis. Susiejant šiuos tiesinius modelius, galima gauti bendrą netiesinio proceso matematinį modelį.

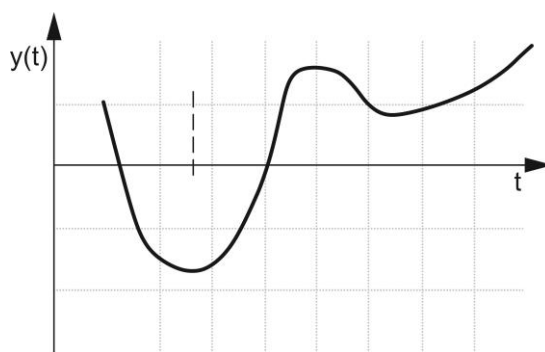
Pastaraisiais dešimtmečiais didelis dėmesys buvo skiriamas optimizacijos metodams, kurio pasėkoje buvo sukurta daugybė efektyvių algoritmų, padedančių rasti minimalias ar maksimalias tikslinės funkcijos reikšmes.

Optimizacijos terminas reiškia procesą ar operacijų eiliškumą, leidžiantį gauti patikslintą sprendimo radimą. Nors galutinis optimizacijos tikslas yra geriausio sprendimo radimas, tačiau dažniausiai pasiekiamas tiesiog rezultatų pagerinimas, o ne jų tikslios reikšmės. Todėl optimizacija labiau traktuojama kaip tikslesnių reikšmių ieškojimas. Aptariant abstrakčią sistemą, aprašomą t lygtimis su p nežinomaisiais, galima išskirti tris pagrindinius uždavinių tipus:

- kai $t = p$, uždutis vadinama algebrine, paprastai tokia uždutis turi vieną sprendinį;
- kai $t > p$, uždutis yra per daug apibrėžta ir dažniausiai sprendinių neturi;
- kai $t < p$, uždutis yra neapibrėžta ir turi be galo daug sprendinių.

Projektiniai parametrai apibrėžiami kaip nepriklausomi kintamieji parametrai, kurie apibrėžia sprendžiamąją projektavimo uždutį. Projektiniai parametrai – nežinomieji dydžiai, kurių reikšmės randamas optimizacijos eigoje. Projektiniais parametrais gali būti ir pagrindiniai ir išvestiniai dydžiai, kiekybiškai aprašantys sistemą. Projektinių parametru kiekis charakterizuoja užduties sudėtingumo lygį.

Tikslinė funkcija – tai išraiška, kurios reikšmę stengiamasi gauti arba maksimalią arba minimalią. Tikslinė funkcija padeda kiekybiškai palyginti du alternatyvius sprendinius. Matematinio požiūriu tikslinė funkcija aprašo $(n+1)$ – matį paviršių. Jeigu yra tik vienas projektinis parametras, tai tikslinę funkciją galima pavaizduoti kreive plokštumoje (2 pav.).



2 pav. Vienmatė tikslinė funkcija
Šaltinis: sudaryta autoriaus

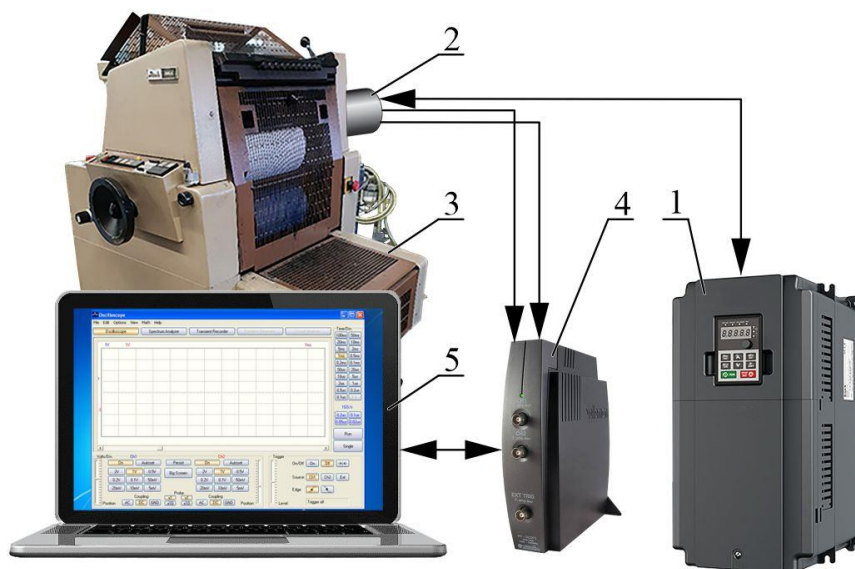
Vieni optimizacijos algoritmai yra pritaikyti maksimumo paieškai, kiti – minimumo. Tačiau nepriklausomai nuo sprendžiamos užduoties tipo, ieškant ekstremumo galima pasitelkti tuo pačiu algoritmu, kadangi maksimizacijos užduotį galima lengvai paversti minimumo paieškos užduotimi, pakeitus tik tikslinės funkcijos ženklą priešingu.

Tyrimo objektas ir metodika

Vienas iš pirmųjų programinių pakeltų leidžiančių modeliuoti dinamines sistemas yra MATLAB su Simulink posisteme. Simulink yra galinga šiuolaikinė programavimo kalba, paremta dinaminių sistemų struktūrinių schemų modelių koncepcija. Šia programa dirbama sudarant struktūrinę schemą, kurios komponentus galima parinkti ir perkelti iš Simulink funkcinių elementų bibliotekos.

Simulink funkcinių elementų standartinė biblioteka yra suskirstyta į keletą posistemų, grupuojant elementus pagal jų elgseną (Daunoras, 2001). Naudojant MATLAB Simulink bibliotekos elementus, galima sudaryti sudėtingus dinaminių sistemų modelius. Tačiau kuo modelis sudėtingesnis, tuo jis neaiškesnis. Todėl svarbu naudoti tokias modelių sudarymo procedūras, kurios padėtų kurti lengvai suprantamus modelius. Šiam tikslui galutinis modelis yra sudaromas iš smulkesnių posistemų, dėl to modelis, galutinis modelio variantas gali turėti nedaug bloką, atitinkamai jis neatrodo toks painus.

Sistema gali atlikti skaičiavimus nuosekliai vykdydama komandas, kurios įvedamos iš klaviatūros arba yra įrašytos į specialių komandų rinkmeną. Taikomas gausus skaičiavimo algoritmų rinkinys, kuris užtikrina aukštą tikslumą bei gerą nagrinėjamų procesų charakteristikų atvaizdavimą.



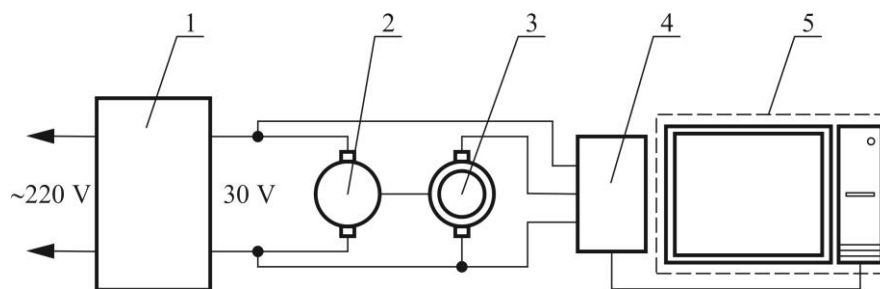
3 pav. Tyrimui naudojamų įrenginių bendras vaizdas: 1 – reguliuojamas nuolatinės srovės lygintuvas; 2 – nuolatinės srovės variklis; 3 – ofsetinė spausdinimo mašina „Rotaprint R40SY“; 4 – skaitmeninis oscilografas „Velleman PCSU1000“; 5 – kompiuteris

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Tyrimui pasirinkta ofsetinė spausdinimo mašina „Rotaprint R40SY“ (3) su varikliu (2 poz., 1 lentelė) ir reguliuojamu nuolatinės srovės lygintuvu (1) (3 pav.). Įtampoms rezultatams gauti pajungiamas skaitmeninis oscilografas „Velleman PCSU1000“ (4). Šis prietaisas jungiamas taip, kad galėtume išmatuoti įėjimo ir išėjimo signalų įtampą (4. pav.). Šiam rezultatui gauti oscilografo laidai prijungiami prie variklio laidų (įėjimo signalui), kiti laidai – prie tachogeneratoriaus laidų (išėjimo signalui). Srovės šaltinis (1), gaunantis įtampą ~220 V, į variklį tiekia iki 30 V įtampą, kadangi prietaisas „Velleman“ veikia esant ne didesnei nei 30 V įtampai. USB kabeliu „Velleman PCSU1000“ prijungiamas prie kompiuterio (5). Įjungiamas kompiuteryje instaliuota programinė įranga „PC-Lab2000SE“, pritaikyt prietaisui „Velleman“.

Pirmajame bandyme fiksuojamas variklio paleidimas. Prieš paleidimą, srovės lyginimo prietaise, nustatoma reikiama srovė, nuo to priklauso variklio apsukos (greičiau ar lėčiau suks spausdinimo mašiną). Oscilografo lange išbrėžiamas gautų įtampų grafikas. Tuomet iš tekstinės rinkmenos išsaugomos skaitmeninės šių duomenų reikšmės.

Antrajame bandyme stebime oscilografo rodmenis paleidus ir įsibėgėjus varikliui.



4 pav. Principine schema: 1 – srovės šaltinis, 2 – variklis; 3 – tachogeneratorius, 4 – oscilografas Velleman PCSU1000, 5 – kompiuteris
Šaltinis: sudaryta autoriaus

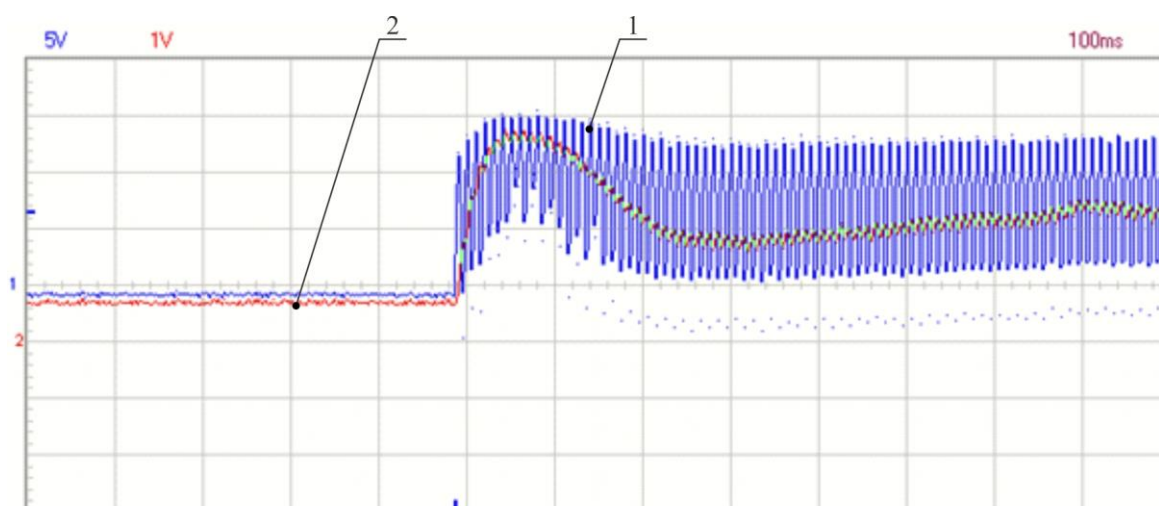
1 lentelė

Variklio DPM-5,2-110-D09 parametrai

Parametras	Žymėjimas	Dydis	Matavimo vnt.
Nominali srovė	in	13,5	A
Nominali inkaro įtampa	U	110	V
Nominalus sukimo momentas	Mn	5,2	Nm
Nominalios apsukos	nn	1500	aps/min
Nominalus kampinis greitis	omegan	157,075	1/sec
Variklio tachogeneratoriaus perdavimo koeficientas	ktg	0,015	V/aps*min
omegan/U	km	14,294	1/sec/V

Gautus skaitmeninius oscilografo duomenis perkeliama į MATLAB M-failą.

Stendo paleidimo metu buvo užfiksuoti tachogeneratoriaus ir variklio įtamos tiekimas (5 pav.). Gautos dvi kreivės, atspindinčios variklio paleidimą bei skaitmeniniai duomenys (2 lentelė).



5 pav. Paleidimo metu tachogeneratoriaus ir variklio įtamos tiekimas: 1 – įėjimo signalas; 2 – išėjimo signalas

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Skaitiniai duomenys gauti paleidus stendą

TIME STEP:		
125 = 10 ms		
VOLTAGE STEP:		
CH1: 32 = 1V		
CH2: 32 = 0,2V		
GND	137	107
N	CH1	CH2
0	145	35
1	130	131
...
4095	219	36

Čia: *TIME STEP* – laiko mastelis; *VOLTAGE STEP* – įtampos mastelis; *CH1: 32 = 1 V* – tachogeneratoriaus įtampos mastelis; *CH2: 32 = 0,2 V* – variklio įtampos tiekimo mastelis; *GND 137* – tachogeneratoriaus įžeminimo įtampa, *107* – variklio įtampos įžeminimas.

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Šie duomenys buvo įkelti į „Matlab“ terpę tolimesniai apdorojimui. Pirmiausia iš gautų duomenų sudaroma matrica:

```
%TIME STEP:
%125 = 10 ms
%VOLTAGE STEP:
%CH1: 32 = 1 V
%CH2: 32 = 0,2 V
%GND 137 107
%N CH1 CH2
Pr = [
0 145 35
1 130 131
2 131 131
3 132 132
4 133 134
...
4093 143 43
4094 143 40
4095 219 36
];
```

Tuomet braižomi grafikai:

```
clear
Bandydas;
%format short e
CN1 = Pr (:, 2); – (nustatomas tachogeneratoriaus įtampos antrasis stulpelis)
CN2 = Pr (:, 3) – (nustatomas variklio įtampos tiekimo trečiasis stulpelis)
T = Pr (:,1)*0,01/125; – (laikas – pirmasis stulpelis bei sutvarkomas mastelis iki sekundžių)

TG = (CN2-107)*0,2/32 – (sutvarkomas tachogeneratoriaus įtampos mastelis iki 1 V)
U = (CN1-137)*1/32; – (sutvarkomas variklio įtampos tiekimo mastelis iki 1 V)

Um = [T U] – (laiko bei variklio įtampos matrica)
```


Utg = [T TG] – (laiko bei tachogeneratoriaus matrica)
format

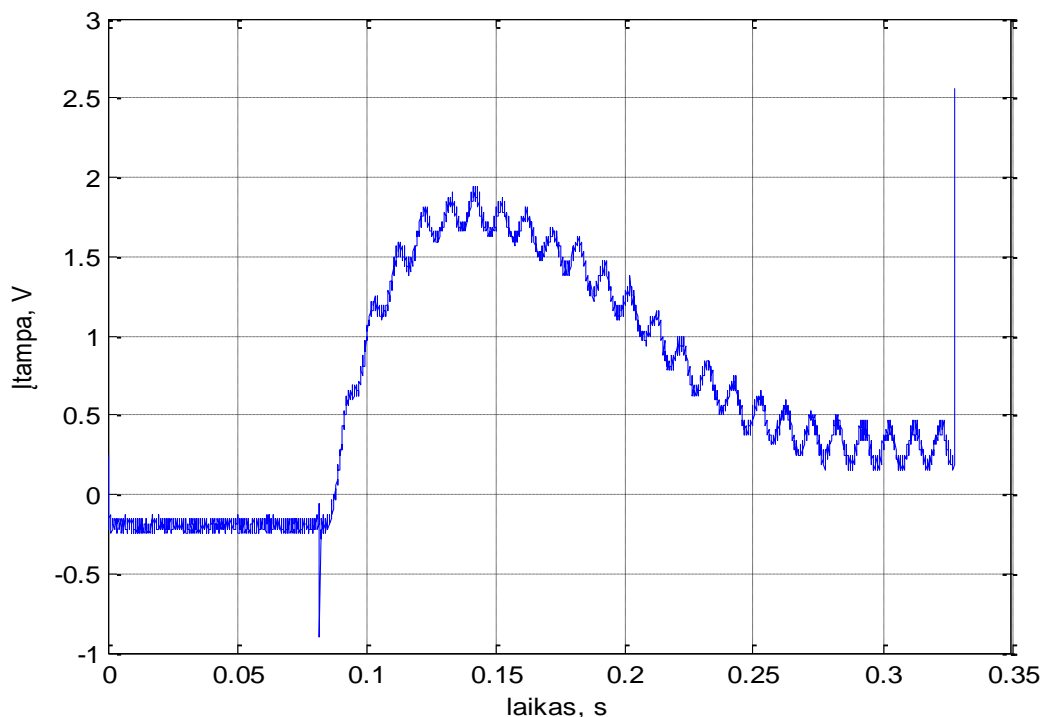
plot (T, U) – (laiko bei variklio įtampos kreivė)
grid on
figure

plot (T, TG) – (laiko bei tachogeneratoriaus įtampos kreivė)
grid on
figure

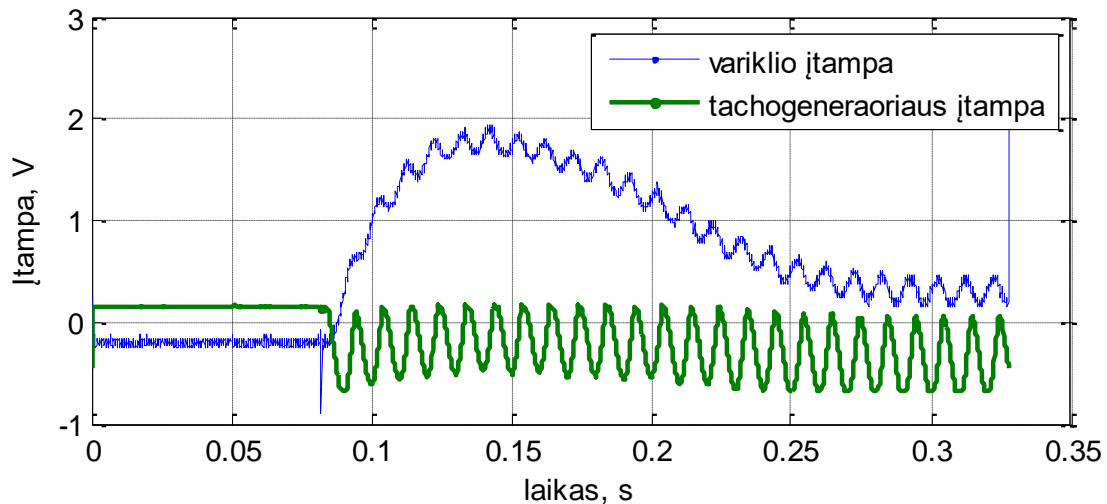
plot (T, U, T, TG) – (laiko, variklio bei tachogeneratoriaus įtampos kreivė kartu)
grid on

Stendo paleidimo metu gautais duomenimis, galima pastebėti, kaip mažais laiko periodais svyruoja įtampos (6 pav.). Prieš varikliui pradėdant sukintis variklio ir tachogeneratoriaus įtampos kreivė skiriasi nežymiai ir svyruoja nedidele amplitude (7 pav.). Varikliui tik pradėjus sukintis (8 pav.), variklio įtampos kreivė staigiai šokteli žemyn ir vėl į viršų, tai gali rodyti kokius nors trikdžius. Kadangi variklis su spausdinimo mašina sujungtas tampria mova, matomas ryškus įtampos didėjimas, tas rodo, kad variklis susuka movą, ji pradeda priešintis ir sukti variklį atgal, todėl varikliui reikalinga didesnė įtampa pradėdant sukinti mechanizmą. Spaudos mašinai įsibėgėjęs, įtampos svyravimai po truputį nusistovi .

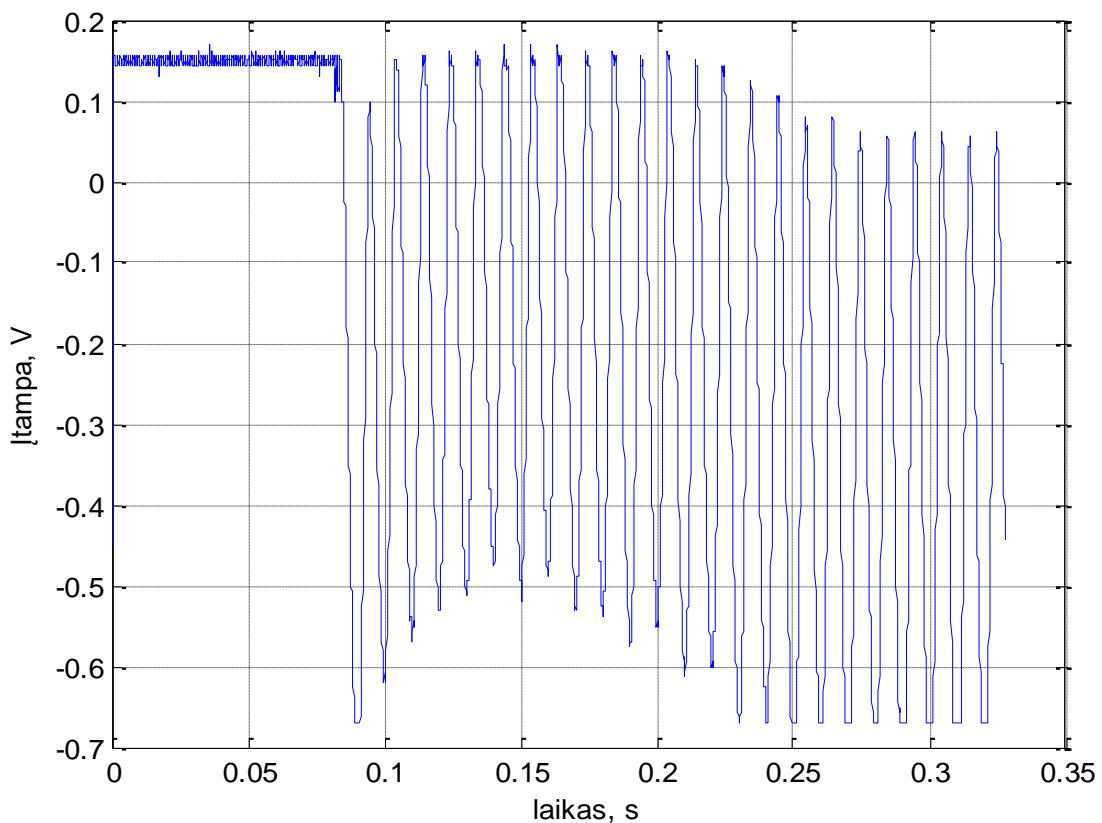
Rotorinėse sistemose labai reikšmingi įrenginiai, perduodantys sukamąjį judesį. Jie turi ne tik perduoti sukamąjį judesį nuo varančiųjų grandžių į varomasias, bet ir užtikrinti sukamojo judesio stabilumą, amortizuoti smūgius ir perkrovas, izoliuoti vibracijas. Kartu su gaunamos ir naudojamos energijos netolygumu, vienas iš dažniausių sužadavimo dažnių veiksmų yra velenų ašių nesutapimas. Didesnės įtakos turi ir mašinai veikiant atsirandantys eksploataciniai jungiamųjų velenų ašių nesutapimai. Todėl yra svarbu parinkti tinkamų parametrų tamprią movą, kuri perduotų judesį esant dideliame velenų ašių nesutapimui. Taip pat svarbūs movos parametrai – slopinimo koeficientas bei standumas, kadangi spausdinimo įrenginiuose virpesiai ypač nepageidaujami.



6 pav. Tachogeneratoriaus įtampos kreivė
Šaltinis: sudaryta autoriaus



7 pav. Tachogeneratoriaus ir variklio įtampos tiekimo kreivė
Šaltinis: sudaryta autoriaus



8 pav. Variklio įtampos tiekimo kreivė
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Išvados

1. Atlikus tyrimus, nustatyta, kad pasirinktas metodas veikia, šia programa galima nustatyti tam tikrus mechatroninės sistemos parametrus.
2. Prieš varikliui pradėdant sukintis variklio ir tachogeneratoriaus įtampos kreivė skiriasi nežymiai ir svyruoja nedidele amplitude.
3. Tiriamąjį metodą praktiškai galima būtų panaudoti projektuojant spausdinimo įrenginį bei jo eksploatacijos metu, siekiant užtikrinti laiku atliekamą techninę priežiūrą.
4. Stendo paleidimo metu gautais duomenimis, galima pastebėti, kaip mažais laiko periodais svyruoja įtampos.

5. Varikliui tik pradėjus sukintis, variklio įtampos kreivė staigiai šokteli žemyn ir vėl į viršų, tai gali rodyti trikdžius.

6. Variklis su spausdinimo mašina sujungtas tampria mova, matomas ryškus įtampos didėjimas, tai rodo, kad variklis susuka movą, ji pradeda priešintis ir sukėti variklį atgal, todėl varikliui reikalinga didesnė įtampa pradendant sukėti mechanizmą.

7. Spaudos mašinai įsibėgėjus, įtampos svyravimai nusistovi.

Literatūra

1. Augustaitis V. K., Gičan V. (2011) Poligrafinių mechatroninių sistemų modeliavimas. Vilnius: Technika, 2011.
2. Augustaitis V. K. (2000) Mechaninių virpesių pagrindai. Vilnius: Žiburio leidykla, 2000.
3. Daunoras J. (2001) Dinaminių sistemų modeliavimas naudojant MATLAB/SIMULINK. Kaunas: Technologija, 2001.
4. Grigorie T. L. (2008) May. The Matlab/Simulink modeling and numerical simulation of an analogue capacitive micro-accelerometer. Part 1: Open loop. 2008 International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, 105–114. IEEE.
5. Iljin I. (2000) Pavaros su atskirais elektroniniu būdu valdomais varikliais taikymas daugiaspalviniams ofsetinėms rulonėms spausdinimo mašinoms. Daktaro disertacijos santrauka. Vilnius: Technika, 2000.
6. Le-Huy H. (2001) November. Modeling and simulation of electrical drives using MATLAB/Simulink and Power System Blockset. IECON'01 27th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (Cat. No. 37243) Vol 3: 1603–1611. IEEE.
7. Mushtaq M., Ali A., Anjam Y. N., Nazir S. (2014) Modeling damped mass-spring system in Matlab Simulink®. Journal of Faculty of Engineering & Technology. 2014 21(2): 21–28.
8. Said L., Latifa B. (2011) Modeling and control of mechanical systems in simulink of matlab. Applications of MATLAB in science and engineering. 2011 317–335. UK: InTech.
9. Simutis, R. (2008) Sistemų modeliavimas ir identifikavimas. Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2008.
10. Sivák P., Hroncová D. (2012) State-Space model of a mechanical system in MATLAB/Simulink. Procedia engineering. 2012 48: 629–635.
11. Sruogis B. et al. (2009) Sukamojo judesio perdavimo ir stabilizavimo priemonių teorija ir taikymas. Vilnius: Technika, 2009.
12. Wenjuan W. (2006) Matlab/Simulink Simulation Research on Analysis of Mechanical Vibration [J]. Modern Electronics Technique. 2006, 24 p.

IDENTIFICATION OF PARAMETERS OF THE PRINTING EQUIPMENT MECHANICAL PART

Summary

The object of the research of the article is the stand of an offset printing machine with a DC motor. The aim of this work is to determine the possibility of identifying the parameters of the printing machine by measuring the motor and tachogenerator voltage with a digital oscilloscope “Velleman PCSU1000” and software “PC-Lab 2000S”.

The focus is on creating a mathematical model of the object in question, which would allow identifying the parameters of the dynamic system. The obtained values of motor and tachogenerator voltage variation are further processed in MATLAB medium. After analysing the chosen identification method, the conclusions and recommendations for further research are presented.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Igor Iljin.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto, Mechatronikos, robotikos ir skaitmeninės gamybos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: gamybos technologijos, medžiagų technologijos, mechatronika, robotika, poligrafija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370-611-53045, igor.iljin@vilniustech.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Igor Iljin.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanics faculty, Department of Mechatronics, Robotics and Digital Manufacturing department, associate professor.

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

Telephone and e-mail address: +370-611-53045, igor.iljin@vilniustech.lt

BIODEGALŲ MIŠINIAIS VEIKIANČIO DYZELINIO VARIKLIO DARBO RODIKLIŲ DEGINIŲ EMISIJOS TYRIMAS

Audrius Žunda, Albinas Andriušis, Tomas Mickevičius
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Darbe buvo siekiama ištirti biodegalų mišiniais veikiančio dyzelinio variklio darbo rodiklius ir deginių emisijos rezultatus. Eksperimentiniai tyrimai buvo atliekami su dyzeliniu varikliu. Tyrimams naudotas grynas biodyzelinas (B) ir jo mišiniai su butanoliumi BBU5, BBU10, BBU15 ir BBU20. Bandymo metu buvo matuojamos variklio valandinės degalų sąnaudos, tūrinės oro sąnaudos, variklio sukimo momentas, deginių emisija bei dūmingumas. Išanalizavus tyrimo metu gautus duomenis, pastebėta, kad visose apkrovos režimuose, didžiausios valandinės degalų sąnaudos buvo gautos varikliui dirbant BBU20 degalų mišiniu. Bendroji azoto oksidų NO_x emisija didėjo, didėjant variklio apkrovai. Maksimali azotų oksidų (NO_x) emisija buvo gauta varikliui veikiant grynu biodyzelinu (2132 ppm). Varikliui dirbant pilna apkrova, didžiausia anglies viendeginio (CO) emisija (663 ppm), buvo gauta varikliui veikiant BBU5 mišiniu. Varikliui dirbant mažos apkrovos režime, biodegalų BBU20 mišiniu veikiantis variklis dūmino 23 % mažiau palyginus su grynais biodyzeliniais degalais.

Reikšminiai žodžiai: Biodegalai, variklio darbo rodikliai, deginių emisija.

Ivadas

Senkančios iškastinės naftos atsargos bei neigiami variklių degimo produktų padariniai turi įtakos ekologiniai sistemai ir tai yra globali šiuolaikinės pasaulinės energetikos problema. Atsižvelgiant į mokslininkų prognozes, kad naftos ištekliai sparčiai mažėja, vis intensyviau ieškoma alternatyvių energijos šaltinių, kuriuos būtų galima panaudoti transporto sektoriuje [1].

Esant pakankamai gerai išvystytai mašinų pramonei ir atsiradus dideliame automobilių kiekiui, atsiranda vis daugiau problemų susijusių su šituo žmonių išradimu. Pirmiausia padidėja atmosferos tarša dėl išmetamų dujų sudėties, o kita priežastis, tai kad gana sparčiai senka naftos ištekliai, iš kurių gaminami automobiliniai degalai. Kuo daugiau automobilių, tuo didesnis degalų poreikis. Biokomponentų naudojimas kaip naftos kuro pakaitalas yra svarbi visų šalių energetikos politikos dalis. Vieni populiariausių degalų transporte yra dyzelinas, todėl ypač didelis dėmesys turi būti nukreiptas į jų pakeitimą ar dalinį pakeitimą atsinaujinančiais degalais. Pasirašius Kioto protokolą ir kitus su klimato kaita susijusius dokumentus, didelis dėmesys ES šalyse skiriamas energijos gamybai iš atsinaujinančių energijos išteklių, ypač transporto sektoriuje. Biodegalų, skirtų dyzeliniams varikliams, pasirinkimas yra platus, kai kurie jų yra plačiai naudojami gryni arba kaip biodegalų mišinių komponentai. Žaliava, iš kurios gali būti gaminamas biodyzelinas yra: augalinis maistinis aliejus (sojų, saulėgrąžų, sėmenų); vienaląsčių aliejus (mielės, grybai, dumbliai); genetiškai modifikuotų sėklų aliejus; gyvūniniai riebalai (galvijiniai, kiauliniai riebalai, kritusių gyvulių atliekos). Bioetanolis, tai degalų alternatyva, kuris gaminamas iš atsinaujinančių biologinių išteklių (kukurūzai, cukriniai runkeliai). Biodyzelinas, gaunamas iš augalinio aliejaus transesterinimo būdu ir gaminamas etilo arba metilesterių pavidalu, sulaukia vis daugiau dėmesio, nes jo naudojimui nereikia modifikuoti įprastų dyzelinių variklių [2].

Biodyzelinas turi atitikti eilę reikalavimų, išvardintų standarte LST EN 14214. Svarbiausios biodyzelino savybės yra cetaninis skaičius, šilumingumas, atsparumas oksidacijai, žematemperatūrinės bei tepamosios savybės, rūgštingumas ir jodo skaičius. Cetaninis skaičius yra degalų užsidegimo kokybės indikatorius. Kuo šio rodiklio vertė didesnė, tuo biodegalai lengviau užsiliepsnoja, tolygiau vyksta degimo procesas. Aplinkosauginiu požiūriu taip pat yra labai svarbu, kad degalai, gauti iš biomasės išteklių, atitiktų tvarumo kriterijus, t.y. kad jų būvio cikle būtų sunaudojama mažiau energijos nei sukaupta pačiuose degaluose.

Butanolis – daugiatomis alkoholis, kuris gali būti panaudojamas kaip priedas degaluose. Butanolis dažniausiai gaminamas iš atsinaujinančių energijos šaltinių ir laikomas geresne alternatyva trumpų grandinių alkoholiams.

Mineralinius degalus keičiant alternatyviais ar atsinaujinančiais degalais, kinta degalų fizinės ir cheminės savybės. Dėl degalų fizinių ir cheminių savybių įtakos kinta variklio darbo ir deginių emisijos rodikliai [3, 4]. Alternatyvių ir atsinaujinančių degalų naudojimą plačiai tyrinėja viso pasaulio mokslininkai, tačiau nėra vieningos nuomonės dėl visų jų fizinių ir cheminių savybių įtakos, variklio darbo proceso parametrų, maitinimo sistemos elementų pokyčiams bei deginių emisijos rodikliams.

Tyrimo metodika

Eksperimentiniai tyrimai buvo atlikti Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijoje, Žemės ūkio inžinerijos fakulteto, Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos instituto variklių bandymų laboratorijoje, esančiu vieno cilindro, keturtakčiu, tiesioginio įpurškimo dyzeliniu vidaus degimo varikliu „ORUVA F1L511“, kurio vardinė galia 12,8 kW, esant 3000 min⁻¹ variklio sukimosi dažniui. Variklio stende sumontuota variklio apkrovos valdymo įranga ir darbo rodiklių bei emisijos matavimo prietaisai. Bandymai buvo atlikti esant pastoviams variklio sukiamams 2000 min⁻¹, keičiant variklio apkrovas.

Siekiant įvertinti biodegalų ir jų mišinių įtaką variklio darbo ir deginių emisijos rodikliams buvo paruošti biodyzelino (RME) ir butanolio (B) mišiniai. Tyrime nagrinėjami atvejai, su skirtinga degalų koncentracija. Eksperimentiniuose tyrimuose naudoti degalų mišiniai buvo sumaišyti pagal tūrį. Bandymuose buvo naudojamas grynas biodyzelinas (RME 100%) ir jo mišiniai su butanolio 5 %, 10 %, 15 % ir 20%. Naudotų gryną degalų fizinės cheminės savybės pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė

Naudotų degalų fizinės ir cheminės savybės

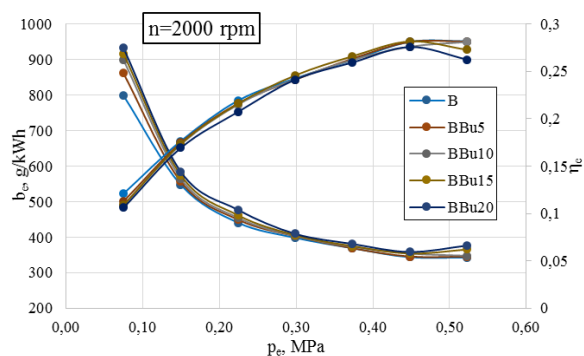
Savybių rodikliai	Vertinimo metodas	RME (B)	Butanolis (Bu)
Tankis esant 15°C, kg/m ³	EN ISO 12185:1999	884.7	810
Kinematinė klampa, mm ² /s	EN ISO 3104+AC:2000 at 40 °C	4.8	2.63
Tepimo savybės patikslintos pagal skersmens nusidėvėjimą (HFRR), (wsd 1.4) esant 60 °C, μm	EN ISO 12156-1	205	591
Pliūpsnio temperatūra atviraime tiglyje (FP), °C	EN ISO 2719:2000	168	35
Virimo temperatūra, °C	EN ISO 3405:2011	346 / 366	117.7
Savaiminio užsiliepsnojimo temperatūra °C	-	~342	~343
Cetanis skaičius	EN ISO 5165:1999	53.4	25
Deguonies kiekis, max wt%	-	10.9	21.62
Anglies ir vandenilio masės santykis (C/H)	-	6.49	4.8
Stechiometrinis oro ir degalų santykis, kg/kg	-	12.62	11.12
Žemutinis šilumingumas, MJ/kg	EN ISO 8217:2012	37.23	33.08

Degimo proceso metu susiformavęs anglies viendeginis (CO), anglies dvideginis (CO₂), azoto viendeginis (NO), azoto dvideginis (NO₂) ir liekamasis deguonis (O₂) buvo matuojami deginių analizatoriumi „Testo“ XL 350. Deginių dūmingumas buvo išmatuotas deginių skaidrumo matuokliu „Bosch“ RTT 110.

Tyrimo rezultatai

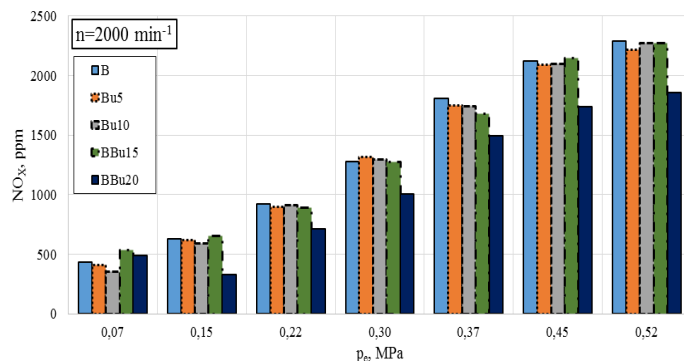
Degimo proceso pokyčiai turi įtakos variklio darbo ekonomiško rodikliams: degalų sąnaudoms ir naudingumo koeficientui. Esant toms pačioms variklio darbo sąlygoms lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos (b_e), varikliui veikiant RME ir jo mišiniais su butanolio buvo didesnės, lyginant su variklio darbu grynu biodyzelinu (1 pav.). Visais apkrovų režimais, varikliui dirbant biodegalų BBu20 mišiniu, buvo gautos didžiausios efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos. Esant maksimaliai variklio apkrovai, naudojant biodegalų mišinius, lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos didėja atitinkamai 0,7– 9,8 %, palyginti su grynu biodyzelinu maitinamu varikliu. Padidėjusias biodegalų mišinių sąnaudas galima pagrįsti mažesniu biodegalų mišinių šilumingumu.

Didžiausias variklio efektyviojo naudingumo koeficiento (η_e) sumažėjimas gautas esant mažoms variklio apkrovoms. Varikliui dirbant vidutine variklio apkrova, variklio efektyvusis naudingumo koeficientas didžiausią reikšmę (0,243) pasiekė panaudojus gryną biodyzeliną ir buvo didesnis 1 % lyginant su Bbu20 maitinamu mišiniu. Variklio apkrovą padidinus iki $p_e = 0,52$ MPa, naudojant biodegalų mišinius BBu5, BBu10, BBu15 ir BBu20, efektyvusis naudingumo koeficientas sumažėjo 0,12 %, 0,26 %, 3,28 %, ir 7,33 % atitinkamai, palyginti su grynu biodyzelinu varomu varikliu.



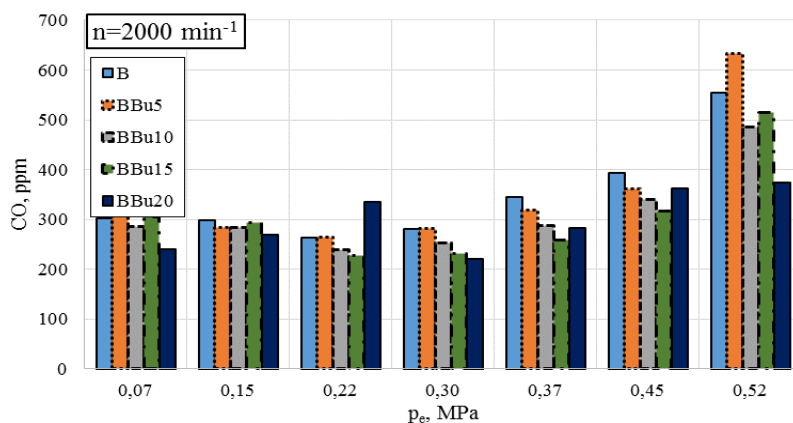
1 pav. Lyginamųjų efektyviųjų degalų sąnaudų (b_e) ir efektyviojo naudingumo koeficiento (η_e) priklausomybė nuo vidutinio efektyviojo slėgio (p_e), varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais

2 paveiksle pateikta bendroji azoto oksidų emisijos priklausomybė nuo vidutinio efektyviojo slėgio, varikliui skirtingos sudėties degalais. Bendroji azotų oksidų emisija susideda iš azoto viendeginio ir azoto dvideginio. Bendroji azoto oksidų (NO_x) emisija didėjo, didėjant variklio apkrovai (2 pav.). Grafikuose matyti, kad maksimali NO_x emisijos reikšmė (2132 ppm) gaunama, variklį maitinant grynu biodyzelinu. Varikliui dirbant pilnos apkrovos režimu, biodegalų mišiniai BBu5, BBu10, BBu15 ir BBu20 bendrąją azoto oksidų emisiją mažina 3,1 %, 0,9 %, 0,5 % ir 21,6 %, atitinkamai.



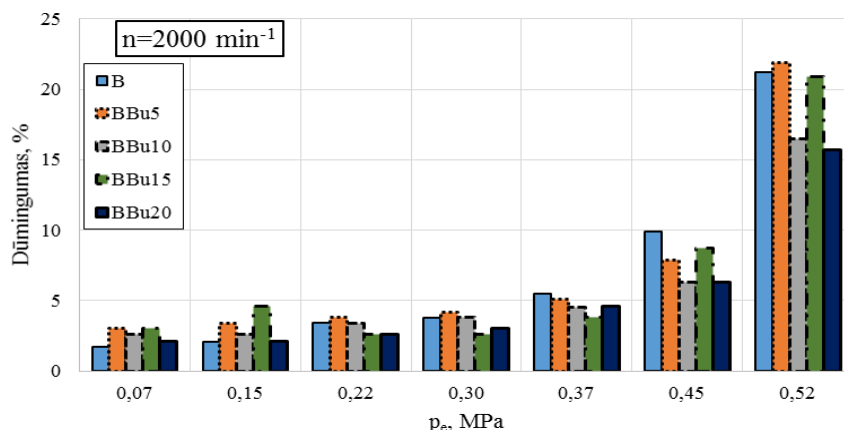
2 pav. Azoto oksidų (NO_x) priklausomybė nuo vidutinio efektyviojo slėgio (p_e), varikliui skirtingos sudėties degalais

Varikliui veikiant maža apkrova, anglies viendeginio (CO) emisija, naudojant biodegalų mišinį BB20, buvo mažesnė negu naudojant gryną biodyzeliną (3 pav.). Esant vidutinei apkrovai ($p_e = 0,37$ MPa), panaudojus biodegalų mišinius BBu5, BBu10, BBu15 ir BBu20, anglies viendeginio emisija sumažėjo 7,8 %, 19,4 %, 33,3 % ir 21,9 %, atitinkamai. Varikliui veikiant pilna apkrova, didžiausia anglies viendeginio CO emisija, buvo gauta, variklį maitinant biodegalų mišiniu BBu5. Tame pačiame režime naudojant biodegalų mišinį BBu20, CO emisija buvo 48,4 % mažesnė negu naudojant gryną biodyzeliną.



3 pav. Anglies viendeginio (CO) emisijos priklausomybė nuo vidutinio efektyviojo slėgio (p_e), varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais

Biodyzelino ir biodegalų mišiniais BBU5 – BBU20 veikiančio variklio išmetamųjų deginių dūmingumas pateiktas 4 pav. Grafikuose matyti, kad didžiausią reikšmę deginių dūmingumui turėjo variklio apkrova. Varikliui veikiant maža apkrova, mažiausias deginių dūmingumas buvo gautas variklį maitinant grynu biodyzelinu.



4 pav. Dūmingumo priklausomybė nuo vidutinio efektyviojo slėgio (p_e), varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais

Esant vidutinei apkrovai ($p_e = 0,37$ MPa), variklį veikiant biodyzelinu ir jo mišiniais su butanoliu (BBu5, BBU10, BBU15 ir BBU20), dūmingumas sumažėjo 7,8 %, 22,2 %, 44 %, ir 19,6 %, atitinkamai. Pilnos apkrovos režime variklio deginių dūmingumas buvo sumažintas 35% panaudojus biodegalų BBU20 mišinį.

Išvados

1. Varikliui dirbant žema 0,07 MPa apkrova, mažiausios efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos buvo gautos varikliui veikiant grynu biodyzelinu. Esant maksimaliai variklio apkrovai ($p_e = 0,52$ MPa) didžiausios (376,6 g/kW·h) lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos buvo gautos varikliui veikiant BBU20 degalų mišiniu.
2. Esant pilnai apkrovai, panaudojus biodegalų mišinį BBU20, variklio naudingo veikimo koeficientas buvo gautas 7,3 % mažesnis (0,263) palyginti su grynu biodyzelinu veikiančiu varikliu (0,282).
3. Bendroji azotų oksidų NO_x emisija buvo gauta didžiausia (2132 ppm), variklį maitinant grynu biodyzelinu ir esant maksimaliai apkrovai. Panaudojus skirtingus biodegalų mišinius BBU5, BBU10, BBU15 ir BBU20, labiausiai aplinkai ir žmogui kenksmingą NO_x emisiją pavyko sumažinti 3,1 %, 1 %, 0,5 %, ir 21,6%, atitinkamai.
4. Didžiausia anglies viendeginio CO emisija, varikliui dirbant pilnos apkrovos režimu, buvo gauta varikliui veikiant BBU5 degalų mišiniu (633 ppm), o mažiausios panaudojus BBU20 degalų mišinį (374 ppm).
5. Varikliui dirbant mažos apkrovos režime, degalų mišiniu BBU20 veikiantis variklis dūmino 23 % mažiau palyginus su grynu biodyzelinu. Pilnos apkrovos režime variklio deginių dūmingumas buvo sumažintas 35% panaudojus degalų mišinį BBU20.

Literatūra

1. Labeckas, Gvidonas; Slavinskas, Stasys; Mažeika, Marius. The effect of ethanol–diesel–biodiesel blends on combustion, performance and emissions of a direct injection diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 2014, 79: 698-720.
2. Labeckas, Gvidonas; Slavinskas, Stasys; Mickevičius, Tomas. Performance and emissions of a diesel engine operating with renewable binary biodiesel-n-butanol biofuel blends. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, 2020, 1.14: 17-25.
3. Rakopoulos, D. C., et al. Effects of butanol–diesel fuel blends on the performance and emissions of a high-speed DI diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 2010, 51.10: 1989-1997;
4. Labeckas, Gvidonas; Slavinskas, Stasys. Combustion phenomenon, performance and emissions of a diesel engine with aviation turbine JP-8 fuel and rapeseed biodiesel blends. *Energy Conversion and Management*, 2015, 105: 216-229

PERFORMANCE PARAMETERS OF THE DIESEL ENGINE OPERATING ON BIOFUEL BLENDS

Summary

The article presents the influence of biodiesel – butanol blends on diesel engine performance and exhaust emissions. A one-cylinder, four-stroke diesel engine "ORUVA FIL511" was used for the research. The tests were performed at constant engine speeds $n = 2000$ rpm with different engine loads. Pure biodiesel (B) and blends of biofuels BBU5, BBU10, BBU15 and BBU20 were used in the research. During the test, the engine's hourly fuel consumption, volumetric air consumption, engine torque, exhaust emissions and smoke were measured.

Analysis of the data obtained during the study showed that, in all load modes, the highest hourly fuel consumption was obtained when the engine was running on BBU20 fuel blend. Total NOx emissions from nitrogen oxides increased with increasing engine load. Maximum nitrogen oxide (NOx) emissions were obtained with the engine running on pure biodiesel (2132 ppm). At full engine load, the highest carbon monoxide (CO) emission (663 ppm) was obtained with the engine running on a BBU5 blend. When the engine was running on low load, the biofuel BBU20 blend, generated 23% less smoke, compared to pure biodiesel.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Audrius Žunda

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, lektorius

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Kauno Technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakultetas.

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

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 675 27255, audrius.zunda@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Albinas Andriušis

Mokslų laipsnis ir vardas: lektorius

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Kauno Technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakultetas.

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

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 687 95805, albinas.andriusis@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Tomas Mickevičius

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Kauno Technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakultetas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto inžinerija

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 616 45666, tomas.mickevicius@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Audrius Zunda

Science degree and name: Doctor of Technological Sciences, Lecturer

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

Author's research interests: production technologies, materials technologies, engineering research methodology

Telephone and e-mail address: +370 65255737, audrius.zunda@edu.ktk.lt

Author name, surname: Tomas Mickevičius

Science degree and name: Doctor of Technological Sciences, Lecturer

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

Author's research interests: production technologies, materials technologies, engineering research methodology

Telephone and e-mail address: +370 65255737, tomas.mickevicius@edu.ktk.lt

Author name, surname: Tomas Mickevičius

Science degree and name: Doctor of Technological Sciences, Associated Professor.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Associated Professor.

Author's research interests: Technological Sciences, Transport Engineering.

Telephone and e-mail address: +370 65255737, tomas.mickevicius@edu.ktk.lt

LTE ir HSPA+ TINKLŲ PARAMETRŲ MATAVIMAS

Stasys Kašėta¹, Vitas Grimaila²

Kauno technikos kolegija¹, Kauno technologijos universitetas²

Anotacija

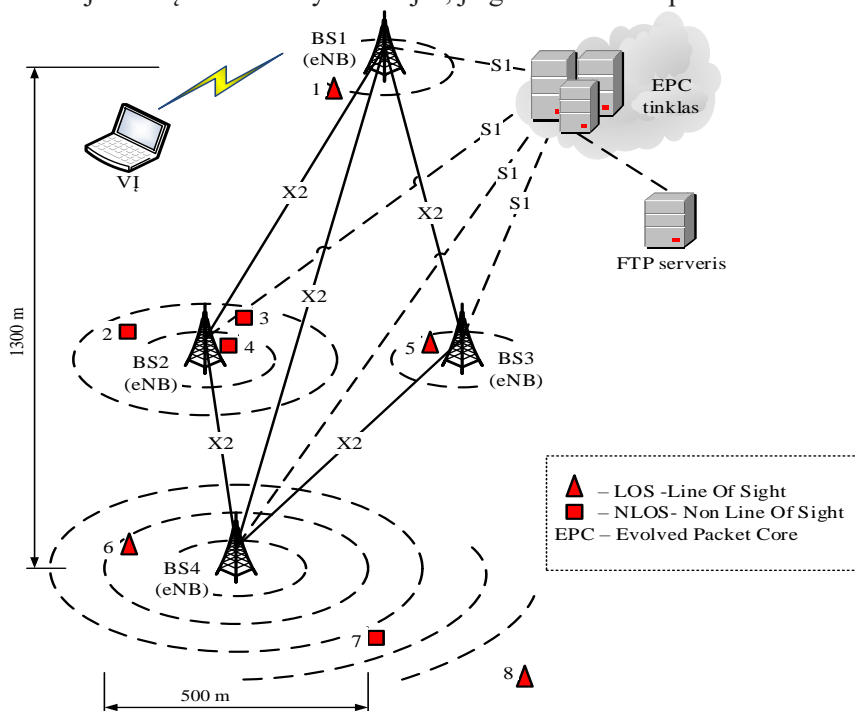
Šiame straipsnyje analizuojami LTE (Long Term Evolution) tinklo parametrai. 3GPP LTE 8 leidimo specifikacijoje nurodomas didžiausias žemynkrypčio ryšio pralaidumas iki 100 Mbps naudojant SISO (Single Input Single Output) antenas ir iki 300 Mbps pralaidumas naudojant 4x4 MIMO (Multiple Input Multiple Output) antenas. Priklausomai nuo atstumo tarp bazinių stočių pagal CQI (kanalo kokybės indikatorius) ir RSSI (gauto signalo stiprio indikatorius) parodymus analizuojami LTE tinklo PDSCH (fizinio žemynkrypčio bendro kanalo) signalo atsisiuntimo pralaidumo rodikliai. Pralaidumo vertės lyginamos su ankstesnės kartos duomenų perdavimo technologija, t.y. su HSPA+ (didelės spartos paketine prieiga) matavimų rezultatais. HSPA+ tinklas matavimų metu buvo minimaliai eksploatuojamas, o LTE tinklo matavimai buvo atlikti realiame, dar neeksploatuojamame ir neapkrautame tinkle, realiu laiku.

Reikšminiai žodžiai. Ryšio tinklo parametrai, LTE tinklas, PDSCH, HSPA+ tinklas.

Įvadas

LTE yra išvystytos paketų sistemos prieigos dalis, pagrįsta tik interneto protokolu (IP). Aukštas spektrinis efektyvumas, didelė duomenų perdavimo sparta, maža delsa ir lankstus dažnio panaudojimas yra pagrindiniai LTE prieigos tinklo ypatumai.

LTE prieigos tinklą sudaro eNodeB (eNB) bazinės stotys. Jame nėra centralizuoto tinklo valdiklio, kaip 3G tinklo atveju ir prie pagrindinio tinklo eNB stotys jungiamos per S1 sąsają, papildomai eNB stotys tarpusavyje sujungiamos panaudojant X2 sąsają (1 pav.). Per X2 ir S1 sąsajas informacija paskirstoma tarp LTE bazinių stočių taip paspartinant ryšio sudarymo procedūras bei sutrumpinant ryšio perkelties laikus. Perkelties laikas ir perdavimo delsa yra esminiai parametrai teikiant paslaugas realiuoju laiku, kadangi galutiniai vartotojai linkę nutraukti ryšio sesijas, jeigu šie laikiniai procesai užtruktų per ilgai [3GPP,2015].



1 pav. LTE tinklo bazinių stočių išdėstymas (tinklo fragmentas)

Šaltinis: sudaryta autorių

CQI indikatorius indeksas ir signalo ir triukšmo santykio (SNR) vertės signalo priėmimo vietose yra pagrindiniai parametrai, rodantys LTE efektyvumą ir kokybę. Šiems indeksams ir vertėms įtakos turi įvairūs veiksniai. CQI ir SNR tiesiogiai veikia algoritmai, naudojami duomenų perdavimui tarp vartotojo įrangos (VI) ir eNB. Be to, CQI ir SNR yra susieti ir turi vienas kitam įtakos [Kawser, 2012], o CQI indikatorius turi įtakos LTE tinklų pralaidumui [Schwarz, 2011].

Vis dar aktuali tema yra atstumo tarp VĮ ir bazinės stoties įtaka duomenų perdavimo spartai, kadangi šiuo metų LTE tinklai dėl pandemijos sukeltų padarinių ir nuotolinių darbo vietų augimo patiria didžiules apkrovas, o 5G tinklas artimiausiu metu Lietuvoje planuojamas diegti tik siaurame 700 MHz dažnių diapazone. Matavimo rezultatai gali būti panaudoti planuojant LTE tinklo eNB diegimą vidutinio tankio miestuose.

Matavimo sąlygos

HSPA+ ir LTE tinklų parametrai buvo išmatuoti vidutinio tankio miesto centre. LTE tinklo bazinių stočių išdėstymas pateiktas 1 pav. Bazinės stotys šiame mieste įrengtos 30–40 m aukštyje, o pastatai yra vidutiniškai 20–30 metrų aukščio.

LTE tinklą eksploatuoja vienas iš mobiliojo ryšio operatorių. LTE tinklas veikia 1800 MHz dažnių diapazone FDD (Frequency-division duplex) režimu ir naudoja 2x2 MIMO antenas bei 20 MHz kanalo plotį. HSPA+ veikia 1800 MHz dažnių diapazone FDD režimu ir naudoja 1x2 SIMO antenas bei 20 MHz kanalo plotį. Matavimai atlikti naudojant TEMS Investigation programinę įrangą ir Huawei vartotojo įrangą. Matavimų metu kritulių nebuvo ir kitų radijo bangų sklidimui reikšmingų neigiamų įtakos faktorių nepastebėta.

LTE tinklo matavimo vietos buvo pasirinktos naudojant standartinį vartotojo modelį. Kadangi įprasti vartotojai negali pasirinkti vietų su geresniais ryšio parametrais, tai ir matavimai buvo atlikti įvairiomis sąlygomis: esant skirtingiems atstumams iki bazinių stočių (BS), kai buvo tiesioginis matomumas ir kai ryšio sąlygas blogino kliūtys ir pan. HSPA+ tinklas buvo matuojamas naudojant tą patį modelį, maždaug 100–150 m atstumu nuo bazinės stoties.

LTE tinklo matavimo vietos buvo suskirstytos į tiesioginio matomumo linijas (LOS) ir netiesioginio matomumo linijas (NLOS). Taip buvo padaryta, nes kai kurie matavimo taškai yra tiesiogiai „matomi“ iš eNB antenų, o kai kurie ne. Kadangi LTE tinklo parametrai priklauso nuo šio faktoriaus, tai tikslesnė analizė atliekama naudojant LOS ir NLOS modelius. Matavimai BS1, BS3 ir kai kuriuose BS4 taškuose buvo LOS sąlygomis, o BS2 ir kai kuriuose BS4 taškuose atitiko NLOS sąlygas (žr. 1 pav.).

Matuojami parametrai

Išmatuoti ir analizuojami LTE tinklo parametrai buvo šie: kanalo PDSCH pralaidumas, CQI indikatorius, RSSI indeksas, gauto atskaitos signalo galia (RSRP) ir gauto atskaitos signalo kokybė (RSRQ). PDSCH yra pagrindinis duomenų pernešimo kanalas, kuris vartotojams paskirstomas dinamiškai ir pagal galimybes. PDSCH pasiekiamas pralaidumas priklauso nuo [Johnson, 2012]:

- PDSCH skirtų išteklių elementų skaičiaus;
- moduliavimo schemos, taikomos kiekvienam išteklių elementui;
- rezervavimo, naudojamo fiziniame sluoksnyje, dydžio;
- kelių antenų perdavimo schemų panaudojimo.

Matavimai ir grįžtamasis ryšys, susijęs su perdavimo nustatymais, yra žinomi kaip CQI indikatorius parodymai. Priklausomai nuo CQI indikatorius vertės, eNB priima sprendimą tam tikram VĮ priskirti tam tikrą moduliacijos ir kodavimo schemą MCS.

LTE tinkle kuo didesnis CQI indikatorius parodymas, tuo didesnė moduliacijos ir kodavimo schema ir didesnis perdavimo našumas. Tačiau, tai priklauso ir nuo VĮ imtuve įdiegtų algoritmų, prie kurių signalo ir triukšmo su interferencija santykis (SNIR) gali duoti gerą pralaidumą. CQI indikatorius verčių diapazonas buvo nuo 0 iki 15.

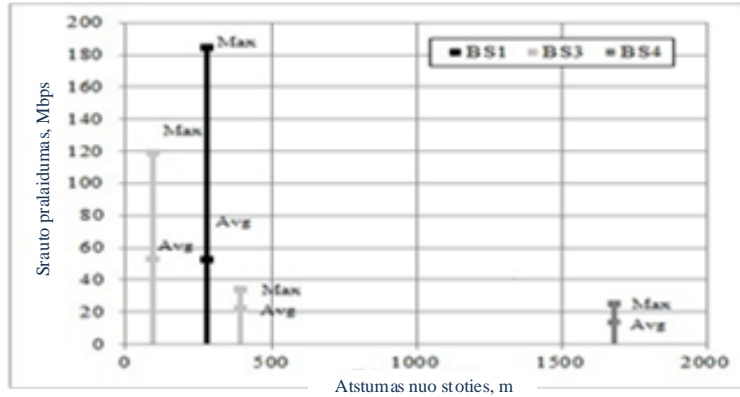
HSPA+ tinkle buvo išmatuoti pralaidumo ir CQI indikatorius parametrai. Kanalo kokybės indikatorius rodo, kokia yra signalo kokybės vertė ir pagal šią vertę VĮ nusprendžia, kokią moduliaciją ir transportuojamo duomenų bloko dydį naudoti. CQI indikatorius verčių diapazonas buvo nuo 0 iki 30.

PDSCH pralaidumo priklausomybės nuo atstumo analizė

Žemynkrypčio srauto matavimai buvo atlikti 4 bazinėms stotims LTE tinkle. Kiekvienas matavimo taškas buvo parinktas skirtingu atstumu nuo bazinės stoties iki VĮ. Matavimai buvo atlikti LOS ir NLOS sąlygomis. Išmatuotos vidutinės ir didžiausios srauto vertės pateiktos grafikuose (2–11 pav.).

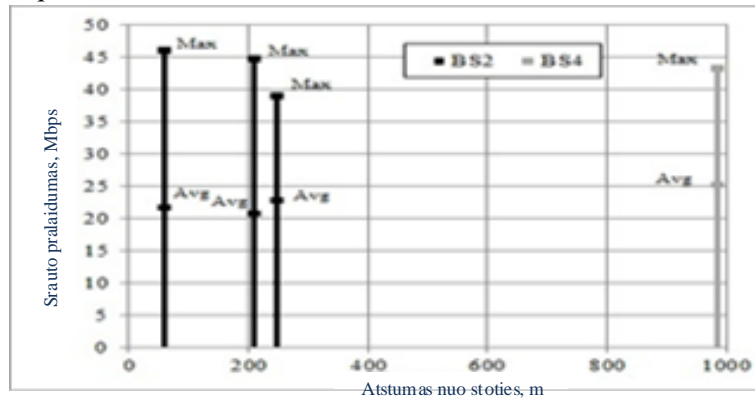
2 pav. pateiktos vidutinės ir didžiausios kanalo pralaidumo nuo eNB iki VĮ priklausomybės nuo atstumo LOS sąlygomis. Kaip matyti, net jei didžiausios pralaidumo vertės kinta plačiose ribose BS1 (iki 184 Mbps) ir BS3 (iki 120 Mbps) stotyse, tai išmatuoti vidutiniai pralaidumai yra gana panašūs (atitinkamai 52,2 Mbps 1 taške (žr. 1 pav.) ir 52,6 Mbps 5 taške). BS4 atveju VĮ yra labiau nutolusi nuo eNB (8 taškas) ir čia išmatuotas didžiausias pralaidumas yra mažesnis (24,6 Mbps). Išmatuotas didžiausias pralaidumas 6 taške (33,8 Mbps)

galėtų būti didesnis, tačiau matavimas buvo atliktas celės pakraštyje, todėl tam įtakos galėjo turėti gretimų celių trukdžiai. Matavimo rezultatai rodo pralaidumo mažėjimo tendenciją, kai atstumas nuo eNB iki VĮ didėja.



2 pav. Žemynkrypčio srauto nuo eNB iki VĮ priklausomybė nuo atstumo. Matuota LOS sąlygomis
Šaltinis: sudaryta autorių

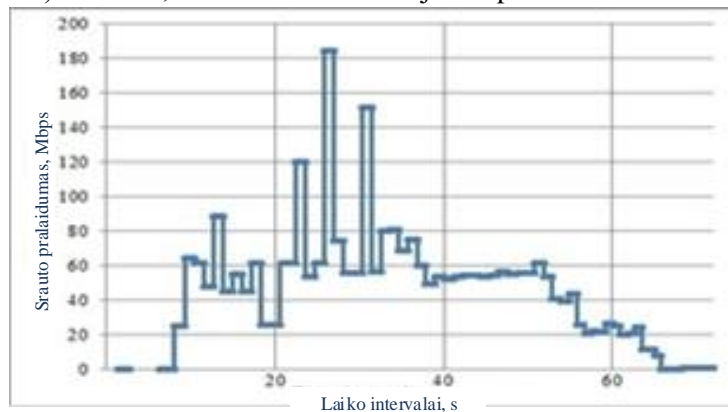
3 pav. pateikta vidutinė ir didžiausia žemynkrypčio srauto priklausomybė nuo atstumo NLOS sąlygomis. Didžiausios srauto pralaidumo vertės BS2 stotyje kinta gana plačiose ribose (iki 47 Mbps 4 taške, iki 44 Mbps 3 taške ir iki 38 Mbps 2 taške) ir analogiškai BS4 stotyje (iki 43 Mbps 7 taške). Išmatuotas vidutinis pralaidumas šiuose taškuose yra panašus (atitinkamai 22 Mbps 4 taške, 21 Mbps 3 taške, 23 Mbps 2 taške ir 26 Mbps 7 taške). Šalia BS4 yra mažesnis pastatų tankis ir jie yra žemesni, todėl reikšmingo pralaidumo mažėjimo nepastebėta.



3 pav. Žemynkrypčio srauto nuo eNB iki VĮ priklausomybė nuo atstumo. Matuota NLOS sąlygomis
Šaltinis: sudaryta autorių

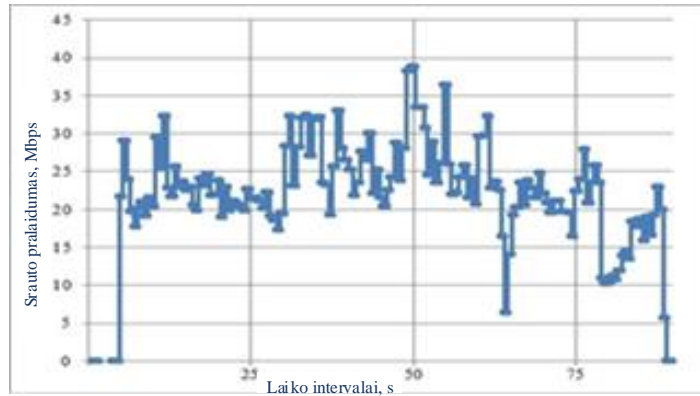
Srauto pralaidumo palyginimas duomenų perdavimo procese

4 pav. ir 5 pav. pateikti srauto pralaidumo kitimo rezultatai duomenų failų perdavimo procesuose LTE tinkle 1 (LOS) ir 2 (NLOS) taškuose, o HSPA+ tinklo atveju – 6 pav.



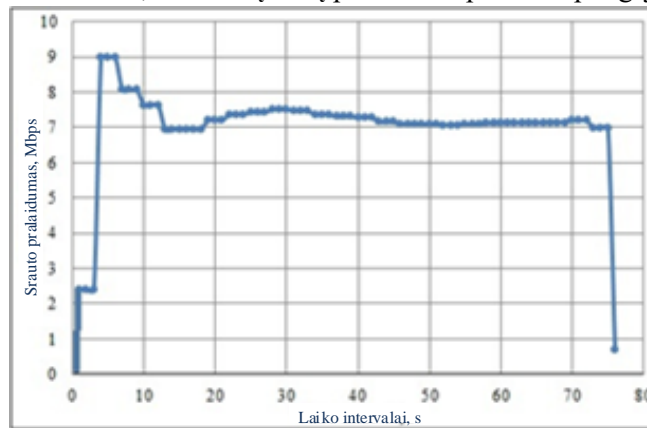
4 pav. Srauto pralaidumas duomenų perdavimo proceso metu LOS sąlygomis LTE tinkle
Šaltinis: sudaryta autorių

Kaip matyti iš 4 pav., LOS sąlygomis žemynkrypčio srauto vertės iš pradžių skiriasi daugiau nei 9 kartus. Proceso viduryje pralaidumo kitimas yra praktiškai pastovus ir tik pabaigoje srauto vertės sumažėja.



5 pav. Srauto pralaidumas duomenų perdavimo proceso metu NLOS sąlygomis LTE tinkle
Šaltinis: sudaryta autorių

5 pav. NLOS sąlygomis žemynkryptis duomenų srautas nepastovus viso perdavimo proceso metu ir jo kitimas yra daugiau nei 6 kartai. Be to, duomenų failų perdavimo procesas pailgėja.



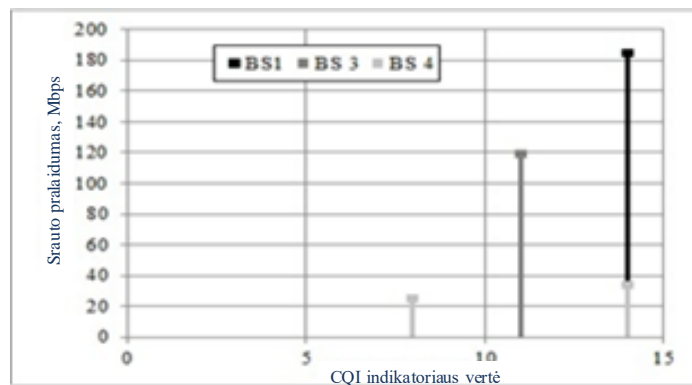
6 pav. Srauto pralaidumas duomenų perdavimo proceso metu HSPA+ tinkle
Šaltinis: sudaryta autorių

Kaip matyti iš 6 pav., HSPA+ tinklo pralaidumas nekinta tiek, kiek LTE tinkle (LOS ir NLOS sąlygomis) ir jo amplitudės kitimas sudaro tik apie 20 %. Tačiau srauto verčių amplitudės mažesnės nei LTE tinkle LOS sąlygomis iki 20 kartų ir iki 4 kartų, jeigu matuojama NLOS sąlygomis.

Srauto priklausomybės nuo CQI indikatorius analizė

CQI indikatorius parodo kokia naudojama moduliacija ir koks jos efektyvumas. Todėl kuo didesnis CQI, tuo didesnę pikinį pralaidumą galima pasiekti ir tuo pačiu išmatuoti.

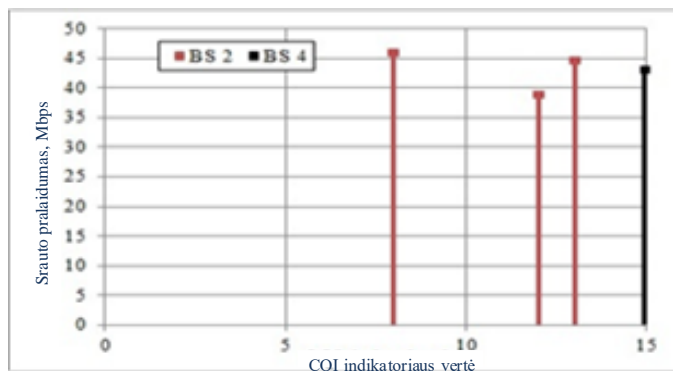
7 pav. pateikti eNB didžiausio pralaidumo rezultatai ir atitinkamos CQI indikatorius vertės, pateiktos LOS matavimo sąlygomis.



7 pav. Žemynkrypčio srauto pralaidumo priklausomybė nuo CQI esant LOS sąlygomis
Šaltinis: sudaryta autorių

BS 1-me matavimo taške didžiausias pralaidumas buvo 184 Mbps ir jis buvo išmatuotas, kai CQI vertė buvo 14. Esant šiai indikatorius vertei naudojama 64QAM moduliacija, kuri įgalina pasiekti maksimalius duomenų perdavimo pralaidumus. 5-me taške (BS3) CQI=11, o pralaidumas - 120 Mbps. Taigi galima daryti išvadą, kai CQI indikatorius reikšmės yra nuo 11 iki 15, tai galima pasiekti didesnę nei 100 Mbps pralaidumą. Nutolusio 8 matavimo taško (BS4) aplinkoje CQI=8 ir buvo naudojama 16QAM moduliacija, pasiektas didžiausias pralaidumas buvo tik 24 Mbps. 6-me matavimo taške (BS4) CQI=14, tačiau pasiektas pralaidumas buvo tik 38 Mbps.

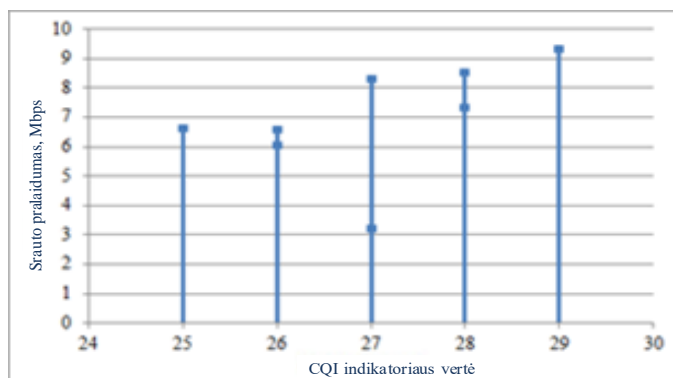
Kaip matyti iš 8 pav., NLOS sąlygomis pralaidumo vertės yra palyginti mažos (nuo 38 Mbps iki 47 Mbps 2, 3, 4 ir 7 taškuose BS2 ir BS4), nepriklausomai nuo to, kokios yra CQI indikatorius vertės (nuo 8 iki 15) ir nepriklausomai nuo to, kokia moduliacija 16QAM ar 64QAM naudojama. Taip pat matome, kad 4-me taške (BS2) CQI indikatorius reikšmė yra tik 8, tačiau pasiektas žemynkryptis pralaidumas šioje grupėje yra didžiausias.



8 pav. Žemynkrypčio srauto pralaidumo priklausomybė nuo CQI esant NLOS sąlygoms
Šaltinis: sudaryta autorių

Galima teigti, kad nepaisant LOS ar NLOS sąlygų, CQI indikatorius verčių nepakanka tinklo kokybei nustatyti, todėl reikia išsamesnių šio faktoriaus tyrimų.

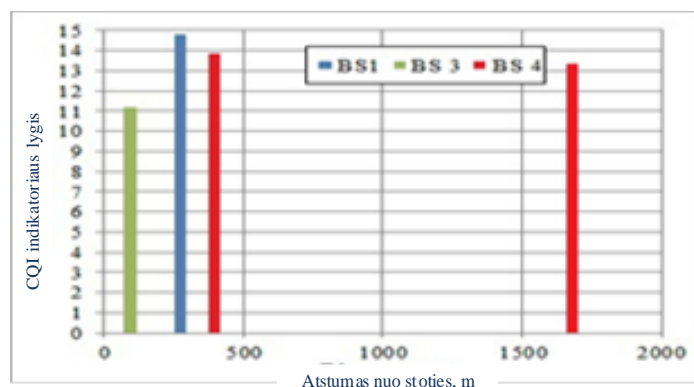
Kaip minėta aukščiau, HSPA+ tinkle CQI vertės yra nuo 0 iki 30 ir jos skiriasi nuo LTE tinklo. Iš 9 pav. matyti, kad yra tiesioginė koreliacija tarp CQI indikatorius lygio ir išmatuoto pralaidumo. Tačiau galima pastebėti, kad pralaidumų skirtumas yra labai panašus, kai naudojama moduliacija yra 16QAM, kai CQI=25 ir 64QAM, kai CQI=26. Net jei visi taškai, kuriuose buvo atlikti matavimai, veikia panašiomis sąlygomis, pralaidumo vertės skiriasi ir gali būti mažos (iki 3 Mbps) esant CQI=27. Tai rodo, kad ne tik CQI indikatorius vertės daro įtaką pralaidumui.



9 pav. Žemynkrypčio srauto pralaidumo priklausomybė nuo CQI
Šaltinis: sudaryta autorių

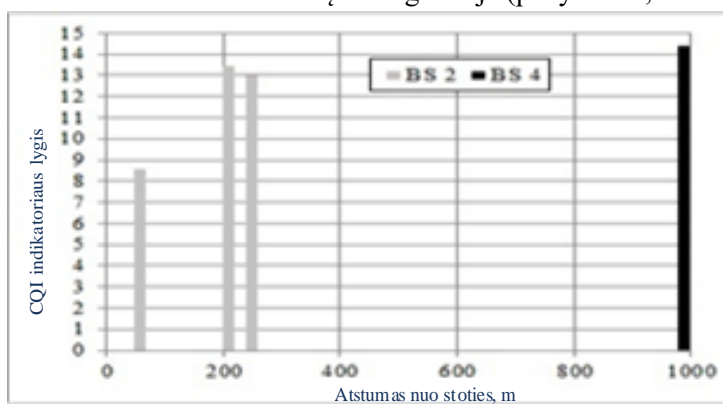
CQI indikatorius priklausomybės nuo atstumo analizė

Atliekant LTE tinklo matavimus pastebėta CQI indikatorius reikšmių priklausomybė nuo atstumo tarp eNB ir VĮ. Kaip matyti iš 10 pav., vidutinė CQI indikatorius vertė kinta nuo 11 iki 15, kai atstumas nuo eNB iki VĮ LOS sąlygomis svyruoja nuo 95 iki 1600 metrų. Šie rezultatai rodo, kad nors ir esant VĮ netoli BS, tinklo kokybės parametrai nebuvo patys geriausi (CQI=11, 15, 14). Be to, padidėjus atstumui daugiau nei tris kartus (iki 1600 m), vidutinė CQI indikatorius vertė sumažėjo gana nežymiai tik iki 13. Didžiausia CQI indikatorius vertė 15 buvo gauta 1 taške (BS1), kai atstumas nuo bazinės stoties buvo 280 metrų.



10 pav. CQI indikatoriaus priklausomybė nuo atstumo tarp eNB ir VĮ esant LOS
Šaltinis: sudaryta autorių

Iš 11 pav. matome, kad veikiant NLOS sąlygomis netolimais atstumais CQI reikšmės yra gana mažos (CQI=8, 13). Galima pastebėti, kad nepaisant to ar ryšys veikia LOS, ar NLOS sąlygomis CQI reikšmės yra gana mažos ir tai galimai nulemia BS stoties antenų konfigūracija (pavyzdžiui, nuosvyrio kampo dydis).



11 pav. CQI indikatoriaus priklausomybė nuo atstumo tarp eNB ir VĮ esant NLOS
Šaltinis: sudaryta autorių

7-me matavimo taške (990 m) gauta gana didelė CQI reikšmė (CQI=14) galimai buvo nulemta daugiakrypčio kelio efekto, kai imtuvą pasiekia keliolika atsispindėjusių signalų ir jie veikia adityviai.

Išvados

1. Nepaisant to ar ryšys veikia LOS ar NLOS sąlygomis, atstumas nuo eNB iki VĮ tiesiogiai įtakoja PDSCH pralaidumą ir CQI reikšmes.

2. Esant ryšiui LOS sąlygomis ir esant mažam atstumui (iki 280 m) tarp eNB iki VĮ buvo išmatuotos didžiausios žemynkrypčio duomenų srauto vertės (iki 184 Mbps). NLOS sąlygomis didžiausias pasiektas žemynkryptis duomenų srautas buvo 47 Mbps.

3. Atliekant matavimus nedideliais atstumais (100-150 m) LOS sąlygomis HSPA+ tinkle, didžiausias pasiektas pralaidumas buvo tik 9,28 Mbps ir tai yra net 20 kartų mažiau nei LTE tinkle.

4. Įprasto failų perdavimo proceso metu LOS sąlygomis žemynkrypčio perdavimo sparta nėra stabili ir failo siuntimo metu kinta daugiau nei 9 kartus. NLOS sąlygomis žemynkrypčio perdavimo sparta sumažėja daugiau nei 6 kartus ir dėl to failo persiuntimo laikas pailgėja iki 50 %.

5. HSPA+ tinkle failų žemynkrypčio perdavimo sparta buvo stabili, nors failo persiuntimo pradžioje (15 s intervale) pastebėti iki 22 % perdavimo spartos svyravimai, vėliau persiuntimo procesas nusistovi ir kinta tik 5 % ribose.

6. Siekiant tiksliau įvertinti LTE ir HSPA+ tinklų kokybę rekomenduojame naudoti ne tik CQI parametą, bet ir kitus ryšio kokybę nusakančius parametrus: RSSI, RSCP, RSRP, RSRQ ir kt.

Literatūra

1. 3GPP LTE overview, 2015. [Online]. Available: <http://www.3gpp.org/LTE>.

2. Mohammad T. Kawser and others. "Downlink SNR to CQI Mapping for Different Multiple Antenna Techniques in LTE". International Journal of Information and Electronics Engineering, Vol. 2, No. 5, September 2012.
3. Stefan Schwarz, Christian Mehlhruer and Markus Rupp, "Low Complexity Approximate Maximum Throughput Scheduling for LTE". 2011. [Online]. Available: http://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_187402.pdf
4. Chris Johnson, "Long Term Evolution IN BULLETS", 2nd Edition, 2012.

MEASUREMENT OF LTE AND HSPA+ NETWORK PARAMETERS

Summary

Long Term Evolution (LTE) network parameters are analysed in this paper. According Channel Quality Indicator (CQI) and Received Signal Strength Indicator (RSSI) indexes the Physical Downlink Shared Channel (PDSCH) download throughput of LTE network there is analysed in dependency of distance on base stations. Throughput values are compared with the results of High Speed Packet Access (HSPA+) network measurements, as this is earlier technology for data transfer. HSPA+ and LTE networks measurements were performed in implemented real network in real time.

Key words: LTE network, PDSCH, HSPA+ network, Network parameters.

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

Autoriaus vardas, pavardė: Vitas Grimaila
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas
Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universitetas
Autoriaus mokslinių interesų sritys: mobilusis ir mikrobangis ryšys
Telefonas ir el.pašto adresas: 8 659 99458, vas.grimaila@ktu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Stasys Kašėta
Science degree and name: doctor, associate 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

Author name, surname: Vitas Grimaila
Science degree and name: doctor, associate professor
Workplace and position: Kaunas University of Technology
Author's research interests: mobile and microwave communications
Telephone and e-mail address: 8 659 99458, vas.grimaila@ktu.lt

Galios kabelių klojimo ir movų montavimo technologijos ir jų įtaka elektros tinklo patikimumui

Nerijus Baršiukaitis
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Straipsnyje pateikiama kabelių linijų gedimų apžvalga ir pagrindinės jų priežastys. Išanalizuota kabelių linijų tiesimo trūkumai ir vykdančių šiuos darbus elektrotechnikos darbuotojų kvalifikacijos problemos. Pateikiama 0,4–35 kV įtampos galios kabelių linijų klojimo rekomendacijos, kuriose nurodoma pagrindiniai organizaciniai, techniniai ir esminiai darbų saugos reikalavimai. Aptariama šiuolaikinės movų montavimo technologijos ir movoms keliami reikalavimai. Apžvelgiama darbams reikalinga įranga, įtaisai ir įrankiai.

Reikšminiai žodžiai. Kabelių linija, elektros tinklas, mova, daliniai išlydžiai, kompetencija.

Įvadas

Pastaraisiais metais, sparčiai vystantis pramonei, didėja elektros energijos perdavimas (skirstymas) kabelių tinklais, kasmet didėja jų ilgis, daugėja kabelius klojančių rangovų skaičius. Rangovinės įmonės ir užsakovai – elektros tinklo operatoriai, kaip dėl objektyvių, taip ir dėl subjektyvių priežasčių ne visuomet pakankamai gerai atlieka jiems patikėtas funkcijas. Dėl to, naujai tiesiamos, rekonstruojamos ir kapitališkai remontuojamos 0,4–35 kV įtampos KL dažnai neatitinka šiuolaikinių joms keliamų patikimumo reikalavimų.

Elektros skirstymo operatoriaus investiciniame plane iki 2028 m numatytas prioritetas elektros tinklo patikimumo gerinimui. Programa skirta užtikrinti nepertraukiamą ir kokybišką energijos skirstymą saugiu aplinkai elektros tinklu. Viena svarbių šios programos priemonių – elektros tinklų oro linijų keitimas požeminėmis, prioritetą teikiant nepatikimų ir avaringų linijų keitimui, miškingoms teritorijoms bei įtampos kokybės gerinimo sprendimams.

Pagrindinė elektros tiekimo nutraukimų priežastis dėl gamtinių sąlygų poveikio ir kitų priežasčių pažeistos elektros tiekimo linijos. 70% elektros linijų ESO tinkle yra oro linijos, kurių pažeidžiamumas yra gerokai didesnis nei požeminių kabelių linijų. Pastarieji elektros energijos sutrikimai netenkina suinteresuotų šalių lūkesčių. Remiantis Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos informacija, per 1981-2020 metų laikotarpį Lietuvoje buvo 190 stichinių reiškinių arba vidutiniškai 6-7 audros, stipraus vėjo, krušos atvejai per metus. Hidrometeorologai prognozuoja, kad keičiantis klimatui Lietuvoje augs labai stipraus vėjo, smarkaus lietaus ir audros atvejų, kuriam esamas ESO elektros tinklas yra neatsparus: virstantys medžiai, sniegas ir apledėjimas nutraukia laidus, o užkritisios šakos sukelia trumpus jungimus. Kartu pažymėtina, kad požeminių kabelių linijos, nors yra atsparesnės oro sąlygoms, tačiau jų gedimų šalinimas kainuoja brangiau ir užtrunka ilgiau, taip pat jos dažnai pažeidžiamos vykdant žemės kasimo darbus ypač urbanizuotose vietovėse.

Tyrimo objektas - kabelių linijų tiesimo ir movų montavimo technologijų nesilaikymo ir jų įtakos elektros tinklo patikimumui analizė.

Tyrimo tikslas: atskleisti kabelių linijų tiesimo ir movų montavimo technologijų nesilaikymo priežastis.

Tiksliui pasiekti keliami tokie uždaviniai:

1. Išanalizuoti Lietuvoje eksploatuojamų kabelių linijų gedimo priežastis, jų klojimo, eksploatavimo ypatumus ir trūkumus.
2. Apžvelgti kabelių klojimui naudojamą įrangą ir jos teisingą panaudojimą darbo metu.
3. Pateikti rekomendacijas kaip pagerinti atliekamų darbų kokybę.

1. Kabelių linijų techninė būklė

Kaip rodo kabelių linijų statybos ir eksploatavimo analizė, 110 kV įtampos KL statybai, kaip ypatingai svarbiems objektams, skiriamas didelis dėmesys, tačiau, vykstant 10 kV įtampos KL plėtrai, dažnai teisės aktai ir reglamentai pažeidžiami ir šios įtampos kabeliuose įvyksta daugiausiai gedimų.

Kabelių linijų techninė būklė priklauso nuo:

- kvalifikuoto kabelių, ypač mechanizuotu būdu, klojimo – nepakankamas įrangos komplektavimas, nesugebėjimas deramai ja naudotis ir pasitaikantys kabelių apvalkalų, izoliacijos mechaniniai žalojimai;
- KL jungiamųjų ir galinių movų montuotojų darbų priežiūros ir kontrolės – užsakovų vykdoma nepakankamai ir ne kvalifikuotai;

- užsakovo (statytojo) inžinerinių darbuotojų kvalifikacijos ir atsakomybės nepakankamo teisių apibrėžtumo, kas sukelia klaidų jų veiksmuose ir negatyvias pasekmes;
- gero išankstinio darbų planavimo KL trasoje, ypač kabelius klojant mechanizuotu būdu – netinkamai rengiami ar iš viso nerengiami statybos darbų technologijų projektai, prasta tranšėjų ir vamzdžių jose parengtis; ritiniai tvirtinami parankinėmis priemonėmis (plytomis, akmenimis ir panašiai).

Lyginant su 10 kV oro linijomis, gedimų tos pat įtampos kabelių linijose įvyksta keleriopai daugiau. Tai rodo, kad būtina įvertinti visus neigiamus faktorius, turinčius įtakos KL techninei būklei.

Senstant kabeliams didėja kabelių gedimų skaičius. Analizės rezultatai parodė, kad bendras gedimų skaičius ir gedimų skaičius movose turi tendenciją mažėti. Šio reiškinio priežastis – didėjantis patikimų kabelių su XLPE izoliacija ir šiuolaikiškų movų panaudojimas.

Tačiau gedimų skaičius ištisiniame kabelyje didėja. Šio reiškinio pagrindinė priežastis – didėjantis senų alyva užpildytų kabelių amžius ir jų fizinis susidėvėjimas bei naujai klojamų kabelių su XLPE izoliacija nepakankama klojimo kokybė ir kabelius klojančių darbuotojų kvalifikacija. Taip pat neretai kabeliai projektuojami netinkamų techninių parametrų, pvz. Projektuojamų kabelių izoliacijos lygiai neatitinka elektros tinklo maksimaliosios įtampos verčių. Dėl sparčios miestų plėtros daugėja mechaninių kabelio pažeidimų skaičius.

Klojant kabelius su plastikine izoliacija dažnai pažeidžiamas kabelio izoliacijos ekranas. Kabelio izoliacijos ekrano pažeidimus sąlygoja įvairūs faktoriai – statybinės atliekos tranšėjose, stambesni akmenys, nekokybiški kabelių klojimo įrankiai, mechanizmai, ko pasekoje, bėgant laikui, atsiranda šakotieji išlydžiai kabelio izoliacijos kraštiniuose plotuose. Taip pat, nesant pakankamai kabelius klojančių darbuotojų kvalifikacijai, darbuotojai atlieka neleistinus veiksmus transportuojant, iškraunant, neretai klojant kabelius kabeliai lenkiami neleistiniais kampais ir pertempiami, ko pasekoje, bėgant laikui, atsiranda šakotieji išlydžiai kabelio izoliacijos tūryje. Mažiausiai gedimų yra kabeliuose, kurių amžius apie 11–20 metų, tačiau kai kabeliai senesni negu 30-ties metų gedimų skaičius ženkliai padidėja. Šiuose kabeliuose daugiausia gedimų įvyksta kaip tik dėl izoliacijos senėjimo.

Įvertinus tai, kad dėl sparčios miestų plėtros klojama daug kabelių, seni kabeliai keičiami šiuolaikiškais, tam, kad būtų užtikrinta kabelių klojimo kokybė, būtinas kabelių klojimą reglamentuojantis teisės aktas, kuriuo būtų nustatyti reikalavimai kabelių klojimui, darbuotojų saugai ir sveikatai užtikrinti klojant kabelius, reikalavimai kabelius projektuojančioms, klojančioms ir kabelius eksploatuojančioms įmonėms bei pagrindiniai kvalifikaciniai reikalavimai darbuotojams, klojantiems kabelius ir montuojantiems kabelių movas.

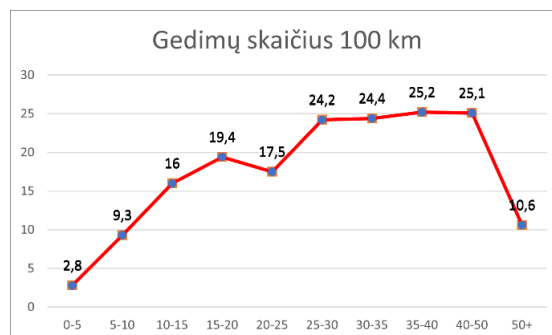
Lietuvoje eksploatuojamų 110 kV įtampos KL techninis lygis neatsilieka, o kai kuriais atvejais aukštesnis nei eksploatuojamų Vakarų Europoje aukštosios įtampos kabelių. Tokį faktą galima paaiškinti tuo, jog yra dar palyginti nedidelis jų eksploatavimo amžius, pakankamai gera techninė priežiūra ir specialistų atsakomybė klojant kabelius.

Prastesnė padėtis su 10 kV įtampos KL. Gedimų skaičius 100-ui kilometrų per metus viršija 20.

Šalyse, kur deramai klojami nauji kabeliai ir šalia jų nepavojingais metodais kasama žemė, negadinami jau seniau pakloti kabeliai, KL remontas yra išskirtinė retenybė. Todėl panaši situacija siektina ir Lietuvoje.

2. Kabelių linijų gedimų analizė

0,4 kV kabelių linijose gedimų skaičius, lyginant su 10 kV KL, yra apie du kartus mažesnis. Gedimų skaičius ženkliai išauga po 20 metų eksploatavimo. 10 kV įtampos kabelių linijų gedimų skaičius pagal amžių 100 km per metus pateikiamas 1 paveiksle.



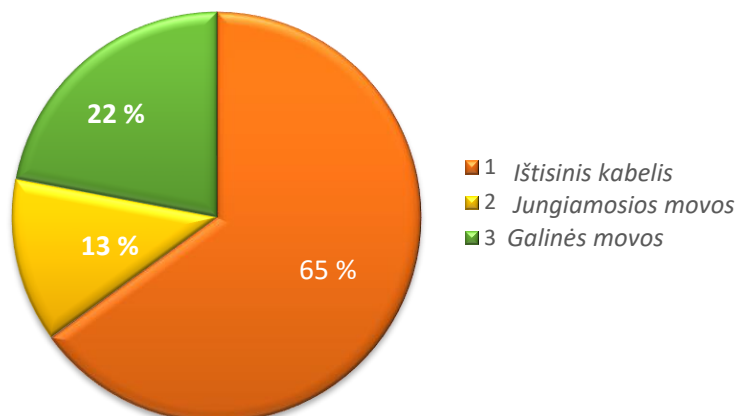
1pav. 10 kV įtampos kabelių linijų gedimai pagal amžių / 100 km

Šaltinis: sudaryta autorių

Kabėlių linijose silpnoji vieta yra galinė ir jungiamosios movos. Iki 1990 m., dėl kokybiškų movų ir medžiagų trūkumo, movos dažnai buvo montuojamos naudojant atsitiktinius, žinoma, nekokybiškus gaminius. Tai vėliau atsiliėpė į KL pažeidžiamumą ir gedimų skaičių.

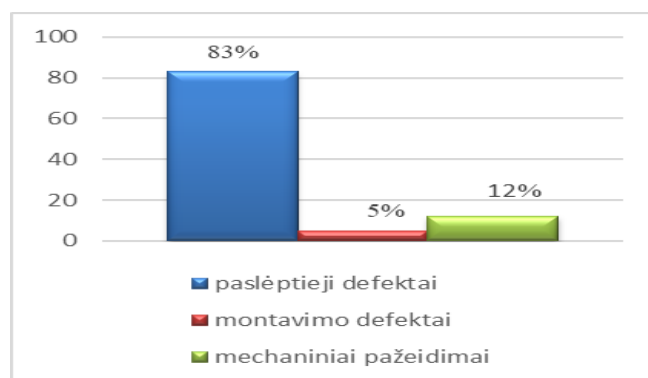
Daugiausiai gedimų įvyksta SS, KVB, KVV, KVE, KVT, KVV, PLB, VVK ir kitose panašaus tipo 10 kV įtampos galinėse kabėlių movose.

10 kV įtampos kabėlių gedimų pasiskirstymas tarp atskirų KL elementų pateikiamas 2 paveiksle.



2 pav. 10 kV įtampos kabėlių linijų gedimo vietos
Šaltinis: sudaryta autorių

Tinkle 10 kV KL gedimų priežasčių išaiškinama mažai tik apie 20 %. Čia daugiausiai slypi KL klojimo defektai. Įvykus gedimui ir trumpajam jungimui kabėlyje arba movoje, tikrąją priežastį nustatyti gana sunku. KL pažeidimų pasiskirstymas parodytas 3 paveiksle.



3 pav. 10 kV įtampos kabėlių gedimų pobūdis
Šaltinis: sudaryta autorių

Nemažai gedimų įvyksta naujuose 1–10 metų kabėlių linijose. Naujų kabėlių didelio avaringumo pagrindinė priežastis: pirmaisiais eksploataavimo metais išryškėję montavimo defektai ir gamintojo brokas, didžioji dauguma naujų kabėlių paklojami naujuose miestų rajonuose, kur intensyvi statyba ir vykdoma daug kasinėjimo darbų, kurių metu nutraukiami ar pažeidžiami kabėliai.

Mechaniniai pažeidimai dėl įvairių įmonių kaltės sudaro apie 10%. Tai gana didelis kiekis, kurį sąlygoja nustatytos žemės kasimo tvarkos nepaisymas ir nepakankama atsakomybė.

Tinkamai pakloti galios kabėliai žemėje, jei vėliau žemės kasimų metu būtų negadinami, veiktų ilgai ir patikimai. Tačiau miestuose žemė įvairiais motyvais KL apsaugų zonose kasama dažnai. Remontuojant, netgi naujas linijas, aptinkama, jog kabėlio gedimo priežastis yra apvalkalų, izoliacijos mechaniniai pažeidimai.

3. Kabėlių linijų klojimo technologija

Kabėlių klojimo ir montavimo darbai turi būti mechanizuoti ir atliekami pagal sudarytą ir atitinkamai suderintą projektą. Klojant 50 mm² ir didesnio skerspjūvio kabėlius, kai linijos ilgis 100 m ir daugiau, būtina naudoti kabėlio tempimo įrenginius su savirašiais matavimo prietaisais, kurie fiksuoja tempimo jėgą, pakloto kabėlio ilgį ir kitus duomenis. 4.(a) ir 4.(b) paveiksluose parodytos šiuolaikinės, kabėlio tempimo jėgą ir pakloto kabėlio ilgį fiksuojančios kabėlių tempimo mašinos.



4 pav. Kabelio tempimo jėgą ir pakloto kabelio ilgį fiksuojanti kabelių tempimo mašina (a) ir kabelio transportavimo vežimėlis (b)

Šaltinis: sudaryta autorių

Kabelis gali būti pernešamas rankomis, kai linija trumpesnė nei 100 m. Kai kabelis klojamas rankomis reikia darbus organizuoti taip, kad kiekvienam iš darbuotojų tektų kelti ir pernešti ne daugiau kaip 30 kg kabelio svorio vyrams ir 10 kg moterims.

Montavimo organizacijos privalo turėti:

- atestuotus kabelių linijų montuotojus, klojėjus ir specialistus, darbų organizavimo bei techninės priežiūros specialistus ir kvalifikacinį atestatą kabelių linijų tiesimui;
- reikiamus mechanizmus ir įtaisus.

Ritinėliai gali būti tarpiniai arba kampiniai. Tarpinius ritinėlius reikia išdėstyti taip kad susidarytų mažiausiai galima tempimo jėga. Atstumas tarp ritinėlių neturėtų viršyti 3-5 m. jei kabeliai 0,4 iki 35 kV. Jei aukštesnės įtampos atstumas gali būti iki 6 m.

Bandymų metu nustatyta, kad tinkamas tarpinių ir kampinių ritinėlių išdėstymas trančėje padeda sumažinti tempimo jėgą iki 15 %.

Tempiant „kojine“ kabelius su plastmasinėmis išorinėmis dangomis ir apvalkalais be metalinių dangų, tempimo jėga F neturi viršyti:

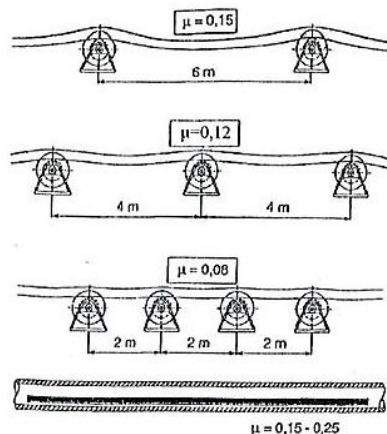
- 10 kV kabeliams su Aliuminium laidininku 20 N/mm^2
- 10 kV kabeliams su Variniu laidininku 25 N/mm^2

Šie duomenys taikomi Norvegijos bei Vokietijos gamybos kabeliams.

Maksimali tempimo jėga F_{\max} visų rūšių kabeliams neturi viršyti 850 kG tempiant „kojine“. Tempimo jėga F turi būti lygi arba mažesnė už F_{\max} .

Kadangi tos pačios markės kabelius gamina įvairios valstybės, tai jų fizinės ir techninės savybės gali skirtis. Todėl kiekvienu atveju reikia kreiptis į gamintoją, kad pateiktų leistiną maksimalią tempimo jėgą, jeigu tai nėra nurodyta kabelio sertifikate.

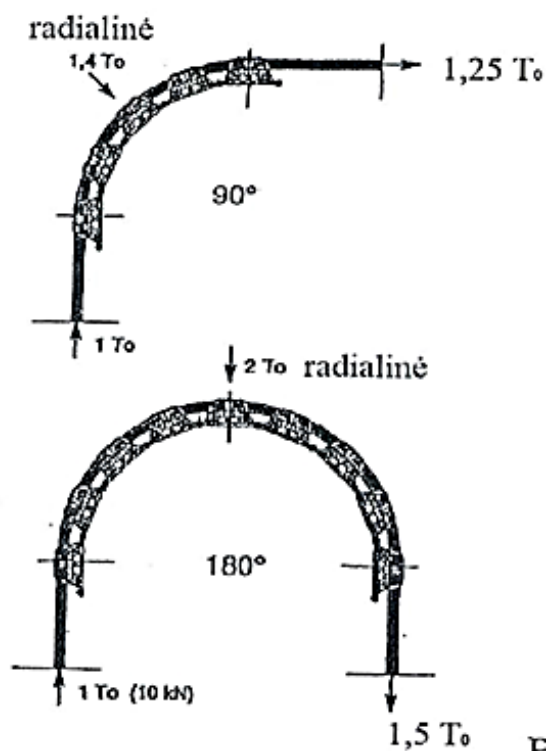
Klojant kabelius trasoje be tempimo jėgos, kabelį veikia šoninio (radialinės) spaudimo jėgos kertant kabeliui trasoje esamą kampą. Maksimali radialinė jėga visiems kabeliams nepriklausomai nuo skerspjuvio negali viršyti 500 kG. Radialinės jėgos dydis tempimo metu priklauso nuo tempimo jėgos ir kampo spindulio dydžių.



5 pav. Trinties koeficiento priklausomybė nuo atstumo tarp tarpinių ritinėlių

Šaltinis: sudaryta autorių

Kampiniai ritinėliai įtvirtinami medinių skydų 60x60x6 cm pagalba, jei turime 90 laipsnių kampą reikalingi 5 ritinėliai. Vienas kampinis ritinėlis gali atlaikyti 250 kg. Kuomet trančėje kabelis turi būti pratraukiamas pro kampus ženkliai išsauga tempimo ir šoninio spaudimo jėgos, todėl būtina prieš tempiant kabelį atlikti tempimo ir šoninio spaudimo jėgų skaičiavimus.



6 pav. Tempimo ir radialinės jėgos priklausomybė nuo kabelio traukimo kampo
Šaltinis: sudaryta autorių

Kampiniai ritinėliai turi būti taip išdėstyti, kad nepasisilinktų kabelio tempimo metu, todėl juos reikia tvirtinti tiek vertikaliai tiek horizontaliai. Vertikaliai išdėstytų kampinių ritinėlių reikia tiek vienetų, kad jie atitiktų leidžiamą radialinę jėgą kabeliui. Tai pat turime laikytis kabeliui nustatyto lenkimo spindulio. Traukiant kabelį lenkimo spindulys sudaro 15-25 x kabelio išorinio skersmens. Konkrečiu atveju reikia vadovautis gamintojo pateikiamais duomenimis.

3. Izoliacijos degradacija (senėjimas) ir pažeidimai

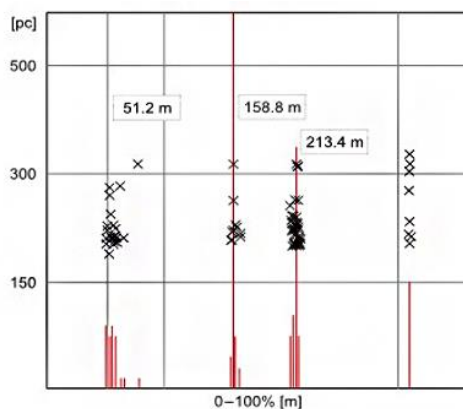
Pagrindinės izoliacijos degradacijos priežastys yra šios:

- įtampos poveikis;
- šiluminis poveikis;
- mechaninės jėgos.

Izoliacijos senėjimas, ypač dėl į ją patekusio vandens, yra laipsniškas degradacijos procesas. Kabelių linijų su XLPE izoliacija ilgalaikio eksploatavimo metu kabelio pagrindinės izoliacijos viduje susiformuoja mikro - įtrūkimai, vadinami vandens medžiais (angl. watertrees). Vandens medžių kanalais iš aplinkos patenka drėgmė, todėl izoliacinė varža šioje vietoje proporcingai krenta.

Vandens medžiai atsiranda veikiant vandeniui, šilumai ir magnetinio lauko įtampai, jie vystosi palaipsniui kol įvyksta trumpasis jungimas ar pažeidžiamas kabelis. Kiti kabelių senėjimo efektai atsiranda dėl izoliacijos šiluminės perkrovos.

Kaip rodo praktika, išlydžiai aukštosios įtampos kabelyje su XLPE izoliacija pastebimi retai. Problemiškiausios kabelių linijų su XLPE izoliacija vietos - galinių ir sujungimo movų vietos. Movų hermetiškumo pažeidimas kabelių linijose su XLPE izoliacija net ir per trumpą laiką izoliaciją intensyviai įsotina išorėje esančia drėgme. Drėgmė tarp gyslos ir pagrindinės izoliacijos įtraukiama lyg siurbliu. Taigi, šią aplinkybę reikėtų prisiminti sandėliuojant būgnus su kabeliu bei montavimo metu nupjovus kabelio galus. Dėl montavimo įmonių specialistų darbo patirties bei kvalifikacijos stokos montuojant kabelių linijas atsiranda technologijos pažeidimai.



7 pav. Grafinis dalinių išlydžių vietos kabelio izoliacijoje vaizdavimas
Šaltinis: sudaryta autorių

Daliniai išlydžiai, atsirandantys įrenginio izoliacijoje, esant tam tikromis sąlygomis, gali būti charakterizuojami įvairiais matuojamais dydžiais, tokiais kaip tariamasis krūvis, pasikartojimo dažnis (intensyvumas), vidutinė srovė ir pan. Tariamasis krūvis yra matuojamas piko Kulonais (pC). Kai skaičiuojamas izoliacijos darbo laiko resursas dalinių išlydžių yra įvertinami išlydžių galia P . Daliniai išlydžiai, esant normaliam darbo režimui, gali būti nuo 0,01 pC iki 106 pC. Bandant įrenginių izoliaciją paaukštintąja įtampa rekomenduojama, kad didžiausias dalinių išlydžių lygis aukštosios įtampos izoliacijoje būtų mažesnis už 3000 pC.

Išvados

1. Išanalizavus situaciją pastebimas nepakankamas statybos įrangos, įtaisų komplektavimas ir naudojimas vykdant kabelių klojimo darbus, todėl darbų metu dažnai pažeidžiami kabelių apvalkalai ir izoliacija.
2. Maksimali tempimo jėga F_{max} visų rūšių kabeliams neturi viršyti 850 kG tempiant „kojine“.
3. Maksimali radialinė jėga visiems kabeliams nepriklausomai nuo skerspjūvio negali viršyti 500 kG.
4. Būtina padidinti užsakovų ir rangovų atsakomybę už darbų vykdymo kokybę ir priežiūrą, darbuotojus aprūpinti reikiama įranga, įrankiais ir normatyviniais dokumentais.

Literatūra

1. Elektros skirtymo operatoriaus investicinis planas 2019-2028 m. <https://www.eso.lt/lt/ziniasklaida/p40/eso-atnaujina-10-metu-investiciju-plana-patikimas-vvhy.html>
2. Wedepohl L.M., Welcox D.J. Transient analysis of underground power transmission systems. Proc. Inst. El. Eng., 1973, vol.120, N2, p. 253-260.
3. A. Tziouvaras, Protection of High-Voltage AC Cables, *Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.* 2016.
4. Дмитриев М.В (ЗАО «Завод энергозащитных устройств») Евдокунин Г.А заземление экранов однофазных кабелей 6-10 кв с изоляцией из сшитого полиэтилена. Журнал Новости Электротехники No5, 2017.
5. Elektros linijų ir instaliacijos įrengimo taisyklės. 2011-12-20, Vilnius
6. T. Worzyk, Submarine Power Cables Design, Installation, Repair, Enviromental Aspects, Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.
7. Glenn O'Reilly, Joseph Kearney, John Lawler, Design of an Underwater Cable Fault Location Device to Precisely Locate Submarine Cable Faults, Universities Power Engineering Conference (UPEC), IEE publication, 2017
8. Paul Gill, Electrical Power Equipment Maintenance and Testing, CRC Press: Second Edition, 2016
9. S. Filipe Faria ir B. Claus Leth, Electromagnetic Transients in Power Cables, New York: Springer, 2013.

POWER CABLE LAYING AND COUPLING TECHNOLOGIES AND THEIR IMPACT ON NETWORK RELIABILITY

Summary

The article provides an overview of cable line failures and their main causes. The shortcomings of the construction of cable lines and the qualification problems of the electrical workers performing these works have been analyzed.

Recommendations for laying 0.4–35 kV power cable lines are provided, which specify the basic organizational, technical and essential requirements for work safety. Modern coupling installation technology and requirements for couplings are discussed. The equipment, devices and tools required for the work are discussed.

Key words: cable line, power grid, coupling, partial discharges, competence.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Nerijus Baršiukaitis

Mokslų laipsnis ir vardas: lektorius

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, elektros energetikos studijų programos lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: inžinerinių tyrimų metodologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 67182643, nerijus.barsiukaitis@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Nerijus Baršiukaitis

Science degree and name: lecturer

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, lecturer of study program Electric Energy.

Author's research interests: methodology of engineering sciences.

Telephone and e-mail address: 8 67182643, nerijus.barsiukaitis@edu.ktk.lt

KELIŲ EISMO TAISYKLIŲ PAŽEIDĖJŲ AMŽIAUS, VAIRAVIMO STAŽO BEI KELIŲ EISMO TAISYKLIŲ PAŽEIDIMŲ (KET) DAŽNUMO IR KET PAŽEIDIMŲ RŪŠIES SĄSAJOS SU VAIRAVIMO BAIME

Renata Arlauskienė^{1,2}, Rita Kiguolienė³

¹Klaipėdos universitetas, ²Klaipėdos valstybinė kolegija, ³Vytauto Didžiojo universitetas

Anotacija

Straipsnyje analizuojama vairavimo baimės sąsajos su jų amžiumi ir vairavimo stažu kelių eismo taisyklių pažeidėjų grupėje. Straipsnyje nagrinėjama, ar vairavimo baimė, susijusi su avarijomis, netikėtomis vairavimo situacijomis bei socialinė vairavimo turi sąsajų su kelių eismo taisyklių pažeidimų (KET) dažnumu bei KET pažeidimų pobūdžiu. Tyrime naudoti metodai: mokslinės literatūros analizė, kiekybinis (anketinės apklausos) metodas, koreliacinė analizė. Nustatyta, kad kuo vyresni kelių eismo taisyklių pažeidėjai, tuo labiau jie patiria vairavimo baimę susijusią su avarijomis, netikėtomis vairavimo situacijomis bei socialinę vairavimo baimę. Be to, kuo didesnis kelių eismo taisyklių pažeidėjų vairavimo stažas, tuo dažniau jie patiria socialinę vairavimo baimę. Tuo tarpu, KET pažeidimų dažnumas bei KET pažeidimų rūšis neturėjo sąsajų su vairavimo baime.

Reikšminiai žodžiai. Kelių eismo taisyklių pažeidėjai, vairavimo baimė, rizikingas vairavimas.

Įvadas

VĮ Lietuvos automobilių kelių direkcijos duomenimis, 2020 metais įvyko 2872 eismo įvykiai. Tyrėjai (McKenna, Horswill, Alexander, 2006) pažymi, kad vairavimas kaip veikla susideda iš dviejų komponentų – vairavimo įgūdžių ir vairavimo stiliaus. Vairavimo stilių gali lemti baimė. Baimė kaip būseną paaiškina priežastinį su baime susijusį elgesį (Adolphs, R. 2019). Iš vienos pusės vairavimo baimė gali stipriai apriboti teikiamą laisvę vairuoti, nes susijusi su tikru ar įsivaizduojamu pavojumi kelyje patirti avarijas, susidurti su netikėtomis vairavimo situacijomis ir kritišku kitų eismo dalyvių vertinimu (Arlauskienė ir Endriulaitienė, 2015; Taylor, Deane & Podd, 2002). Iš kitos pusės, kai kurie tyrimai (Barnard & Chapman, 2016) rodo, kad jog asmenys, jaučiantis baimę vairuoti, dažniau patenka į eismo įvykius. Tačiau nėra aišku ar asmenys, kurie yra pažeidę kelių eismo taisykles, patiria vairavimo baimę (pvz., baimę sužaloti save ar kitus). Užsienyje ir Lietuvoje atliktų tyrimų šioje srityje, kur būtų specifinė tyrimo dalyvių imtis (kelių eismo pažeidėjai), autoriams nepavyko rasti. Didžiausias tyrimų trūkumas yra nereprezentacinė imtis, kurią dažniausiai sudaro ne kelių eismo taisyklių pažeidėjai, o studentai (Wang, Zhang, Salvendy, 2010; Kleisen, 2013; Gauld, Lewisa, White, 2014; Gonzalez–Iglesias, Gomez–Fraguela, Sobral, 2015), vidurinių mokyklų moksleiviai (Harris, Houston, 2010; Dunlop, Romer, 2010; Glendon ir kt., 2014), dirbantys asmenys (White, Eiser, Haris, 2004; Nabi ir kt., 2007), savanoriai (Taylor, Paki, 2008; Brijsa ir kt., 2014). Todėl, aktualus tampa mokslinis suinteresuotumas įvertinti šią psichologinę charakteristiką kelių eismo taisyklių pažeidėjų grupėje bei praplėsti supratimą apie mažai tyrinėto emocinio reiškinių vaidmenį, analizuojant elgesį kelių eismo saugumo srityje. Tyrime naudojami metodai: mokslinės literatūros analizė, kiekybinis (anketinės apklausos) metodas, koreliacinė analizė. Straipsnyje pirmiausia pristatoma vairavimo baimės samprata ir priežastys, aptariamas rizikingo vairavimo vertinimas; toliau pristatomas tyrimo klausimynas, rezultatai, kuriuose atskleidžiami vairavimo baimės raiškos aspektai kelių eismo taisyklių pažeidėjų grupėje bei pateikiamos išvados.

Tyrimo tikslas: atskleisti kelių eismo taisyklių pažeidėjų amžiaus, vairavimo stažo bei kelių eismo taisyklių pažeidimų (KET) dažnumo ir KET pažeidimų rūšies sąsajas su vairavimo baime.

Uždaviniai:

1. Nustatyti kelių eismo taisyklių pažeidėjų vairavimo baimės ypatumus atsižvelgiant į jų amžių ir vairavimo stažą.
2. Išanalizuoti kelių eismo taisyklių pažeidimų (KET) dažnumo ir KET pažeidimų rūšies sąsajas su vairavimo baime.

Rizikingas vairavimas

Bendriausia prasme rizikingas elgesys (ang. Risky behaviour) yra elgesys, keliantis pavojų individo fizinei, psichologinei, emocinei ar socialinei sveikatai ir gyvybei, didinantis sergamumą ir mirštamumą (Žemaitienė ir kt., 2011; Bulotaitė, 2014). Rizikingas vairavimas yra rizikingo elgesio forma, kai vairuojama tokiu būdu, kuris didina tikimybę patekti į eismo įvykį ir / arba sužeisti kitą asmenį ar būti pačiam sužeistam (Reason ir kt., 1990). Todėl norėdami empiriškai įvertinti rizikingą vairavimą, kai kurie mokslininkai rizikingam vairavimui priskiria konkrečius praktinius rizikingo vairavimo elgesio komponentus: vairavimas išgėrus (Gerberding, Fleming, Snider, 2002; Hanna ir kt., 2010; Bulotaitė, 2014), greičio viršijimas (Toledo,

2007; Hanna ir kt., 2010; Ivers ir kt., 2009), per arti važiavimas paskui kitą automobilį (Chakroborty, Agrawal, Vasishtha, 2004; Toledo, 2007), kelių juostų pažeidimai, neteisingi posūkiai, signalizavimas (Karlsson ir kt., 2003; Toledo, 2007), pavojingas transporto priemonės lenkimas (Chakroborty, Agrawal, Vasishtha, 2004; Gray, Regan, 2005), saugos diržų nenaudojimas (Hanna ir kt., 2010; Bulotaitė, 2014); važiavimas degant raudonam šviesoforo signalui (Hanna ir kt., 2010), nesustojimas prie STOP kelio ženklo (McKelvie, 1986). Taip pat rizikingam vairavimui priskiriami ir vairuotojų veiksmai, kurie trukdo vairuoti (pvz., mobiliųjų telefonų naudojimas (Bačkaitis, 2007).

Vairavimo baimės samprata

Sąvoka „baimė“ bendriausia prasme yra apibrėžiama kaip emocija, kylanti biologiniam ar socialiniam individo gyvavimui pavojingose situacijose ir susijusi su tikru ar įsivaizduojamu pavojaus šaltiniu (Psichologijos žodynas, 1993). Išskiriami keturi baimės komponentai: emocinis, fiziologinis, kognityvinis ir elgesio (Eisenstat, 2014). Vairavimo procese baimės emocija tarnauja, siekiant įvertinti vairavimo užduoties sunkumą, vairuotojo asmenines galimybes, kurios nėra stabilios, nes gali būti paveiktos tokių kintamųjų, kaip alkoholis, nuovargis ir t. t. ir jeigu reikia, skatina imtis veiksmų (pvz.: sumažinti greitį), t. y. adaptuoti elgesį (Mesken, 2006). Taigi, baimė yra reakcija į tikrą arba įsivaizduojamą grėsmę (Byrne, 2000). Vairavimo baimė yra specifinė baimė, kai bijoma kokio nors konkretaus objekto ar situacijos, pvz., padaryti avariją (Clarkson, 2005). Kaip teigia A. Riemann (2004) ir M. Clarkson (2005), tai gali būti mintys susietos su vairavimo baime, net tada, kai žmogus nevairuoja. Vairavimo aplinka, situacijos, kurios yra naujos, nežinomos, patiriamos pirmą kartą, gali būti pradedančiųjų vairuotojų vertinamos kaip grėsmingos ir dėl to jaučiama vairavimo baimė (Riemann, 2004). Šiame straipsnyje vartojama „vairavimo baimės“ sąvoka apibrėžiama kaip emocija, susijusi su tiesiogine grėsme kelyje patirti avarijas, susidurti su netikėtomis vairavimo situacijomis ir kitų eismo dalyvių kritišku vertinimu (Warr, 2000, cit. pgl. Vanlaar, Simpson, Robertson, 2008; Ehlers ir kt., 2007).

Vairavimo baimės priežastys

Morawietz (2020) nurodo, kad baimę vairuoti Vokietijoje jaučia beveik vienas milijonas žmonių. Lietuvoje statistinės analizės autoriams nepavyko rasti. Lu, Xie ir Zhang (2013) teigimu, vertinant rizikos suvokimą jaučiamą vairavimo metu, naudojamos dvi teorijos. Pirmosios, emocijų valentingumu grįstos teorijos teigimu, baimė didina rizikos suvokimą. Antroji, vertinimų sistemos tendencijų teorija teigia, jog asmenys, jaučiantys vairavimo baimę, pasižymi netikrumu – suvokia vairavimo situaciją kaip nenuspėjamą. Be to, vairuoti bijantys asmenys labiau nei kiti įsitikinę jog nutikę ar nutiksiantys įvykiai priklauso tik nuo jų, t.y. turi stiprų atsakomybės jausmą.

Tyrimus, atsižvelgiant į vairavimo baimės apibrėžimą, galima suskirstyti į tris grupes. Pirmajai grupei galime priskirti Mairean (2020) teiginį, kad baimė ir vengimas vairuoti yra *avarijos pasekmė*. Asmuo, patekęs į avariją, suformuoja neigiamas su saugumu kelyje ir asmeniniais vairavimo gebėjimais susijusias kognicijas, kurios gali paaiškinti po įvykio atsirandančią baimę vairuoti. Taylor, Deane ir Podd (2002) papildė, kad svarbus ne tik asmens rizikos vairuojant vertinimas, bet ir tai, kaip asmuo vertina patekimo į avariją patirtį. Ne kiekvienas, patekęs į nelaimingą eismo įvykį pradeda jausti baimę vairuoti. Tai priklauso nuo subjektyvaus vertinimo (asmens suvokimas apie tai, kaip šis elgėsi, jautėsi ir apie ką galvojo trauminio įvykio metu), o ne objektyvaus trauminio įvykio patyrimo. Nustatyta, jog asmenys, išgyvenę nelaimingą įvykį ir jaučiantys nesaugumo, nuolatinio grėsmės laukimo jausmus, gali pradėti jausti su vairavimu susijusią baimę (Mairean, 2020).

Antroji tyrimų grupė apima vairuotojų elgesį, *susidūrus su netikėtomis vairavimo situacijomis*. Tyrėjai (Mairean, 2020; Hoyer, Exner, Gerlach, Schlarb ir Witthoft, 2018; Heider ir kt., 2018) teigia, kad baimė vairuoti gali pasireikšti specifinėse situacijose ir tam tikromis aplinkybėmis (pvz., lietus, rūkas, sniegas, tamsa, intensyvus eismas, automobilių kamščiai, greitkelis, vairavimo dideliuose miestuose, nežinomi maršrutai, didelės transporto priemonės, tuneliai, ankštos statybų vietos,). Felten-Leidel (2012) pabrėžia, kad vairuotojai gali jausti vairavimo baimę, kai vairuoja neatsakingi vairuotojai (pvz., šalia važiuojančio automobilio vairuotojas kalba telefonu). Vairuotojas gali bijoti, kad jo netaranuotų ar į jį neatsitrenktų neatsakingas vairuotojas. Vairavimo baimę asmenys patiria dėl to, kad bijo prarasti kontrolę (Heider ir kt., 2018). Valdymo praradimo aspektas siejamas su panika, o žodis „pavojingas“ - su rizikingu vairavimo elgesiu, kuris savo ruožtu gali būti su avarija susijusiais rūpesčiais, tokiais, kaip savęs ar kitų žmonių sužalojimas, teisinė atsakomybė, finansinės netektys ir pan. Kita vertus, baimę vairuoti gali sukelti bet kuri traumuojančią patirtis, tokia kaip artimo žmogaus netektis, kuri nėra susijusi su autoįvykiu. Wang ir kt. (2003) teigia, kad baimė vairuoti ypač būdinga vyresnio amžiaus vairuotojams. Kognityvinių bei motorinių funkcijų pablogėjimas gali didinti vairavimo baimę dėl nelaimingų atsitikimų kelyje, nors šiuos trūkumus gali kompensuoti jų vairavimo patirtis.

Taip pat vyresni vairuotojai gali bijoti su savo sveikata susijusių grėsmių vairuojant (vairavimo metu prarasti sąmonę, širdies priepuolio, galinčių lemti avarinį įvykį, kuriuose gali būti patys sužeisti ir sužalojami kelių eismo dalyviai).

Trečiajai tyrimų grupei priskiriame vairavimo baimę, *susijusių su kitų eismo dalyvių kritika jų atžvilgiu*. Haider ir kt. (2018) teigia, kad svarbu įvertinti socialinį aspektą – vairavimo baimė atsiranda ir dėl nerimo būti sukritikuotam ar neigiamai įvertintam kitų eismo dalyvių ar kartu važiuojančių keleivių. Kita vertus, asmuo gali nebijoti vairuoti tuomet, kai kas nors automobilyje sėdi šalia, padeda, kontroliuoja).

Galima išskirti dar vieną tyrimų susijusių su vairavimo baimė – klaidos bei įgūdžių stoka (Endriulaitienė ir kt., 2013). Baimė vairuoti yra vairavimo patirties stokos padarinys, o kaupiant vairavimo patirtį, baimė vairuoti mažėja. Baimė vairuoti gali atsirasti ir vairuotojams, kurie ilgą laiką nevairavo. Padidėjęs vairavimo baimės lygis gali būti susijęs su vairavimo klaidomis, atsirandančiomis dėl dėmesio stokos ir mažo pasitikėjimo savimi (Panayiotou, 2015). Kita vertus, labai žemas baimės lygis gali būti susijęs su rizikingu vairavimu, kuris gali lemti eismo įvykius. Nėra aišku, ar kelių eismo taisyklių pažeidėjai patiria vairavimo baimę, susiduriant su netikėtomis vairavimo situacijomis, kitų eismo dalyvių kritišku vertinimu ir t.t.

Tyrimo metodika

Vairavimo baimė buvo vertinama Vairavimo kognicijų klausimynu DCQ (DCQ (ang. The Driving Cognitions Questionnaire, Ehlers et al., 2007). Vairavimo kognicijų klausimyne matuojama „vairavimo baimė“ yra įvardijama, kaip „specifinės su vairavimo baimė susietos mintys“ (Clapp ir kt., 2011). Klausimynas remiasi prielaida, kad mintys susijusios su grėsme patirti avarijas, netikėtas vairavimo situacijas ir kitų žmonių kritiką kelyje atspindi vairavimo baimę. Kuo daugiau minčių, susijusių su vairavimu, tuo daugiau baimės žmogus jaučia. Kaip teigia K. Witte, M. Allen (2000), baimę sužadina suvokiama grėsmė. Kuo daugiau asmenys galvoja apie galimybę, pvz., padaryti avariją, tuo stipresnę baimę jie išgyvena (Eisenstat, 2014). Tokiu būdu jie gali patirti fiziologinius pojūčius (padažnėja širdies ritmas, kvėpavimas, įsitempia raumenys, gali būti raumenų tirpimas arba dilgčiojimas, prakaitavimas ir t. t.) ir tapti atsargesni, t. y. vengti rizikingo elgesio (vairavimo) (Adams, 2001; Eisenstat, 2014).

Vairavimo kognicijų klausimyną (DCQ) (Ehlers ir kt., 2007) sudaro 20 teiginių. Baimė vairuoti vertinama pagal 3 subskales: vairavimo baimė, susijusi su avarijomis (7 teiginiai) (pvz., „Aš padarysiu avariją“), baimė, susijusi su netikėtomis vairavimo situacijomis (7 teiginiai) (pvz., „Aš susijaudinsiu ir negalėsiu vairuoti“) bei socialinė vairavimo baimė (6 teiginiai) (jaučiama baimė dėl kritikos kelyje) (Haider ir kt., 2018) (pvz., „Aš užlaikysiu eismą ir žmonės pyks“),

Vairavimo baimė buvo matuojama pagal Likerto skalę nuo 1 – „tokia mintis niekada neateina į galvą“ iki 5 – „tokia mintis visada ateina į galvą“. Kuo didesnė surinkta balų suma, tuo stipresnė asmens baimė vairuoti. Vairavimo kognicijų klausimyno skalių patikimumas pateiktas 1 lentelėje.

1 lentelė

Vairavimo kognicijų klausimyno skalių patikimumas (Kronbacho alfa)

Vairavimo kognicijų klausimyno skalės	Kronbacho alfa
Vairavimo baimė, susijusi su avarijomis	0,616
Vairavimo baimė, susijusi su netikėtomis vairavimo situacijomis	0,673
Socialinė vairavimo baimė	0,600
Bendra vairavimo baimė	0,863

Taip pat respondentų buvo klausiama: „Kiek kartų pažeidėte kelių eismo taisykles?“ bei kokia buvo kelių eismo taisyklių pažeidimo rūšis.

Tyrimo rezultatai ir analizė

Tyrimas buvo atliktas nuo 2021 m. kovo – balandžio mėn. vairavimo mokyklose, kuriose vykdomi papildomi mokymo kursai vairuotojams, padariusiems kelių eismo taisyklių pažeidimus. Tyrimas atliktas gavus vairavimo mokyklų vadovų sutikimą. Visi tyrimo dalyviai klausimynus pildė savanoriškai.

Tyrimo dalyvavo 63 asmenys nuo 18 iki 68 metų, nors kartą pažeidę kelių eismo taisykles ir praradę teisę vairuoti (45 vyrų (71,4 proc.) ir 18 moterų (28,6 proc.)). Tyrimo dalyvių amžius buvo nuo 18 m. iki 68 m. Tyrimo dalyvių pasiskirstymas pagal lytį, amžių, išsilavinimą, vairavimo stažą ir kiek asmuo vidutiniškai per savaitę dienų vairuoja automobilį pateikiama 2 lentelėje.

2 lentelė

Tyrimo dalyvių pasiskirstymas pagal sociodemografinius duomenis

Sociodemografiniai rodikliai	Tyrimo dalyvių skaičius	Procentai	
Lytis	Vyrai	45	71,4
	Moterys	18	28,6
Amžius	18 - 22 m.	14	22,2
	23 - 34 m.	13	20,6
	35 - 45 m.	12	19,0
	46 - 56 m.	11	17,5
	57 - 68 m.	13	20,0
Išsilavinimas	Pagrindinis	5	7,9
	Vidurinis	21	33,3
	Profesinis	21	33,3
	Aukštasis neuniversitetinis (koleginis išsilavinimas)	14	22,2
	Aukštasis universitetinis	2	3,2
Vairavimo stažas	iki 2 metų	15	23,8
	31 - 5 m.	6	9,5
	6 - 10 m.	12	19,0
	11 - 20 m.	7	11,1
	20 - 30 m.	14	22,2
	31 - 40 m.	8	12,7
	virš 41 metų	1	1,6
Kiek vidutiniškai dienų per savaitę vairuoja automobilį	1 dieną per savaitę	1	1,6
	2 dienas per savaitę	2	3,2
	3 dienas per savaitę	19	30,2
	Kiekvieną savaitės dieną	41	65,1

Taip pat tyrimo dalyvių buvo prašoma nurodyti, kiek kartų jie pažeidė kelių eismo taisykles bei kokių kelių eismo taisyklių pažeidimą padarė. Nustatyta, kad 9 (14,3 proc.) tiriamieji nurodė, kad vieną kartą pažeidė kelių eismo taisykles, 20 (31,7 proc.) - du kartus, o net 34 (54,0 proc.) respondentai pažeidė tris ir daugiau kartų (3 lentelė).

3 lentelė

Kelių eismo taisyklių pažeidėjų pasiskirstymas pagal kelių eismo taisyklių pažeidimo dažnumą ir rūšį

Kiek kartų pažeidėte kelių eismo taisykles?	Tyrimo dalyvių skaičius	Procentai	
Vieną kartą	9	14,3	
Du kartus	20	31,7	
Tris ir daugiau kartų	34	54,0	
Kelių eismo taisyklių pažeidimo rūšis	Nustatyto greičio viršijimas iki 50 km/h.	15	23,8
	Nustatyto greičio viršijimas virš 50 km/h.	8	12,7
	Transporto priemonės vairavimas esant neblaiviam iki 1,5 promilės.	11	17,5
	Transporto priemonės vairavimas esant neblaiviam virš 1,5 promilės.	2	3,2
	Įvažiavimas į priešpriešinio eismo juostą, kelio ženklų nesilaikymas arba važiavimas esant draudžiamam šviesoforo signalui.	27	42,9

Pagal kelių eismo taisyklių pažeidimo rūšį daugiausia tyrimo dalyviai kelių eismo taisykles pažeidė įvažiuodami į priešpriešinio eismo juostą arba nesilaikė kelio ženklų ar važiavo esant draudžiamam šviesoforo signalui (27 (42,9 proc.); mažiausiai - 2 (3,2 proc.) - vairavo transporto priemonę esant neblaiviam virš 1,5 promilės.

Siekiant įvertinti, kaip bendra vairavimo baimė bei vairavimo baimė, susijusi avarijomis, netikėtomis situacijomis bei socialinė vairavimo baimė yra susijusi su amžiumi, vairavimo stažu ir vidutiniškai dienų skaičiumi per savaitę, kai asmuo vairuoja automobilį, buvo atlikta Spearman koreliacinė analizė (4 lentelė).

Vairavimo kognicijų klausimyno skalių sąsajos su kelių eismo taisyklių pažeidėjų amžiumi, vairavimo stažu ir dienų skaičiumi per savaitę, kai asmuo vairuoja automobilį

Vairavimo kognicijų klausimyno skalės		Amžius	Vairavimo stažas	Dienų skaičius per savaitę, kai asmuo vairuoja automobilį
Vairavimo baimė, susijusi su avarijomis	r (Spearman)	0,35	0,17	-0,08
	p-reikšmė	0,005	0,193	0,519
Vairavimo baimė, susijusi su netikėtomis vairavimo situacijomis	r (Spearman)	0,30	0,20	-0,01
	p-reikšmė	0,019	0,120	0,944
Socialinė vairavimo baimė	r (Spearman)	0,35	0,27	0,04
	p-reikšmė	0,005	0,033	0,778
Bendra vairavimo baimė	r (Spearman)	0,36	0,23	-0,01
	p-reikšmė	0,004	0,068	0,957

Rezultatai rodo, kad kelių eismo taisyklių pažeidėjų amžius statistiškai reikšmingai susijęs su bendra vairavimo baimė ($p=0,004$) ir vairavimo baimėmis, susijusiomis su avarijomis ($p=0,005$), netikėtomis vairavimo situacijomis ($p=0,019$) bei socialine vairavimo baimė ($p=0,005$). Vadinas, kuo vyresni kelių eismo taisyklių pažeidėjai, tuo stipriau patiriama bendra vairavimo baimė, vairavimo baimė, susijusi su avarijomis ir netikėtomis vairavimo situacijomis bei socialinė vairavimo baimė.

Taip pat nustatyta, kad vairavimo stažas statistiškai reikšmingai susijęs socialine vairavimo baimė ($p=0,033$), t.y., kuo didesnis kelių eismo taisyklių pažeidėjų vairavimo stažas, tuo labiau patiriama socialinė vairavimo baimė. Tuo tarpu, dienų skaičius per savaitę, kai asmuo vairuoja automobilį, nebuvo statistiškai reikšmingai susijęs su vairavimo baimė (4 lentelė).

Duomenų analizė atskleidė, kad kelių eismo taisyklių pažeidimo dažnumas nebuvo statistiškai reikšmingai susijęs su bendra vairavimo baimė bei su vairavimo baimė, susijusia su avarijomis, netikėtomis vairavimo situacijomis bei su socialine vairavimo baimė (5 lentelė).

Vairavimo baimės sąsajos su kelių eismo taisyklių pažeidimų dažnumu

Vairavimo kognicijų klausimyno skalės		Kelių eismo taisyklių pažeidimų dažnis
Vairavimo baimė, susijusi su avarijomis	r (Spearman)	0,12
	p-reikšmė	0,345
Vairavimo baimė, susijusi su netikėtomis vairavimo situacijomis	r (Spearman)	0,12
	p-reikšmė	0,331
Socialinė vairavimo baimė	r (Spearman)	0,09
	p-reikšmė	0,470
Bendra vairavimo baimė	r (Spearman)	0,13
	p-reikšmė	0,326

Siekiant nustatyti, ar skiriasi vairavimo baimė skirtingų kelių eismo taisyklių pažeidimų grupėse, buvo palyginti vairavimo kognicijų klausimyno skalių vidurkiai skirtingų kelių eismo taisyklių pažeidėjų grupėse. Transporto priemonės vairavimas esant neblaiviam virš 1,5 promilės nebuvo įtrauktas į analizę, nes šioje grupėje buvo tik 2 tyrimo dalyviai (6 lentelė).

Vairavimo kognicijų klausimyno skalių vidurkių palyginimas skirtingų kelių eismo taisyklių pažeidimų grupėse

Vairavimo kognicijų klausimyno skalės	Pažeidimo rūšis	N	Vidurkis (M)	Standartinis nuokrypis	F	p reikšmė
Vairavimo baimė, susijusi su avarijomis	Nustatyto greičio viršijimas iki 50 km/h.	15	15,60	3,60	0,931	0,432
	Nustatyto greičio viršijimas virš 50 km/h.	8	15,88	4,79		
	TP vairavimas esant neblaiviam iki 1,5 promilės.	11	13,45	4,39		
	Įvažiavimas į priešpriešinio eismo juostą / kelio ženklų nesilaikymas / važiavimas esant draudžiamam šviesoforo signalui.	27	15,44	3,42		
Vairavimo baimė, susijusi su netikėtomis vairavimo situacijomis	Nustatyto greičio viršijimas iki 50 km/h.	15	17,13	4,32	0,661	0,580
	Nustatyto greičio viršijimas virš 50 km/h.	8	17,13	4,82		
	TP vairavimas esant neblaiviam iki 1,5 promilės.	11	14,91	5,11		
	Įvažiavimas į priešpriešinio eismo juostą / kelio ženklų nesilaikymas / važiavimas esant draudžiamam šviesoforo signalui.	27	16,44	3,78		
Socialinė vairavimo baimė	Nustatyto greičio viršijimas iki 50 km/h.	15	15,13	3,87	1,038	0,383
	Nustatyto greičio viršijimas virš 50 km/h.	8	15,38	3,20		
	TP vairavimas esant neblaiviam iki 1,5 promilės.	11	13,00	4,17		

Vairavimo kognicijų klausimyno skalės	Pažeidimo rūšis	N	Vidurkis (M)	Standartinis nuokrypis	F	p reikšmė
	[važiavimas į priešpriešinio eismo juostą / kelio ženklų nesilaikymas / važiavimas esant draudžiamam šviesoforo signalui.	27	15,11	3,52		
Bendra vairavimo baimė	Nustatyto greičio viršijimas iki 50 km/h.	15	47,87	10,89	0,986	0,406
	Nustatyto greičio viršijimas virš 50 km/h.	8	48,38	12,37		
	TP vairavimas esant neblaiviam iki 1,5 promilės.	11	41,36	12,70		
	[važiavimas į priešpriešinio eismo juostą / kelio ženklų nesilaikymas / važiavimas esant draudžiamam šviesoforo signalui.	27	47,00	9,69		

Rezultatai rodo, kad bendra vairavimo baimė ir specifinės vairavimo baimės statistiškai reikšmingai nesiskyrė ir neturėjo statistiškai reikšmingų sąsajų skirtingų kelių eismo taisyklių pažeidimų grupėse.

Apibendrinant gautus rezultatus, galima teigti, kad tyrimas papildė kitų autorių (Wang ir kt., 2003) tyrimų rezultatus, kurie rodo, kad vairavimo baimė atsiranda vyresnio amžiaus vairuotojams, nors anksčiau jos nejausdavo. Rezultatai pagal vairavimo stažą (didesnis vairavimo stažas siejosi su stipresne socialine vairavimo baime) gali būti paaiškinami vairuotojų baime patirti nesėkmes (būti sukritikuotam ar neigiamai įvertintam kitų eismo dalyvių ar kartu važiuojančių keleivių) ir siekiant nesugadinti profesionalaus vairuotojo įvaizdžio.

IŠVADOS

1. Vairavimo baimė susijusi su kelių eismo taisyklių pažeidėjų amžiumi. Vyresni kelių eismo taisyklių pažeidėjai turėjo stipresnę bendrą vairavimo baimę, vairavimo baimę susijusią su avarijomis, netikėtomis vairavimo situacijomis bei socialine vairavimo baime.

2. Socialinė vairavimo baimė buvo susijusi su kelių eismo taisyklių pažeidėjų vairavimo stažu. Kelių eismo taisyklių pažeidėjai, turintys didesnę vairavimo stažą, turėjo stipresnę socialinę vairavimo baimę.

3. Bendra vairavimo baimė ir specifinės vairavimo baimės (vairavimo baimė susijusi su avarijomis, netikėtomis vairavimo situacijomis bei socialinė vairavimo baimė) nebuvo reikšmingos skirtingų KET pažeidimų grupėse bei KET pažeidimų dažnumui.

Literatūra

- Adams, J. (2001). Rizika. Kaunas: Poligrafija ir informatika, 272 p.
- Arlauskienė, R. ir Endriulaitienė, A. (2015) Vairuoti besimokančių asmenų ketinimai rizikingai vairuoti: vairavimo baimės ir nuostatų kitimas mokymosi procese. Visuomenės sveikata, 68, 59 - 67.
- Bačkaitis, S. (2007). Vairuotojo neatidumas ir automobilių avarijos rizika, aplankyta 2012–09 –15, <http://neris.mii.lt/mt/straipsniai/200703/avarijos.doc>
- Barnard, M. P., & Chapman, P. (2016). Are anxiety and fear separable emotions in driving? A laboratory study of behavioural and physiological responses to different driving environments. *Accident Analysis & Prevention*, 86, 99–107.
- Byrne, B. (2000). Relationships Between Anxiety, Fear, Self-esteem, and Coping Strategies in Adolescence. *Adolescence*, 35, 137, 201–214.
- Brijsa, K., Cuenena, A., Brijsa, T., Ruiterb, R. A. C., Wets, G. (2014). Evaluating the Effectiveness of a Post-License Education Program for Young Novice Drivers in Belgium. *Accident Analysis and Prevention*, 66, 62–71.
- Bulotaitė, L. (2014). Rizikingas elgesys: samprata, paplitimas, veiksniai. Monografija. Vilniaus universiteto leidykla, 1–167.
- Chakroborty, P., Agrawal, S., Vasishtha, K. (2004). Microscopic Modeling of Driver Behavior in Uninterrupted Traffic Flow. *Journal of Transportation Engineering*, 7/8, 438–451.
- Clapp, D. J., Olsen, S. A., Beck, J. G., Palyo, S. A., Grant, D. M., Gudmundsdottir, B., Marques, L. (2011). The Driving Behaviour Survey: Scale Construction and Validation. *Journal of Anxiety Disorders*, 5, 96–105.
- Clarkson, M. (2005). Kaip įveikti baimes. Vilnius: Alma littera, 254 p.
- Dunlop, S. M., Romer, D. (2010). Associations Between Adolescent Seatbelt Non-use, Normative Perceptions and Screen Media Exposure: Results from a National US Survey. *Injury Prevention*, 16, 315–320.
- Ehlers, A., Taylor, J. E., Ehring, T., Hofmann, S. G., Deane, F. P., Walton, T. R., John V. P. (2007). The Driving Cognitions Questionnaire: Development and Preliminary Psychometric Properties. *Journal of Anxiety Disorders*, 21, 493–509.
- Eisenstat, A. (2014). Fear of Driving: How Psychologists Can Help. Fleming Vigna Balmer-Registered Psychologists, Bramalea Medical Centre, aplankyta 2015–09–25, <http://fvb-psychologists.com/assets/files/pdf/Alan-Eisenstat-FearofDrivin>.

4. Endriulaitienė, A., Šeibokaitė, L., Markšaitytė, R., Žardeckaitė-Matulaitienė, K., Pranckevičienė, A. (2013). Lietuvių rizikingas vairavimas: ką gali paaiškinti psichologiniai veiksniai. Monografija. VDU, Kaunas, 302 p.
5. Felten-Leidel, B. (2012). Hasenherz und Sorgenketten. Mein Leben mit der Angst. 208 p.
6. Gerberding, J. L., Fleming, D. W., Snider, D. E. (2002). Involvement by Young Drivers in Fatal Alcohol-Related Motor-Vehicle Crashes-United States, 1982-2001. *The New England Journal of Medicine*, 346, 1089-1091.
7. Glendon, A. I., McNally, B., Jarvis, A., Chalmers, S. L., Salisbury, R. L. (2014). Evaluating a Novice Driver and Pre-driver Road Safety Intervention. *Accident Analysis and Prevention*, 64, 100-110.
8. Hanna, Ch. L., Hasselberg, M., Laflamme L., Moller J. (2010). Road Traffic Crash Circumstances and Consequences among Young Unlicensed Drivers: A Swedish Cohort Study on Socioeconomic Disparities Hanna et al. *BMC Public Health*, 10, 14, 1-8.
9. Harris, B., Houston, J. M. (2010). Individual and Situational Correlates to Aggressive Driving. *Environment and Behavior*, 42, 1, 44-60. McKenna, F. P., Horswill, M. S., Alexander, J. L. (2006). Does Anticipation Training affect Drivers' Risk Taking? *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 12, 1, 1-10.
10. Heider, J., Fischer, C. & Schroder, A. (2018) Die deutsche Version des „Driving Cognitions Questionnaire“ (DCQ) Übersetzung und psychometrische Validierung des DCQ zur Erfassung der Kognitionen bei Autofahrphobie. *Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie*, 47, 36-47.
11. Hoyer, J. Exner, C. Gerlach, A. L. Schlarb, A. A. & Withoft, M. (2018). *Klinische Psychologie und Psychotherapie. Forschung und Praxis*. 47(1).
12. Ivers, R., Senserrick, T., Boufous, S., Stevenson, M., Chen, H. Y., Woodward, M., Norton, R. (2009). Novice Drivers' Risky Driving Behavior, Risk Perception and Crash Risk: Findings From the Drive Study. *American Journal of Public Health*, 99, 9, 1638-1644.
13. Karlsson, G., Halldin, J., Leifman, A., Bergman, H., Romelsjö, A. (2003). Hospitalization and Mortality Succeeding Drunk Driving and Risky Driving. *Alcohol & Alcoholism*, 38, 3, 281-286.
14. Lu, J., Xie, X., & Zhang, R. (2013). Focusing on appraisals: how and why anger and fear influence driving risk perception. *Journal of Safety Research*, 45, 65-73.
15. Mairean, C. (2020). Fear and avoidance of driving among drivers involved in a road traffic crash. The role of traumatic fear and driving cognitions. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 74, 322-329.
16. McKelvie, J. S. (1986). An Opinion Survey and Longitudinal Study of Driver Behaviour Atstop Signs. *Driver Behaviour*, 18, 1, 75-85.
17. Mesken, J. (2006). Determinants and Consequences of Drivers' Emotions. SWOV Fatal- Dissertatiereeks, Leidschendam, Nederland, 169 p.
18. Morawietz, S. (2020). Amaxophobie – Wo kommt sie her? Was kann man dagegen tun? <https://fahrangstcoach.de/amaxophobie-wo-kommt-sie-her-was-kann-man-dagegen-tun/>
19. Nabi, H., Salmi, L. R., Lafont, S., Chiron, M., Zins, M., Lagarde, E. (2007). Attitudes Associated with Behavioral Predictors of Serious Road Traffic Crashes: Results from the GAZEL cohort. *Injury Prevention*, 13, 26-31.
20. Panayiotou, G. (2015). The bold and the fearless among us: Elevated psychopathic traits and levels of anxiety and fear are associated with specific aberrant driving behaviors. *Accident Analysis and Prevention*, 79, 117-125.
21. Pinsky, I., Labouvie, E., Pandina, R., Laranjeira, R. (2001). Drinking and Driving: Pre-driving Attitudes and Perceptions Among Brazilian Youth. *Drug and Alcohol Dependence*, 62, 231-237.
22. *Psichologijos žodynas*. (1993). Mokslo ie enciklopedijų leidykla, Vilnius, 40 p.
23. Reason, J. T., Manstead, A. S. R., Stradling, S. G., Baxter, J. S., Campbell, K. (1990). Errors and Violation on the Road: A Real Distinction? *Ergonomics*, 33, 1315-1332.
24. Riemann, A. (2004). *Pagrindinės baimės formos*. Vilnius: Alma Littera, 286 p.
25. Sarkar, S., Andreas, M. (2004). Acceptance of and Engagement in Risky Driving Behavior by Teenagers. *Adolescence*, 39, 156, 687-700.
26. Taylor, J., Deane, F., & Podd, J. (2002). Driving-related fear. *Clinical Psychology Review*, 22(5), 631-645.
27. Taylor, J., Paki, D. (2008). Wanna Drive? Driving Anxiety and Fear in a New Zealand Community Sample. *New Zealand Journal of Psychology*, 37, 2, 31-37.
28. Toledo, T. (2007). Driving Behaviour: Models and Challenges. *Transport Reviews*, 27, 1, 65-84.
29. Simons-Morton, B. G., Hartos, J. L., Leaf, W.A. (2006). Increasing Parent Limits on Novice Young Drivers: Cognitive Mediation of the Effect of Persuasive Messages. *Journal of Adolescent Research*, 21, 83-105.
30. Vanlaar, W., Simpson, H., Robertson, R. (2008). A Perceptual Map for Understanding Concern about Unsafe Driving behaviours. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 1667-1673.
31. Wang, C. C., Kosinski, C. J., Schwartzberg, J. S. & Shanklin, A. V. (2003). Physician's guide to assessing and counseling the older drivers. *The national Academies of Sciences engineering medicine*, 9, 226.
32. Wang, Y., Zhang, W., Lesch, M. F., Horrey, W. J., Chen, C., Wu, S. (2009). Changing Drivers' Attitudes Towards Mobile Phone Use Through Participative Simulation Testing and Feedback. *Injury Prevention*, 15, 384-389.
33. White, M. P., J. Eiser, R., Harris, P. R. (2004). Risk Perceptions of Mobile Phone Use While Driving. *Risk Analysis*, 24, 2, 323-334.
34. Witte, K., Allen, M. (2000). A Meta-Analysis of Fear Appeals: Implications for Effective Public Health Campaigns. *Health Education & Behavior*, 27, 5, 591-615.
35. Žemaitienė, N., Bulotaitė, L., Jusienė, R., Veryga A. (2011). *Sveikatos psichologija*. Vilnius: TytoAlba, 422 p.

RELATIONSHIP BETWEEN THE AGE, DRIVING EXPERIENCE AND FREQUENCY OF ROAD TRAFFIC VIOLATIONS AND KIND OF INFRINGEMENT OF THE ROAD RULES AND THE KIND OF VIOLATION OF THE ROAD RULES

Summary

The article analyzes the links between driving fear and the age and driving experience in a group of road traffic offenders. The article **researched** whether driving fears associated with accidents, unexpected driving situations and social driving are related to the frequency of traffic violations and the nature of traffic violations. Methods used in the research: analysis of scientific literature, quantitative (questionnaire survey) method, correlation analysis. The study was **accomplished** in driving schools, which offer additional training courses for drivers who have committed traffic offenses. The study involved 63 people between the ages of 18 and 68, despite once violating traffic rules and losing the right to drive. It has been found that the older road traffic offenders, the more they experience driving fear related to accidents, unexpected driving situations and social driving fear. In addition, the longer the driving experience of road traffic offenders, the more often they experience social fear of driving. Meanwhile, the frequency of traffic violations and the type of traffic violations had no association with driving fear.

Key words: violators of traffic rules, fear of driving, risky driving.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Renata Arlauskienė

Mokslų laipsnis ir vardas: Socialinių mokslų daktaras

Darbo vietą ir poziciją: Klaipėdos universiteto Psichologijos katedros lektorė; Klaipėdos valstybinės kolegijos Transporto inžinerijos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: rizikingas elgesys.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 68471883, r.arlauskiene@kvk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Rita Kiguolienė

Mokslų laipsnis ir vardas: Vytauto Didžiojo universiteto Psichologijos katedros magistrantė.

Darbo vietą ir poziciją: Vytauto Didžiojo universiteto Psichologijos katedra.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: rizikingas vairavimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 60952189, rkiguoliene@gmail.com

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Renata Arlauskienė

Science degree and name: doctor, lecturer.

Workplace and position: Klaipėda University, Psychology department, Klaipėda State University of Applied Sciences.

Author's research interests: risky behaviour.

Phone and e-mail address: 8 68471883, r.arlauskiene@kvk.lt

Author name, surname: Rita Kiguolienė

Science degree and name: master.

Workplace and position: Vytautas Magnus University, Psychology department.

Author's research interests: risky driver.

Phone and e-mail address: 8 60952189, rkiguoliene@gmail.com.

JŪRŲ KARININKŲ PROFESINIO TAPSMO ORGANIZAVIMAS NATO GYNYBOS MISIJOS KONTEKSTE

Saulius Lileikis, Piotr Dukel
Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla

Anotacija

Straipsnyje ryškunami jūrų karininkų profesinio tapsmo organizavimo parametrai jaunesniųjų karininkų vadų mokymų lygmeniu NATO gynybos misijos kontekste. Tyrime, taikant mokslinės literatūros ir dokumentų analizės, lyginimo bei sintezės metodus, aptariami LR Karinių jūrų pajėgų karininkų profesinio tapsmo organizavimo parametrai, apibūdinamas Danijos karališkosios jūrų karo akademijos ir JAV jūrų karo akademijos vaidmuo organizuojant karininkų profesinį tapsmą. Teorinis aprašomasis tyrimas metodologiškai grindžiamas kognityvinės psichologijos principais. Dėl NATO procedūrų vykdymo Karinės jūrų pajėgos tikslingai bendradarbiauja su giliais profesinio karinio rengimo tradicijas turinčiais užsienio partneriais akademinio bei karo laivyno lygmeniu.

Reikšminiai žodžiai. Jūrų karininkas, profesinis tapsmas, organizavimas.

Įvadas

Tyrimo problemos aktualumas. 1949 metais įkurta Šiaurės Atlanto Sutarties Organizacija (angl. *North Atlantic Treaty Organization*) (toliau – NATO) – tarptautinė politinė ir karinė gynybinio pobūdžio sąjunga, pagrįsta nepriklausomų valstybių politiniu ir kariniu bendradarbiavimu, kurios nariai įsipareigoję misijai – ginti laisvę, saugoti bendrą palikimą ir civilizaciją, vadovaujantis demokratijos, individo laisvės ir įstatymo viršenybės principais. 2004 metais Lietuvos Respublika tapo NATO nare ir įsipareigojo pagal Šiaurės Atlanto sutarties 5-ą straipsnį ginti kitas NATO nares (*North Atlantic Treaty Organization, 2018*).

Klaipėdos valstybinis jūrų uostas pasižymi didele karine verte. Uosto pajėgumai leidžia šalyje greitai ir efektyviai aprūpinti užsienio karius visomis reikalingomis priemonėmis. Siekiant užtikrinti saugų sąjungininkų atvykimą jūros keliu, svarbu išvystyti ir palaikyti aukštą karinio laivyno lygį bei parengtumą nedelsiamam reagavimui į komercinės laivybos trikdžius ir neteisėtą Lietuvos Respublikos sienos kirtimą. Konflikto (krizės) metu labiausiai tikėtina, kad LR Karinės jūrų pajėgos (toliau – KJP) pradinio etapu užduotis vykdys be sąjungininkų paramos. Todėl KJP turi gebėti savarankiškai planuoti ir vykdyti užduotis padedant kitoms institucijoms. Reglamentuota KJP atsakomybė yra pagrindinio ir kritinio resurso – personalo parengimas. Be tinkamai pasirengusio jūrų laivyno karininko kaip profesionalo, atsižvelgiant į jo asmenybės profesinį tapsmą, pati pažangiausia technika yra bevertė.

Lietuvos Respublikai tapus NATO nare, KJP neteko galimybės jaunesnius karininkus rengti Vakarų Europos jūrų karo akademijose. Todėl sumažėjo galimybių būsimiems karininkams tinkamai pasirengti lygiavėriam dalyvavimui tarptautinėse pratybose ir operacijose su sąjungininkais, bet visų pirma – išsiugdyti vado lyderio savybes bei vertybines nuostatas, įgyjant teorinių žinių ir praktinių įgūdžių, būtinų vadovauti kovinei daliai ar eiti kitas tolygias pareigas.

Pagrindinės karininko vertybės – patriotizmas, ištikimybė, pasiaukojimas, sąžiningumas, drąsa, pagarba, garbė bei plataus jūrinio spektro profesinės žinios, susijusios su senosiomis jūrinėmis tradicijomis, aukšta bendravimo kultūra, galimybėmis dalyvauti tarptautinėse pratybose abiejose žemės pusrutuliuose – maža dalis to, ką siūlydavo ir suteikdavo Danijos, Švedijos, Norvegijos, Vokietijos ir JAV jūrų karo akademijos, parengdamos vis naują būsimų KJP vadų kartą. Pagrindinis KJP karininkų rengimo krūvis teko Lietuvos aukštajai jūreivystės mokyklai (toliau – LAJM), kurioje nuo 1993 metų organizuojami KJP jaunesniųjų karininkų mokymai.

Karininkų profesinio rengimo problematika, atsižvelgiant į karininko asmenybės profesinį tapsmą, moksle nagrinėjama įvairiais aspektais, ypač ideologiniu, aksiologiniu, lyderystės, technologiniu, edukaciniu, asmenybės saviugdos, psichologinio atsparumo, motyvacinio (Puzinavičius, 2007; Genzelis ir kt., 2008; Bouchard, 2010; Neudeck, Schröder, 2012; Šlekys, 2015; Vileikienė ir kt., 2015; Dykyi, 2016; McBride, 2016; Žigaras, 2016; Bohnert, 2017; Vego, 2017a, 2017b; Willink, Babin, 2017; Brake, 2018; Kanapeckaitė, 2018; Hammouti-Reinke, 2019; Trumpickienė, Kalvaitienė, 2019). Aktualūs šių laikų būsimų KJP jūrų karininkų profesinio tapsmo organizavimo klausimai moksle beveik netiriami.

Tyrimo objektas – jūrų karininko profesinio tapsmo organizavimas.

Straipsnio tikslas – išryškinti jūrų karininkų profesinio tapsmo organizavimo parametrus jaunesniųjų karininkų vadų mokymų lygmeniu NATO gynybos misijos kontekste.

Komentuojant straipsnio tikslą, pažymėtina, kad NATO šalių jūrų karininkų profesinio tapsmo organizavimo tendencijų reprezentantais patogiosios atrankos pagrindu pasirinktos Danijos karališkoji ir JAV jūrų karo akademijos atsižvelgiant į jų gerą patirtį bei KJP karininkų bendradarbiavimą su jų absolventais

kaip profesinę partnerystę. KJP su Danijos karališkuoju ir JAV karo laivynais bendradarbiauja karininkų profesinio rengimo, karinių laivų įsigijimo projektų bei pratybų Baltijos jūroje srityje.

Tyrimo uždaviniai:

1. Aptarti KJP jūrų karininkų profesinio tapsmo organizavimo parametrus jaunesniųjų karininkų vadų mokymų lygmeniu.
2. Charakterizuoti Danijos karališkosios jūrų karo akademijos vaidmenį organizuojant jūrų karininkų profesinį tapsmą.
3. Apibūdinti JAV jūrų karo akademijos vaidmenį organizuojant jūrų karininkų profesinį tapsmą.

Metodologinė nuostata – kognityvinės psichologijos principai, kurie iškelia asmenybės sąmoningumo, suvokimo, pažinimo galimybes ir jų pagrindu vykstančius asmenybės saviugdos, saviraidos bei profesinės saviraiškos kryptių aktualizavimą, įprasminimą bei kaitą. Kognityvinė psichologija metodologiškai pagrindžia jūrų karininkų profesinio tapsmo galimybę ir jo organizavimo tikslingumą.

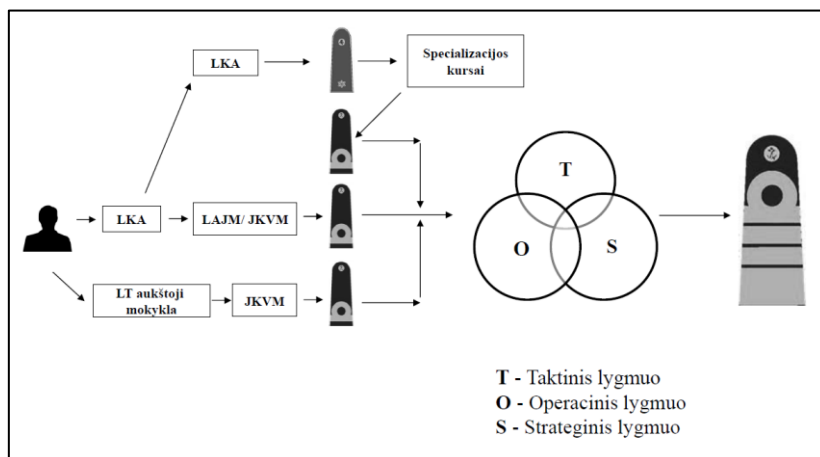
Tyrimo metodai: mokslinės literatūros ir dokumentų analizė, lyginimas, sintezė.

Straipsnio struktūra: KJP jūrų karininkų profesinio tapsmo organizavimo parametrai ir Danijos karališkosios bei JAV jūrų karo akademijų vaidmuo organizuojant jūrų karininkų profesinį tapsmą.

KJP jūrų karininkų profesinio tapsmo organizavimo parametrai

KJP jaunesniųjų karininkų rengimas vyksta vadovaujantis 2012 m. spalio 25 d. Lietuvos kariuomenės vado įsakymu „Dėl Jaunesniųjų karininkų vadų mokymų (toliau – JKVM) programos patvirtinimo“ Nr. V-1229 (Lietuvos kariuomenės vadas, 2012) ir 2015 m. sausio 22 d. Lietuvos kariuomenės vado įsakymu „Dėl Lietuvos kariuomenės vado 2012 m. spalio 25 d. įsakymo Nr. V-1229 „Dėl Jaunesniųjų karininkų vadų mokymų programos patvirtinimo“ pakeitimo“ Nr. V-64 (Lietuvos kariuomenės vadas, 2015). Karinį rengimą būsimų karininkų profesiniam tapsmui organizuoja KJP JKVM instruktoriai, kiti specialistai.

Dalyvauti JKVM gali LAJM studentai, lygiagrečiai studijuojantys pagal LAJM studijų programas – Jūrų laivavedybos, Laivų energetinių įrenginių eksploatavimo ir kt. Norintieji dalyvauti JKVM turi būti pareiškę norą raštu ir teisės aktų nustatyta tvarka tinkantys dalyvauti mokymuose. Kandidatų atranką į mokymus organizuoja JKVM personalas bendradarbiaudamas su Krašto apsaugos savanorių pajėgomis (Lietuvos kariuomenės vadas, 2015). Jaunesniųjų karininkų rengimo modelis teikiamas 1 paveiksle.



1 pav. KJP jaunesniųjų karininkų rengimo modelis

Šaltinis: LR Krašto apsaugos ministras. (2018). *Įsakymas dėl Krašto apsaugos ministro 2009 m. spalio 14 d. įsakymo Nr. V-982 „Dėl aukštesnio karininko laipsnio suteikimo tvarkos aprašo tvirtinimo“ pakeitimo* (2018 m. lapkričio 12 d. Nr. V-1092)

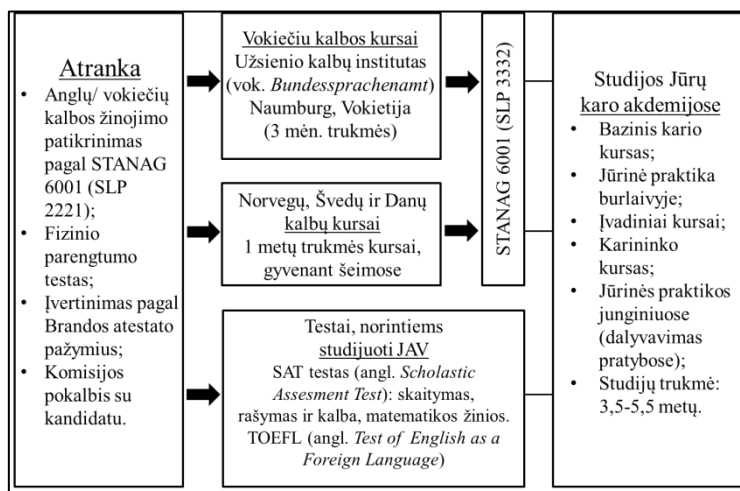
JKVM tikslas – ugdyti vado lyderio savybes ir vertybines nuostatas, suteikti būsimiems rezervo karininkams teorinių žinių ir praktinių įgūdžių, būtinų vadovauti kovinei daliai ar eiti kitas tolygias pareigas (Lietuvos kariuomenės vadas, 2012). Tačiau, atsižvelgiant į dėstomus dalykus (pavyzdžiui, taktika, ginklai ir šaudyba, karo inžinerija, ryšiai, karo topografija), galima teigti, kad KJP JKVM programa iš esmės grįsta sausumos rezervo karininkų profesinio rengimo principu. LAJM rengia Tarptautinės jūrų organizacijos konvencijas ir tarptautinį kvalifikacijos standartą atitinkančius vadovaujančios įgulos sudėties jūrininkus: laivavedžius, laivų mechanikus ir elektromechanikus. LAJM organizuojami vadų kursai veikia kaip papildoma pasirinktis, fakultatyvas ir JKVM klausytojai mokomi tik įvadinųjų karybos dalykų. Be to, sėkmingai užbaigusieji vadų kursus retai susieja savo ateitį su profesine karjera KJP.

Kaip minėta, pagrindinis JKVM tikslas, remiantis JKVM programa, – suteikti būsimiems rezervu karininkams teorinių žinių ir praktinių įgūdžių, būtinų vadovauti kovinei daliai (Lietuvos kariuomenės vadas, 2012). Vadovaujantis 2017 m. vasario 6 d. KJP vado įsakymo „Dėl Lietuvos kariuomenės Karinių jūrų pajėgų Karo laivų flotilės Karo laivo taktinių veiklos standartinių procedūrų papildymo“ Nr. V-91 10.1 poskyriu, kovinių dalių vadai, vykdantys jūrinio budėjimo karininko pareigas, privalo mokėti vadovauti visoms laivo vykdomoms operacijoms, pavyzdžiui, darbui su sraigtašparniu, taktiniam manevravimui laivų junginyje, atpažinto jūrinio paveikslo (angl. *Recognized Maritime Picture*) sudarymui, vadovaujantis patvirtintomis NATO procedūromis (Karinių jūrų pajėgų vadas, 2017). Darytina išvada, kad be tinkamo pasirengimo, t. y. be išklauso atitinkamos programos kurso, kuris sudaro užsienio jūrų karo akademijų įvadinių programų branduolį, kovinių dalių vadai nėra laikytini pasirengusiais jūrinio budėjimo karininko pareigų vykdymui. 1991 m. gruodžio 31 d. Krašto apsaugos ministro įsakymu Nr. 352 „Dėl Pasienio apsaugos tarnybos Pakrančių apsaugos rinktinės suformavimo“ įteisintas KJP pavaldumas Pasienio apsaugos tarnybai. Vienas iš Ekspertinės tarnybos nuveiktų darbų – sudaryta ir ministerijai pateikta karinio laivyno kadru rengimo sistema (ji veikia iki šiol), pagal kurią specialistai rengiami Kauno technologijos ir Klaipėdos universitetuose, karinis išsilavinimas ir karininkų laipsniai suteikiami po papildomo rengimo Lietuvos ar užsienio karo akademijose (Brencius, 2012).

NATO programos *Partnerystė taikai* (angl. *Partnership for Peace*) pagrindu 1992–2014 metų laikotarpiu KJP turėjo galimybę rengti jaunesnius karininkus Šiaurės Vakarų Europos (Švedijos, Norvegijos, Vokietijos, Danijos) bei JAV jūrų karo akademijose. *Partnerystė taikai* – svarbiausia NATO iniciatyva, pristatyta Šiaurės Atlanto viršūnių susitikime Briuselyje 1994 metais. Prisijungti prie šios programos buvo pakviestos visos Europos valstybės, dalyvaujančios Šiaurės Atlanto bendradarbiavimo taryboje (angl. *North Atlantic Cooperation Council*), be to, buvo pakviestos valstybės, dalyvaujančios Europos saugumo ir bendradarbiavimo konferencijoje (angl. *Organization for Security and Co-operation in Europe*), kurios norėjo bendradarbiauti su [NATO](#). Programos *Partnerystė taikai* tikslas – stiprinti saugumą visoje Europoje. Kvietimą priėmė 30 valstybių (North Atlantic Treaty Organization, 2017).

Vienas kertinių programos tikslų – parama valstybėms narėms atkuriant ginkluotąsias pajėgas ir rengiant kvalifikuotą vadovaujantį personalą naujai besikuriančiose kariuomenės pajėgose (Lietuvoje – KJP). Savo paramą, rengiant KJP jaunesnius karininkus, pasiūlė NATO narės: JAV, Norvegija, Vokietija, Danija bei neutralumo NATO atžvilgiu besilaikanti Švedija. Tyrime analizuojamos seniausią europietišką jūrų karininkų profesinio rengimo modelį sukūrusi Danijos karališkoji jūrų karo akademija ir už Atlanto vandenyno sėkmingai jaunesnius jūrų karininkus rengianti JAV jūrų karo akademija, veikianti Anapolyje. Akademijos moto – *žinios jūrinei galiai* (angl. *From Knowledge, Seapower*). Danijos karališkasis ir JAV karo laivynai – glaudžiai su Lietuvos KJP bendradarbiaujančios institucijos. Kaip minėta, bendradarbiaujama karininkų profesinio rengimo, karinių laivų įsigijimo projektų bei didelio masto pratybų Baltijos jūroje srityje. Pratybose, pavyzdžiui, „Šiauriniai krantai“ (angl. *Northern Coasts*), „Baltijos operacija“ (angl. *Baltops*), daugelį metų sėkmingai dalyvauja KJP karo laivai (U.S. Naval Forces Europe–Africa, 2019).

Norinčiųjų studijuoti užsienio jūrų karo akademijose atrankos schema pateikta 2 paveiksle.



2 pav. Atrankos į užsienio jūrų karo akademijas schema

Šaltinis: Brencius, A. (red.). (2012). *Karinės jūrų pajėgos. Istorijos metraštis*. Kaunas: Lietuvos kariuomenės Karo kartografijos centras

Norinčiųjų studijuoti atrankos schema demonstruoja solidų akademinį požiūrį į profesinį rengimą identifikuojant realų potencialą būsimo jūrų karininko asmenybės tapsmui.

Danijos karališkosios jūrų karo akademijos vaidmuo jūrų karininkų profesiniam tapsmui

Danijos karališkoji jūrų karo akademija (angl. *Royal Danish Naval Academy*; dan. *Søværnets Søofficersskolen*), turinti daugiau nei 300 metų gyvavimo istoriją (įsteigta 1701 m.), yra seniausia pasaulyje vis dar veikianti jūrų karo akademija. Prieš pradėdami studijas akademijoje, pasirinkusieji šią aukštąją mokyklą pirmiausia įgyja kandidato (angl. *Aspirant*) statusą (kitose karo akademijose pradėjusieji studijuoti būna priskiriami kariūnų (angl. *Cadets*) kategorijai). Po 6 mėnesius trunkančio bazinio karinio kurso (angl. *Basic Military Training*) ir jūrininkystės pagrindų mokymų (angl. *General Seamanship*) viena dalis kandidatų, sėkmingai užbaigusių bazinį karinį kursą, išvyksta į puskarininkų mokyklą (angl. *Naval NCO and Basic Training School*; dan. *Søværnets Sergeant og Grundskole*), kita dalis – į mokomąjį laivą (angl. *Training Vessel*) „Georg Stage“. Tai – burlaivis, skirtas jūrininkų rengimui.

Įvadinis mokymosi periodas galioja tiek kandidatams, nedalyvavusiems baziniame kariniame kurse, tiek jūrininkams kariams ir puskarininkams, turintiems daugelio metų patirtį ginkluotose pajėgose. Mokymasis puskarininkų mokykloje tęsiasi 6 savaites. Tik sėkmingai užbaigę 6 mėnesių trukmės įvadinį mokymosi kursą (kurį sudaro bazinis karinis kursas, jūreivystės pagrindų mokymai, praktika mokomajame laive „Georg Stage“ ir kursas puskarininkų mokykloje) kandidatai pradeda studijas Danijos karališkojoje jūrų karo akademijoje (toliau – akademija).

Akademijoje kandidatai turi pasirinkti vieną iš dviejų studijų kryptių: Laivavedybos studijų programą (angl. *Master-line*), kuri tęsiasi 4 metus, arba Laivų energetinių įrenginių eksploatavimo studijų programą (angl. *Engineering-line*), kuri tęsiasi 4,5 metų.

Pradžioje abiejų studijų kryptių klausytojai praleidžia 11 mėnesių mokydami vadovavimo (angl. *Leadership*), jūrinės karybos pagrindų (angl. *Naval Warfare*), jūrų karo istorijos (angl. *Naval History*), mokymo (angl. *Teaching*), psichologijos (angl. *Psychology*), administravimo (angl. *Administration*), socialinių mokslų (angl. *Social Sciences*) ir ekonomikos pagrindų (angl. *Economics*). Tuo laikotarpiu kandidatai tampa kariūnais. Po 5–5,5 metų sėkmingai užbaigtų studijų bei mokymų kariūnams suteikiamas leitenanto laipsnis (Royal Danish Defence College, 2015).

Pirmasis etapas prasideda nuo bazinių karinių ir jūreivystės žinių įgijimo ir tęsiasi vykdant puskarininkio pareigas. Pirmojo etapo trukmė – 14 mėnesių. Bazinių karinių ir jūreivystės žinių įgijimo laikotarpiu kandidatai vykdo ir papildomas pareigas. Siekdami tinkamai įsisąmoninti vadovavimo grandinę bei žengti pirmuosius žingsnius vadovavimo ir valdymo koncepcijos link, jie vykdo skyriaus vado (puskarininkio) pareigas. Pirmojo etapo metu dėstomi šie dalykai:

- ABC, pirmosios medicininės pagalbos suteikimo ir laivo palikimo kursai (angl. *NBCD course, including rescue means, first-aid and life raft exercise*) – 175 kreditai;
- braižybos pagrindai (angl. *Basic course in technical drawing and handcraft*) – 90 kreditų;
- jūreivystės pagrindai (angl. *Basic seamanship training (small boats)*) – 78 kreditai;
- lengvoji ginkluotė (angl. *Small arms*) – 92 kreditai;
- fizinis rengimas (angl. *Physical training*) – 121 kreditas;
- mechanikos pagrindai (angl. *Engineering*) – 32 kreditai;
- taktinio ryšio procedūros (angl. *Tactical communication*) – 80 kreditų;
- matematika (angl. *Mathematics*) – 76 kreditai;
- jūrinė praktika (angl. *Sea training*) – 20 savaitių;
- būrio vado kursai (angl. *Land training as a Squad Leader*) – 4 savaitės, ir kt.

Antrajame etape kandidatai rengiami navigacijos karininko pareigų vykdymui ir laiko laivo kapitono egzaminą pagal Tarptautinę jūrininkų rengimo, atestavimo ir budėjimo normų konvenciją (angl. *STCW Convention*). Etapo trukmė – 21 mėnuo. Mokomasi šių dalykų:

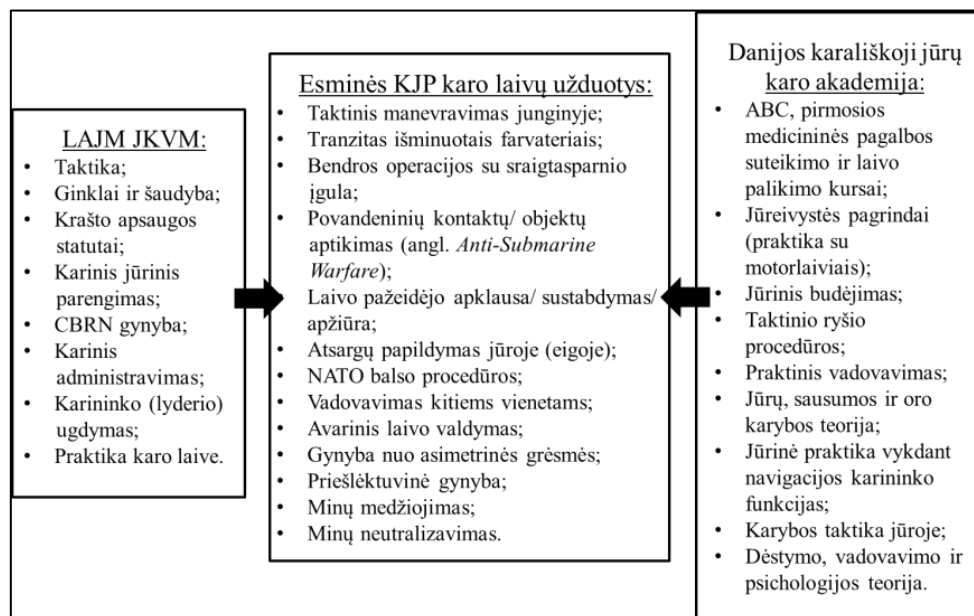
- navigacija 1 (angl. *Navigation 1*) – 230 kreditų;
- navigacija 2 (angl. *Navigation 2*) – 245 kreditai;
- darbas su radaru, laivų prasilenkimo skaičiavimai, paieška ir gelbėjimas (angl. *Navigation RADAR / ARPA, SAR*) – 86 kreditai;
- COLREG 72 taisyklės (angl. *International Regulations for Preventing Collision at Sea*) – 65 kreditai;
- meteorologija / okeanografija (angl. *Meteorology / Oceanography*) – 100 kreditų;
- informacijos technologijos (angl. *Information Technology*) – 70 kreditų;

- elektromechanika (angl. *Electrical engineering*) – 75 kreditai;
- fizika (angl. *Physics*) – 110 kreditų;
- anglų kalba 1 (angl. *English 1*) – 110 kreditų;
- jūrinė praktika vykdant navigacijos karininko funkcijas (angl. *Sea training*) – 12 savaitių, ir kt.

Kariūno studijų akademijoje metais pagrindinis dėmesys skiriamas vadovavimo, politikos mokslų ir jūrinių karybos žinių įgijimui. Dėstomi dalykai:

- mokymo, vadovavimo ir psichologijos teorija (angl. *Theory of education / leadership / psychology*) – 211 kreditų;
- etika ir moralė (angl. *Ethic and morals*) – 10 kreditų;
- politikos mokslai (angl. *Political science*) – 130 kreditų;
- tarptautinė teisė (angl. *International Law*) – 40 kreditų;
- jūros, sausumos ir oro karybos teorija (angl. *Theory of Sea, Land and Air Warfare*) – 110 kreditų;
- išgyvenimo kursas / elgesio taisyklės patekus į nelaisvę (angl. *Combat Survival Navy / Conduct after Capture*) – 40 kreditų;
- anglų kalba 2 (angl. *English 2*) – 100 kreditų;
- danų kalba (angl. *Danish*) – 30 kreditų;
- finansų valdymas, logistika, personalo valdymas (angl. *Financial Management / Logistics / Personnel Administration*) – 170 kreditų;
- jūrinė praktika vykdant budėjimo karininko funkcijas (angl. *Officer of the Watch practical training*) – 12 savaitių;
- ginkluotė (angl. *Weaponry*) – 105 kreditai;
- karybos taktika jūroje (angl. *Naval Tactics*) – 128 kreditai (Royal Danish Defence College, 2015).

LAJM JKVM ir akademijoje dėstomų karinių dalykų spektras, atsižvelgiant į esmines KJP karo laivų užduotis, pateiktas 3 paveiksle.



3 pav. Kariniai dalykai esminių KJP karo laivų užduočių atžvilgiu

Šaltinis: Karinių jūrų pajėgų vadas. (2019). *Įsakymas dėl Karinių jūrų pajėgų Karo laivų flotilės kolektyvinių užduočių sąrašų rinkinių tvirtinimo* (2019 m. balandžio 1 d. Nr. V-291)

Danijos karinės jūrų pajėgos dalyvauja misijose visame pasaulyje. Studijos Danijos karališkojoje jūrų karo akademijoje suteikia busimiesiems karininkams žinių jūrinių operacijų, vadovavimo bei valdymo kariniame kontekste. Busimieji vadaai turi galimybę išbandyti šiuolaikinius vadybos metodus įvairiose situacijose jūroje vykdydami plataus masto užduotis.

Karininkų rengimo programa kartu apima daug civilinės srities dalykų, pavyzdžiui: matematika, fizika, aplinkosauga, politikos mokslai. Didelis dėmesys skiriamas etikai ir psichologijai. Baigę studijas jaunesnieji karininkai pasižymi giliomis žiniomis jūrinių operacijų, inžinerijos, ginkluotės ir elektronikos srityse (Royal Danish Defence College, 2015). Akademijos studijų programose proporcingai numatytas laivavedžio ir kovinės dalies vado profesinis pasirengimas. Visu studijų laikotarpiu dėstoma danų kalba, be to, kariūnai

privalo pasiekti trečią anglų kalbos mokėjimo lygį (NATO STANAG 6001) adekvačiam dalyvavimui tarptautinėse pratybose bei operacijose su sąjungininkais.

JAV jūrų karo akademijos vaidmuo organizuojant jūrų karininkų profesinį tapsmą

JAV jūrų karo akademija (angl. *United States Naval Academy*) (toliau – akademija) Anapolyje – antra seniausia iš penkių JAV veikiančių karo akademijų, įkurta 1845 m. spalio 10 d. Ši akademija rengia jaunesnius karininkus tiek tarnybai JAV karo laivynė, tiek – jūrų pėstininkų korpuse. Studijos akademijoje tęsiasi 4 metus. Jas sėkmingai užbaigusiesiems suteikiamas bakalauro bei JAV jūrų pajėgų leitenanto laipsnis. Akademijos absolventai privalo tarnauti JAV karinėse jūrų pajėgose arba jūrų pėstininkų korpuse ne mažiau kaip 5 metus (United States Naval Academy, 2019a).

Sėkmingai įstojusieji į akademiją pradeda 7 savaičių trukmės įvadinį kursą (angl. *Plebe Summer*), kurio metu kariūnai supažindinami su JAV karo laivyno pagrindais ir gyvenimo akademijoje specifika. Tai laikas, kai išbandomas kariūnų fizinis pasirengimas, gebėjimas atlaikyti psichoemocinę įtampą ypatingose situacijose, dirbti komandoje. Civilinio lygmens kariūnų mąstymas palaipsniui persiorientuoja į karinį (United States Naval Academy, 2019b).

Akademija siūlo platų studijuojamų dalykų spektrą, pavyzdžiui:

1. Inžinerijos ir ginkluotės fakultete (angl. *Engineering and Weapons*):

- aviacijos ir kosmoso inžinerija (angl. *Aerospace Engineering*);
- elektros ir kompiuterinė inžinerija (angl. *Electrical and Computer Engineering*);
- mechanikos inžinerija (angl. *Mechanical Engineering*);
- branduolinė inžinerija (angl. *Nuclear Engineering*);
- karinių jūrų pajėgų struktūra ir vandenynų inžinerija (angl. *Naval Architecture and Ocean Engineering*);
- ginkluotės ir sistemų inžinerija (angl. *Weapons and Systems Engineering*).

2. Tikslųjų mokslų fakultete (angl. *Mathematics and Science*):

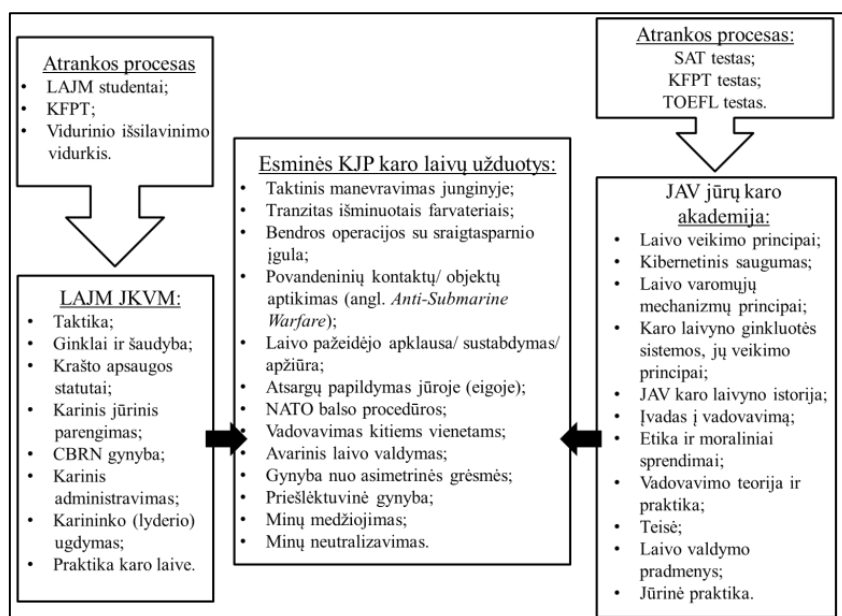
- chemija (angl. *Chemistry*);
- biologija (angl. *Biology*);
- informatika (angl. *Computer Science*);
- kibernetika (angl. *Cyber Science*);
- informacijos technologijos (angl. *Information Technology*);
- matematika (angl. *Mathematics*);
- operacijų analizė (angl. *Operations Analysis*);
- okeanografija (angl. *Oceanography*);
- fizika (angl. *Physics*).

3. Humanitarinių ir socialinių mokslų fakultete (angl. *Humanities and Social Sciences*):

- užsienio kalba ir kultūros (angl. *Language and Cultures*);
- ekonomika (angl. *Economics*);
- politikos mokslai (angl. *Political Science*), ir kt.

4 metų studijų laikotarpiu jaunesniųjų karininkų profesinio tapsmo procesas akademijoje organizuojamas taip, kad ją baigia protišcai, fiziškai ir moraliai pakankamai subrendę karininkai, puoselėjantys pareigos, garbės bei ištikimybės idealus. Realizuojamas akademijos tikslas – parengti karininkus, gebančius prisiimti aukščiausią vadovavimo, pilietiškumo bei gynėjo atsakomybę (United States Naval Academy, 2019a).

Akademijoje ir LAJM JKVM dėstomų karinių dalykų apimtis bei kandidatų atrankos procesas, atsižvelgiant į esmines KJP karo laivų užduotis, pateikti 4 paveiksle.



4 pav. Kariniai dalykai esminių KJP karo laivų užduočių atžvilgiu

Šaltinis: Karinių jūrų pajėgų vadas. (2019). *Įsakymas dėl Karinių jūrų pajėgų Karo laivų flotilės kolektyvinių užduočių sąrašų rinkinių tvirtinimo* (2019 m. balandžio 1 d. Nr. V-291)

Be pasirinkto fakulteto, kiekvienas kariūnas privalo išklaustyti papildomus, su pasirinkta specialybe susijusius, kursus. Pavyzdžiui, Inžinerijos ir ginkluotės fakultete studijuojantys kariūnai privalo išklaustyti kursus, pateiktus 1 lentelėje.

1 lentelė

JAV jūrų karo akademijos privalomų kursų sąrašas

Fakultetas / kurso kodas (angl. <i>Academic Division / Course Designator</i>)		Kurso pavadinimas (angl. <i>Course Title</i>)	Studijų metai (angl. <i>Year in which Course is typically taken</i>)			
			4 / C	3 / C	2 / C	1 / C
Inžinerijos ir ginkluotės fakultetas (angl. <i>Engineering and Weapons</i>)	EA400 / EN400 / EN401	Laivo manevriniai elementai arba priekrantės zonos inžinerija arba aeronautikos įvadas (angl. <i>Principles of Ship Performance or Engineering in the Littoral Zone or Introduction to Aeronautics</i>)				ruduo arba pavasaris (angl. <i>Fall or Spring</i>)
	EC310 / EC312	Kibernetinės inžinerijos taikymas (angl. <i>Applications of Cyber Engineering</i>)			ruduo arba pavasaris	
	EM300	Jėgainės veikimo principai (angl. <i>Principles of Propulsion</i>)			ruduo arba pavasaris	
	ES300	Jūrinės ginkluotės sistemos (angl. <i>Naval Weapons Systems</i>)			ruduo arba pavasaris	
	EE301 / EE331	Elektrikos pagrindai (angl. <i>Electrical Fund. / Elec. Eng. I</i>)			ruduo arba pavasaris	

Šaltinis: *United States Naval Academy. (2019a). Academics. USNA Core Curriculum. Prieiga per internetą: <<https://www.usna.edu/Academics/Majors-and-Courses/Course-Requirements-Core.php>>*

Šie privalomi kursai padeda užtikrinti tiek bazinių žinių apie laivo manevrinius elementus, tiek pagrindinių laivo jėgainės bei ginkluotės sistemų veikimo principų internalizaciją.

Išvados

Apibendrinant galima išryškinti šiuos jūrų karininkų profesinio tapimo organizavimo parametrus jaunesniųjų karininkų vadų mokymų lygmeniu NATO gynybos misijos kontekste:

1. Atsižvelgiant į tai, kad besivadovaudami patvirtintomis NATO procedūromis, kovinių dalių vadai, vykstantys jūrinio budėjimo karininko pareigas, privalo mokėti vadovauti visoms laivo vykdomoms

operacijoms, darbu su sraigtasparniu, vykdyti taktinį manevravimą laivų junginyje ir kt., KJP tikslingai bendradarbiauja su giliais profesinio karinio rengimo tradicijas turinčiais užsienio partneriais akademinio bei karo laivyno lygmeniu.

2. Danijos karališkosios jūrų karo akademijos studijų programose proporcingai numatytas tiek laivavedžio, tiek būsimo kovinės dalies vado profesinis pasirengimas. Visu studijų laikotarpiu dėstoma danų kalba, tačiau kariūnai tikslingai privalo pasiekti trečią anglų kalbos mokėjimo lygį, atsižvelgiant į jų dalyvavimo tarptautinėse pratybose bei operacijose su sąjungininkais poreikį.

3. JAV jūrų karo akademija veikia panašiai kaip civilinė akademija, didelis dėmesys skiriamas civiliniams studijų dalykams. Jūrų karininkų profesinio tapsmo organizavimas grįstas griežta karine disciplina, elgesio taisyklių, paklusnumo bei pagalbos suteikimo savo bendražygiams normų vykdymu. Tai sudaro sąlygas jaunesniesiems jūrų karininkams pilietiškai subręsti, pasižymint giliomis karinėmis žiniomis bei vertybinėmis nuostatomis, tuo pačiu įgyjant visame pasaulyje pripažintą civilinį išsilavinimą.

Literatūra

1. Bohnert, M. (2017). *Innere Führung auf dem Prüfstand*. Norderstedt: Books on Demand.
2. Bouchard, J. (2010). *Think like a Black Belt*. New York: San Chi Publishing.
3. Brake, T. (2018). Leadership development: learning from the U. S. Navy. *Training*, 55 (3), p. 20–21.
4. Brencius, A. (red.). (2012). *Karinės jūrų pajėgos. Istorijos metraštis*. Kaunas: Lietuvos kariuomenės Karo kartografijos centras.
5. Dykyi, E. (2016). *Hibridinis Rusijos karas: Ukrainos patirtis Baltijos šalims*. Vilnius: Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija.
6. Genzelis, B., Žigaras, F., Kazlauskaitė-Markelienė, R., Petrauskaitė, A. (2008). *Šiuolaikinės visuomenės vertybinės orientacijos ir Lietuvos kariuomenė*. Vilnius: Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija.
7. Hammouti-Reinke, N. (2019). *Ich diene Deutschland: Ein Plädoyer für die Bundeswehr – und warum sie sich ändern muss*. Hamburg: Rowohlt Taschenbuch.
8. Kanapeckaitė, R. (2018). Psichologinio atsparumo ugdymas rengiant karininkus. *Šiuolaikinės visuomenės ugdymo veiksniai*, 3, p. 183–191.
9. Karinių jūrų pajėgų vadas. (2017). *Įsakymas dėl Lietuvos kariuomenės Karinių jūrų pajėgų Karo laivų flotilės Karo laivo taktinių veiklos standartinių procedūrų papildymo* (2017 m. vasario 6 d. Nr. V-91).
10. Karinių jūrų pajėgų vadas. (2019). *Įsakymas dėl Karinių jūrų pajėgų Karo laivų flotilės kolektyvinių užduočių sąrašų rinkinių tvirtinimo* (2019 m. balandžio 1 d. Nr. V-291).
11. Lietuvos kariuomenės vadas. (2012). *Įsakymas dėl Jaunesniųjų karininkų vadų mokymų programos patvirtinimo* (2012 m. spalio 25 d. Nr. V-1229).
12. Lietuvos kariuomenės vadas. (2015). *Įsakymas dėl Lietuvos kariuomenės vado 2012 m. spalio 25 d. įsakymo Nr. V-1229 „Dėl Jaunesniųjų karininkų vadų mokymų programos patvirtinimo“ pakeitimo* (2015 m. sausio 22 d. Nr. V-64).
13. LR Krašto apsaugos ministras. (2018). *Įsakymas dėl Krašto apsaugos ministro 2009 m. spalio 14 d. įsakymo Nr. V-982 „Dėl aukštesnio karininko laipsnio suteikimo tvarkos aprašo tvirtinimo“ pakeitimo* (2018 m. lapkričio 12 d. Nr. V-1092).
14. McBride, S. (2016). *BRNC: A complete guide to preparation for Royal Naval Officer Training at Britannia Royal Naval College*. Kent: How2become Ltd.
15. Neudeck, G., Schröder, H. (2012). *Das kleine Buch von der Marine. Ein Handbuch alles Wissenswerten über die deutsche Flotte*. Bremen: Maritime press.
16. North Atlantic Treaty Organization. (2017). *Partnership for Peace programme*. Prieiga per internetą: https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_50349.htm.
17. North Atlantic Treaty Organization. (2018). *NATO Member Countries*. Prieiga per internetą: https://www.nato.int/cps/en/natohq/nato_countries.htm.
18. Puzinavičius, B. (2007). Karininko asmenybės ugdymo ir saviugdos problemos tarpukario Nepriklausomoje Lietuvoje. *Karinis rengimas ir ugdymas Lietuvoje*, p. 130–141.
19. Royal Danish Defence College. (2015). *Officer Education*. Prieiga per internetą: <http://www.fak.dk/en/education/Pages/OfficerProgramme.aspx>.
20. Šlekys, D. (2015). *Mąslaus vyčio beieškant. Lietuviškos karinės minties raida ir būklė po nepriklausomybės atkūrimo (1990-2014)*. Vilnius: Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija.
21. Trumpickienė, M., Kalvaitienė, G. (2019). Motyvacinės sistemos tęsti ar rinktis profesinę karo tarnybą Lietuvos kariuomenės karinėse jūrų pajėgose tyrimas. *Šiuolaikinės visuomenės ugdymo veiksniai*, 4, p. 125–141.
22. United States Naval Academy. (2019a). *Academics. USNA Core Curriculum*. Prieiga per internetą: <https://www.usna.edu/Academics/Majors-and-Courses/Course-Requirements-Core.php>.
23. United States Naval Academy. (2019b). *Plebe Summer*. Prieiga per internetą: <https://www.usna.edu/PlebeSummer/index.php>.
24. U.S. Naval Forces Europe–Africa. (2019). *Baltops*. Prieiga per internetą: <https://www.c6f.navy.mil/About-Us/Exercises/Baltops>.

25. Vego, M. (2017a). *Maritime Strategy and Sea Control*. New York: Routledge.
26. Vego, M. (2017b). *Operational Warfare at Sea: Theory and Practice*. New York: Routledge.
27. Vileikienė, E., Pocienė, A., Aleknevičienė, J. (2015). *Motyvacija tarnauti Lietuvos kariuomenėje*. Vilnius: Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija.
28. Willink, J., Babin, L. (2017). *Extreme Ownership: How U.S. Navy SEALs Lead and Win*. New York: St. Martin's Press.
29. Žigaras, F. (2016). Lietuvos kariuomenės karininkų rengimo ir jų kvalifikacijos kėlimo raida (1990–2015 m.). *Šiuolaikinės visuomenės ugdymo veiksniai*, 1, p. 57–91.

THE PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF NAVY OFFICERS: ORGANIZATION WITHIN THE NATO DEFENSE MISSION

Summary

Organizational parameters of the professional development of navy officers in terms of training junior officers within the NATO defense mission are identified in the article. Methods of scientific literature analysis, document analysis, comparison and synthesis were applied in the research. The professional development of Lithuanian junior navy officers in terms of its organization is being discussed. The role of the Royal Danish Defence College and United States Naval Academy in organization of the professional development of navy officers is characterized. This theoretically descriptive study is methodologically based on the principles of cognitive psychology. Lithuanian naval forces purposefully collaborate with foreign partners characterized by deep traditions of the professional naval training at the academic and naval level in terms of the NATO procedures. Study programmes of the Royal Danish Defence College proportionally provide professional training of both the future navigator and combat unit commander. United States Naval Academy is working like a civilian academy. The great attention there is paid to civilian study subjects. The professional development of navy officers is organized in accordance with the strict requirements of military discipline, behavioral norms, and in particular of obedience, and support for their comrades. All of this enables the junior navy officers to mature civilly and be characterized by deep military knowledge and valuable attitudes.

Keywords: navy officer, professional development, organization.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Saulius Lileikis

Mokslų laipsnis ir vardas: socialinių mokslų daktaras

Darbo vieta ir pozicija: LAJM Uosto ekonomikos ir vadybos katedros docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: jūrinė hodegetika, jūrų uosto antropologija ir vadyba

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 6 520 8106, s.lileikis@lajm.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Piotr Dukel

Mokslų laipsnis ir vardas: magistras, kapitonas leitenantas

Darbo vieta ir pozicija: KJP Karo laivų flotilės Patrulinių laivų diviziono patrulinio laivo vadas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: karo laivo operacijų valdymas, karo profesionalų rengimo organizavimas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 6 520 8106, p.dukel@ljs.lt

AUTHORS COVER LETTER

Author's name, surname: Saulius Lileikis

Science degree and name: Doctor of social sciences

Workplace and position: associate professor at the Port Economics and Management Department of Lithuanian Maritime Academy

Author's research interests: marine hodegetics, seaport anthropology and management

Telephone and e-mail address: +370 6 520 8106, s.lileikis@lajm.lt

Author's name, surname: Piotr Dukel

Science degree and name: master degree, lieutenant commander (Navy)

Workplace and position: commander of a patrol ship of the squadron at the Lithuanian Naval Force

Author's research interests: management of warship operations, organization of training for military professionals

Telephone and e-mail address: +370 6 520 8106, p.dukel@ljs.lt

BENDRŲJŲ IR INŽINERINIŲ KOMPETENCIJŲ UGDYMAS: TARPTAUTINIŲ PRAKTIKŲ ATVEJO ANALIZĖ

Judita Štreimikienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Šiais laikais būti tam tikros specialybės ekspertu neužtenka, pokyčiai darbo rinkoje reikalauja įvairiausių gebėjimų, įgūdžių ir kompetencijų, kuriuos darbuotojas galėtų pritaikyti skirtinguose sektoriuose. Specialistai, norintys būti savo srities profesionalais, privalo nuolat mokytis ir tobulinti visas kompetencijas, įskaitant ir bendrąsias.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI: inžinerinės kompetencijos, bendrosios kompetencijos, studentų mobilumas.

Įvadas

Koleginės inžinerijos studijų krypčių grupės studijos orientuotos į aukštos kvalifikacijos specialistų – praktikų rengimą, kurie turėtų pakankamai teorinių žinių ir praktinių įgūdžių, todėl studijų programos rengiamos remiantis inžinerijos studijų krypčių grupės studijų programų specialiaisiais reikalavimais, reglamentuotais Inžinerijos studijų krypčių grupės apraše (LR Švietimo ir mokslo ministro įsakymas Nr. V-964 (2015-09-10). Redakcija Nr. V-29 (2017-01-12), ir nukreiptos į mokslo žinių ir technologijų taikymą, taip pat į projektų įgyvendinimą ir technologinių procesų valdymą.

Pagrindinis visų inžinerijos studijų krypčių grupės studijų tikslas yra suteikti būsimiems specialistams tokį išsilavinimą, kad jie turėtų žinių ir gebėjimų, reikalingų inžinerinei veiklai aukštųjų technologijų naudojimo globaliose rinkose; išsiugdytų poreikį domėtis inžinerijos mokslų žiniomis, mokėtų taikyti jas įvairiomis aplinkybėmis, sugebėtų derinti to taikymo gebėjimus su verslo ir vadybos pagrindais, su humanitarinių ir socialinių mokslų žiniomis, suvoktų inžinerinių sprendimų įtaką ir svarbą visuomenės raidai; būtų plačios erudicijos, gebėtų kūrybiškai ir kritiškai mąstyti; sugebėtų palaikyti savo profesinę kompetenciją mokydami visą gyvenimą.

Visos Kauno technikos kolegijoje realizuojamos studijų programos yra siejamos su kolegijos vizija, misija, strateginiais tikslais ir veiklos uždaviniais, laikantis principinės nuostatos - dermės su kintančiais darbo rinkos ir visuomenės poreikiais, o studijų rezultatai formuluojami aprėpiant ir integruojant įvairias kompetencijas. Pažintinių, funkcinių ir bendrųjų kompetencijų integravimas sudaro prielaidas studento ir kaip inžinerijos specialisto, ir kaip asmenybės augimui.

Kokybiškas inžinerinis išsilavinimas yra esminė sąlyga studento/absolvento įsidarbinimui ir visuomenės progresui, tačiau bendrosios kompetencijos yra ne mažiau svarbios. Šiuolaikinėje darbo rinkoje vyksta prioritetų kaita: nuo suvokimo, kad tik technologinės inovacijos, sukauptos žinios bei patirtis kuria ekonominę gerovę, pereinama prie visumos, kur šalia mokslinių žinių lygiagrečiai išauga bendrųjų kompetencijų poreikis, kurių dėka studijas baigęs studentas sėkmingai gebės integruotis į globalią darbo rinką.

Tyrimo objektas – inžinerinės ir bendrosios kompetencijos.

Straipsnio tikslas – išanalizuoti bendrąsias ir inžinerines kompetencijas, kurias studentai įgyja ir/tobulina tarptautinių praktikų metu.

Bendrųjų kompetencijų apibrėžimas

Kompetencija gali būti apibrėžiama kaip žinių, gebėjimų, įgūdžių ir nuostatų visuma, kurios būtinos, kad asmuo galėtų efektyviai dirbti konkrečioje darbo aplinkoje. Tai gali būti profesinės, socialinės ir konceptualios kompetencijos. Profesinė kompetencija ilgalaikėje perspektyvoje yra labai dinamiška dėl greitai besikeičiančių technologijų, tačiau ją galima lengvai apibrėžti ir greitai įgyti. Profesinės kompetencijos savitumą lemia asmens funkcinė darbinė veikla, o socialinės ir konceptualios kompetencijos yra bendrosios kompetencijos, kurios būtinos asmeniui, nepaisant jo užimamų pareigų įmonėje. Būtent šios kompetencijos tampa strategiškai reikšmingos greitai besikeičiančiame verslo pasaulyje (Savanevičienė A., Stukaitė D., Šilingienė V., 2008).

Bendrųjų kompetencijų sąvoka (sinonimas terminams „pagrindinės kompetencijos“ (angl. core competencies), „perkeliemieji gebėjimai“ (angl. transferable skills), „bendrieji įgūdžiai“ (angl. generic skills), „minkštieji įgūdžiai“ (angl. soft skills) apima instrumentines, tarpasmenines ir sistemes kompetencijas, lemiančias mokymosi, darbo ir gyvenimo kokybę bei gebėjimą pasiekti profesinius ir gyvenimo tikslus:

- Instrumentinės kompetencijos yra įvardijamos kaip atliekančios instrumentinę funkciją. Joms priklauso kognityviniai gebėjimai, gebėjimas suprasti ir valdyti / pritaikyti idėjas ir mintis; metodologiniai gebėjimai valdyti aplinką: organizuoti laiką ir taikyti mokymosi strategijas, priimti

sprendimus ar spręsti problemas; technologiniai įgūdžiai, susiję su technologinių priemonių naudojimu, kompiuteriniai įgūdžiai ir gebėjimas apdoroti informaciją; lingvistiniai gebėjimai – bendravimas žodžiu ir raštu ar antrosios kalbos žinios.

- Tarpasmeninės kompetencijos: asmeninės savybės, susijusios su gebėjimu reikšti savo jausmus; kritinis ir savikritinis mąstymas bei socialiniai įgūdžiai, susiję su tarpasmeniniais įgūdžiais darbu komandoje, gebėjimu išreikšti socialinį ar etinį įsipareigojimą. Šios kompetencijos atskiras žinias, gebėjimus, turimas nuostatas ir vertybes apjungia į visumą bei nukreipia sąmoningai pasirinkta linkme. Jos yra labai kompleksinės ir universalios, o jų ugdymas dažnai būna integruotas į profesinių kompetencijų ugdymą.
- Sistemines kompetencijos: įgūdžiai ir gebėjimai, kurie susiję su visomis sistemomis. Šios kompetencijos, derinant supratimą, suvokimą ir žinias, įgalina suprasti visumos dalių tarpusavio ryšius ir sąveiką. Tai ir gebėjimas numatyti pokyčius, siekiant patobulinti tam tikrą sistemą ar sukurti naują (Kiškutė M., 2020).

Bendrųjų ir inžinerinių kompetencijų ugdymas, atskleidžiant inžinerinių procesų pažinimą, kūrimą bei valdymą, vykdomas pagal kiekvienoje studijų programoje numatytus tikslus ir uždavinius. Inžinerinių kompetencijų įgijimas ar tobulinimas neapsiriboja vienu dalyku, jos yra ugdomos per visą studijų programą, atliekant semestrinius darbus, laboratorinius darbus, tyrimų ir projektavimo užduotis.

Šiandieninė aplinka, kurioje veikia organizacijos, pasižymi dinamiškumu ir nuolatiniiais pokyčiais, todėl yra itin svarbus atvirumas pokyčiams, pokyčių inicijavimas ir įgyvendinimas bei gebėjimas į juos reaguoti. Lygiagrečiai su technologinėmis inovacijomis, sukauptomis žiniomis bei patirtimi vertinamos bendrosios kompetencijos – tai visų žmonių asmeninei saviraiškai ir tobulinimuisi, aktyviam pilietiškumui, socialinei integracijai ir užimtumui reikalingos kompetencijos: komunikavimas gimtąja kalba, komunikavimas užsienio kalbomis, matematinė kompetencija ir esminės kompetencijos mokslo ir technologijų srityse, skaitmeninis raštingumas, mokėjimas mokytis, socialinės ir pilietinės kompetencijos, iniciatyvumas bei verslumas, kultūrinis sąmoningumas ir raiška (Europos Parlamento ir Tarybos rekomendacija dėl bendrųjų visą gyvenimą trunkančio mokymosi gebėjimų, 2006 (2006/962/EB). Kuo didesnis darbuotojo disponuojamų kompetencijų spektras, tuo didesnės galimybės darbuotojui adaptuotis ir veikti ne tik šiandienos, bet ir ateities darbo rinkose.

Studentų praktikų mobilumas

Studentų mobilumas Kauno technikos kolegijoje daugiausia vykdomas pagal „Erasmus+“ mobilumo programą, kuri skirta aukštojo mokslo kokybės užtikrinimui studentų, dėstytojų ir kito personalo mobilumo skatinimui, daugiašaliam aukštojo mokslo institucijų bendradarbiavimui tarpusavyje ir su verslo įmonėmis bei laipsnių skaidrumo ir suderinamumo tarp aukštojo mokslo ir profesinio mokymo užtikrinimui.

Pagal „Erasmus+“ programą studentai gali studijuoti ar atlikti praktiką įmonėje arba organizacijoje užsienio šalyje, kuri dalyvauja „Erasmus+“ programoje. Pagrindinis mobilumo tikslas yra suteikti studentams galimybę gauti platų išsilavinimą pasirinktoje studijų programoje, plėsti studento žinias visose Europos kultūros srityse, padidinti jo konkurencingumą darbo rinkoje bei prisidėti prie jaunų žmonių skatinimo aktyviai dalyvauti socialiniame gyvenime. Studentų dalyvavimas akademiniam mobilumui ar mokymuose užsienyje didina jų profesionalumo lygį ir padeda įgyti naujos patirties, taip pat padeda užmegzti kontaktus būsimam bendradarbiavimui ateityje. Be profesinių įgūdžių, kuriuos įgyja studentai, jie taip pat įgyja daug bendrųjų įgūdžių, kurie yra svarbūs ne tik norint susirasti darbą, bet ir tolesnei sėkmingai karjerai.

2020/2021 m.m. užsienio šalių įmonėse praktikas atliko 44 studentai. Į praktikas gali vykti bet kurio kurso studentai, suformuojant atitinkamus tikslus ir uždavinius tiek pagal studijų programą, tiek pagal studijų metus. Pirminiai praktiniai įgūdžiai formuojami mokomosios praktikos metu. Pagrindiniai, tęstiniai ir įtvirtinamieji praktiniai įgūdžiai formuojami specialybių praktikų ir Baigiamosios praktikos metu. Apklausos metu kaip svarbiausias studentai išskyrė įgytas ar patobulintas kompetencijas, kurios gali būti panaudojamos įvairiuose kontekstuose ir bus naudingos geriau adaptuotis įvairiose darbo vietose. Duomenys gauti iš Kauno technikos kolegijos 2020/2021 m. „Erasmus+“ mobilumo ataskaitos, jų analizė pateikiama 1 lentelėje.

Kompetencijos, kurias studentai įgijo ir patobulino praktikų metu

BENDROSIOS IR INŽINERINĖS KOMPETENCIJOS	%*
Gebėjimas prisitaikyti prie naujų situacijų	95,12
Šiandien ypač svarbus darbuotojo atvirumas pokyčiams, pačių pokyčių iniciavimas ir įgyvendinimas bei gebėjimas į juos reaguoti. Praktikos metu studentai ugdo gebėjimus prisitaikyti prie kitos šalies, kultūros, įmonės, užsienio kalbos ir darbo kolektyvo. Visa tai padeda išmokti priimti iššūkius, palaikyti naujas iniciatyvas, suvokti pokyčių įgyvendinimo galimybes ir būdus bei palankiai reaguoti į pokyčius.	
Savarankiškas planavimas ir mokymasis	92,68
Praktikos metu svarbus ne tik gebėjimas rasti tinkamus informacijos šaltinius ir juos tinkamai panaudoti. Daug svarbiau yra savarankiška informacijos ieška, jos analizavimas, apdorojimas ir pateikimas. Studento gebėjimas mokymosi procesą organizuoti savarankiškai, pritaikant turimas žinias ir kuriant naujus veiklos modelius, skatina tiek kūrybiškos asmenybės augimą, tiek gebėjimą kritiškai vertinti atliekamą veiklą bei savo pasiekimus.	
Bendravimas su skirtingų kultūrų ir patirčių žmonėmis	92,68
Šiandien sunku surasti organizaciją, veikiančią tik vienos valstybės ribose, todėl tarpkultūriškumo kompetencija įgauna vis svarbesnę reikšmę. Užsienio įmonėse atliekamos praktikos metu studentas mokosi suprasti įmonių kultūrinius skirtumus, kad profesinė komunikacija būtų sėkminga. Be to, studentas turi galimybes susipažinti su kitos šalies kultūra, politika, papročiais ir bendruomene, mokydamasis pakantumo ir suvokdamas kiekvienos tautos bei kultūros unikalumą.	
Pasitikėjimas savimi ir savo gebėjimais	92,68
Darbas užsienio įmonėje ugdo studentų pasitikėjimą savimi ir savo gebėjimais. Studijų metu įgytos žinios bei laboratoriniuose ir semestro darbuose ugdyti praktiniai įgūdžiai padeda praktikos metu valdyti stresą ir būti lankstiems skirtingose situacijose. Augantis pasitikėjimas savimi ir savo gebėjimais leidžia išlaikyti arba atgauti darbingumą nepaisant problemų ar nesėkmių, o lankstumas bei tolerancija stresui padeda išlaikyti aukštą darbo efektyvumą.	
Atvirumas ir smalsumas naujiems iššūkiams	92,68
Ši kompetencija susijusi su gebėjimais darbinėje veikloje generuoti naujas idėjas ir/ar taikyti naujus darbo metodus. Naujų technologijų, metodų ar įrangos išbandymas skatina studentų smalsumą ieškoti naujų būdų problemoms spręsti ir pozityviai reaguoti į naujoves.	
Darbas komandoje	90,24
Šiandienėse darbo aplinkose tampa svarbu gebėti dirbti tiek nacionalinėse, tiek ir tarptautinėse komandose, o taip pat gebėti dirbti tinkluose. Šios kompetencijos ugdymas turi abipusę naudą tiek studentui, tiek įmonei. Įmonė, kurioje darbuotojai turi bendrą tikslą ir į procesus įsitraukia visi darbuotojai ir veikia kaip komanda, tobulėja, padidindama darbuotojų darbinį aktyvumą, informacijos perdavimą, psichologinį klimatą, vadovų ir bendradarbių tarpusavio klimatą bei santykių gerėjimą. Studentui gebėjimas dirbti komandoje sudaro sąlygas ne tik tobulinti komunikacinius įgūdžius, bet taip pat užmegzti naujus ryšius ir kurti potencialių partnerių tinklą.	
Problemų sprendimas sudėtingose situacijose	90,24
Praktikos aprašuose suformuluoti veiklos tikslai ir uždaviniai leidžia studentui įgyti ir tobulinti problemų sprendimo kompetenciją. Problemų vertinimas, jų analizavimas bei sprendimo priėmimas – procesas, kurio metu studentas apjungia teorines ir praktines žinias, geba aktyviai samprotauti ir generuoti naujas idėjas. Naujos profesinės veiklos aplinkos padeda studentui įgyti kompetenciją spręsti problemas, su kuriomis dar nebuvo susidurta, aplinkoje, kuri nuolat keičiasi ir pateikia dar daugiau naujų iššūkių. Tai suteikia jam kaip būsimam darbuotojui, kuris nori įsitvirtinti darbo rinkoje, pridėtinės vertės.	
Kritinis mąstymas ir informacijos analizė	87,8
Inžinerinėse studijose gebėjimas vertinti situaciją, identifikuoti, iškelti ir kūrybingai bei argumentuotai spręsti problemas, prognozuoti yra svarbus tiek studijų proceso, tiek profesinės veiklos dalis. Kritinis mąstymas glaudžiai susijęs su analitiškumu. Gautos žinios yra kritiškai vertinamos ir analizuojamos, išskiriant teigiamus ir neigiamus aspektus, galimas grėsmes ir tobulinimo perspektyvas, taip formuojant asmeninį vertinimą ir gebėjimą pagrįsti savo nuomonę.	

Specialybės žinių ir įgūdžių tobulinimas	82,93
Teorinių žinių pritaikymas svarbus tobulinant specialybės įgūdžius: gebėti organizuoti numatytus darbus; gebėti parinkti tinkamą technologinę įrangą bei technologinius procesų metodus; mokėti dirbti su technologine įranga; žinoti tipinę įmonės valdymo struktūrą ir suprasti veiklos organizavimo principus įmonėje; gebėti planuoti ir organizuoti darbų procesus; mokėti parinkti ir tinkamai panaudoti s medžiagas pagal keliamus reikalavimus; gebėti bendrauti su kolegomis, įmonių vadovais, klientais, sprendžiant inžinerijos uždavinius ir pristatant veiklą.	
Tolerancija kitų žmonių elgesiui ir vertybėms	80,49
Dirbdamas užsienio įmonėje studentas įgyja patirties dirbdamas su skirtingų tautų, kultūrų ar religijų kolegomis, tampa atvira asmenybe, kuri geba suvokti, matyti ir priimti skirtumus, suvokia savo teises ir kitų teises, moka spręsti konfliktus ir tokiu būdu prisideda prie darnios aplinkos kūrimo.	
Kūrybiškumas	68,29
Sprendžiant realias problemas svarbu taikyti ne tik tradicinius būdus, bet ir ieškoti naujų kelių ir perspektyvų, kelti naujas prielaidas, derinti skirtingus studijų dalykus bei metodus. Kūrybiškumo kompetenciją įgiję studentai greičiau prisitaiko prie besikeičiančios aplinkos, geba įprastas prielaidas bei sprendimus pakeisti netradiciškais ar originaliais, taikant naujas technologijas ir procesus. Kūrybiški sprendimai taip pat pareikalauja nemažai inžinerinių žinių, todėl studentas skatinamas nuolat mokytis.	
Naudojimasis IT ir kitomis technologijomis	60,98
Studentui, siekiančiam sėkmingai įsidarbinti ir įsitvirtinti darbo rinkoje, būtina mokėti naudotis moderniomis technologijomis. Šiuolaikiniai technologiniai procesai, naudojamos medžiagos ir įranga reikalauja vis daugiau technologines kompetencijas turinčių specialistų. Užsienio šalių įmonėse studentai turi galimybę ne tik patobulinti IT įgūdžius, bet ir dirbti su moderniomis technologijomis, išbandyti diegimas inovacijas.	

* procentas studentų, atsakiusių, kad jie įgijo ar patobulino šią kompetenciją

Patirtis, kuri įgyjama atliekant praktiką užsienio įmonėje, ne tik suteikia galimybę įgyti ar lavinti bendrąsias ir inžinerines kompetencijas, bet turi ir pridėtinę vertę – užsienio kalbos tobulinimas, skirtingų kultūrų pažinimas, akiračio praplėtimas, stipresnė motyvacija mokytis ir tobulėti, išskirtinė gyvenimiška patirtis.

Išvados

1. Kompetencija – tai efektyvios profesinės kvalifikacijos raiška, gebėjimas veikti, sąlygotas individo žinių, mokėjimų, įgūdžių, požiūrių, asmenybės savybių bei vertybių. Šiandieninėje darbo rinkoje reikia įvairiausių gebėjimų, įgūdžių ir kompetencijų, kuriuos darbuotojas galėtų pritaikyti kurdamas pridėtinę vertę įmonei.

2. Studentų praktikų mobilumas užsienio šalių įmonėse sudaro sąlygas įvairių inžinerinių ir bendrųjų kompetencijų įgijimui ir tobulinimui. Tarptautinio bendradarbiavimo patirties turintis studentas užsitikrina platesnes konkurentabilumo, savirealizacijos bei karjeros galimybes Europos Sąjungos ir ne tik darbo rinkose.

3. Kauno technikos kolegijos studijų programų tikslai ir mokymosi rezultatai yra pagrįsti darbo rinkos poreikiais, todėl studentai įgyja visas būsimam darbui reikalingas kompetencijas. Inžinerinių ir bendrųjų kompetencijų visuma leidžia darbuotojams lengviau vystyti profesinę veiklą, siekti aukštesnių rezultatų bei greičiau prisitaikyti prie kintančių visuomenės taisyklių, užmegzti ir palaikyti socialinius ryšius.

Literatūra

1. Europos Parlamento ir Tarybos rekomendacija dėl bendrųjų visą gyvenimą trunkančio mokymosi gebėjimų, 2006 (2006/962/EB). Prieiga per internetą: <http://eur-lex.europa.eu>.
2. Inžinerijos studijų krypčių grupės aprašas. Lietuvos Respublikos Švietimo ir mokslo ministro įsakymas Nr. V-964 (2015-09-10). Redakcija Nr. V-29 (2017-01-12)
3. Jakubė A., Juozaitis A. Bendrųjų kompetencijų ugdymas aukštojoje mokykloje. Metodinės rekomendacijos. Vilnius: Vilniaus universitetas, 2012.

4. Kiškųytė M. Universalių kompetencijų svarba įsidarbinimui. Utenos kolegija. Mokslo darbų žurnalas Įžvalgos. 2020, Nr. 1, p. 199-209.
5. Kumpikaitė V., Duoba K. Developing core competencies: student mobility case. Procedia - Social and Behavioral Sciences 99. 2013, p. 828 – 834.
6. Marcinkevičienė E. Praktikos nauda studento būsimai profesijai. Vilnius: VGTU. Aviacijos technologijos. 2013 1(1): 25-30 doi: 1038/at.2013.06
7. Ožalienė A., Pocevičienė R. Profesinės veiklos praktikų svarba būsimai studento profesinei veiklai. Profesinės studijos: teorija ir praktika. 2012, Nr. 9, p. 134-141.
8. Savanevičienė A., Stukaitė D., Šilingienė V. Development of strategic individual competences. Inžinerinė ekonomika, 2008, Nr. 3, p. 81 – 88.
9. XXI amžiaus kompetencijos: ko nori studentai, ko tikisi darbdaviai ir ką siūlo aukštosios mokyklos. Klaipėda: Klaipėdos valstybinė kolegija, 2017.

DEVELOPMENT OF GENERAL AND ENGINEERING COMPETENCES: CASE STUDY OF INTERNATIONAL INTERNSHIPS

Summary

Nowadays, it is insufficient to be an expert in a certain specialty, changes in the labour market require a wide range of abilities, skills and competencies that an employee can apply in different sectors. Employers wishing to be professionals in their field must continuously learn and improve all competencies, including general ones.

Key words: engineering competencies, general competencies, student mobility.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Judita Štreimikienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegija, Inžinerijos mokslų fakulteto lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: humanitariniai mokslai, filologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 618 18803, judita.streimikiene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Judita Štreimikienė

Science degree and name: Master

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Engineering Science faculty, lecturer

Author's research interests: humanitarian sciences, philology

Telephone and e-mail address: +370 618 18803, judita.streimikiene@edu.ktk.lt

VERSLUMO KOMPETENCIJŲ UGDYMAS AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO INŽINERIJOS KRYPTIES STUDIJOSE

Kristina Burneikienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Šiandien gyvename dinamiškame pasaulyje, nuolat kintančioje socialinėje, politinėje, kultūrinėje, ekonominėje aplinkoje. Globalizacijos bei technologijų sparta skatina naujoves, pokyčius, prie kurių visuomenė turi prisitaikyti. Šiame kintančios aplinkos kontekste jaunų žmonių profesinis ir gyvenimiškas pasirengimas priklauso nuo jų turimų kompetencijų, požiūrio, asmeninių savybių. Švietimo sistemos, kuriai įtaką daro globalizacija, nuolatinė kaita ir rinkos ekonomikos sąlygos, išskyla būtinybę ne tik įvertinti šiuos pokyčius, bet ir lanksčiai prie jų prisitaikyti. Keliami vis nauji reikalavimai ugdymo sistemai, siekiančiai teikti darbo rinkos sąlygas atitinkančias profesines kvalifikacijas, skatina tobulinti studijų programas, diegti naujas mokymo(si) technologijas, strategijas ir modelius. Verslumo kompetencijos yra vienos iš pagrindinių, būtinų prisitaikyti prie šiuolaikinio gyvenimo, kūrybiškos visuomenės ir rinkos sąlygų. Verslumo ugdymo tikslas – ugdyti jaunuolių gebėjimus ir įgūdžius, reikalingus jiems ne tik kaip individams, bet ir kaip visuomenės nariams. Straipsnyje pateikta plati verslumo kompetencijų apibrėžtis, ugdymo(si) metodikos. Atlikto tyrimo metu išsiaiškinta verslumo kompetencijų ugdymo(si) ypatumai Kauno technikos kolegijos automobilių transporto inžinerijos krypties studijose (ATE studijų programoje).

Reikšminiai žodžiai: Verslumo kompetencijos, verslumo kompetencijų ugdymo metodai.

Įvadas

Šiandien plačiai pripažįstama švietimo svarba skatinant verslumu grindžiamą požiūrį ir elgseną. Faktai rodo, jog ugdyti(s) verslų mąstymą yra nepaprastai svarbu siekiant, kad savaime augtų ekonomika, be jo taip pat nebūtų įmanoma tvari vietos bei regioninė plėtra ir socialinė šalių sanglauda. Kūrybiškumas ar mąstymas, kaip ką nors padaryti naujai, yra vienodai svarbūs tiek siekiant karjeros, tiek bandant įgyvendinti verslo idėjas. Iniciatyvumas, gebėjimas įtraukti komandos narius bei sutelkti juos bendram tikslui, supratimas kaip įgyvendinti suplanuotą veiklą bei racionaliai panaudoti turimus materialinius bei finansinius išteklius yra naudingi ir svarbūs įgūdžiai bet kokioje žmogaus socialinėje veikloje, tame tarpe ir kuriant verslą. Daugėjant pozityvaus verslumo mokymo(si) poveikio įrodymų, švietimo programose vis daugiau dėmesio reikia skirti verslumo kompetencijų ugdymui. Pagal tokias programas besimokantys jaunuoliai išsiugdys verslumo nuostatas, baigę studijas greičiau įsidarbins ir įsteigs daugiau įmonių, taigi patys sukurs daugiau darbo vietų.

Tyrimo objektas – verslumo kompetencijos ugdomos Kauno technikos kolegijos automobilių transporto inžinerijos krypties studijose (ATE studijų programoje).

Darbo tikslas – išsiaiškinti studentų verslumo kompetencijų ugdymo ypatumus automobilių transporto inžinerijos krypties studijose (ATE studijų programoje).

Darbo uždaviniai:

- Apžvelgti verslumo kompetencijas bei jų ugdymo metodus.
- Išsiaiškinti studentų nuomonę apie ugdomas verslumo kompetencijas Kauno technikos kolegijos automobilių transporto inžinerijos krypties studijose (ATE studijų programoje).

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, anketinė apklausa.

1. Verslumo kompetencijos, ugdymo metodai.

Verslumo kompetencijos. Pagal 2006 m. gruodžio 18 d. Europos parlamento ir tarybos rekomendaciją dėl bendrųjų visą gyvenimą trunkančio mokymosi gebėjimų ugdymo, visų žmonių asmeniniam pasitenkinimui ir vystymuisi, aktyviam pilietiškumui, socialinei integracijai ir užimtumui reikalingi bendrieji gebėjimai yra aštuoni. Vienas iš tų gebėjimų yra iniciatyva ir verslumas. Remiantis Europos Sąjungos mokslo ir žinių tarnybos sukurta „EntreComp into Action: get inspired, make it happen“ (McCallum, McMullan, Weicht, Price, 2018), verslumą galima apibrėžti kaip gebėjimą pasinaudojant įvairiomis galimybėmis, įgyvendinti savo idėjas, sukuriant tam tikrą vertę, socialinę, kultūrinę ar finansinę naudą kitiems visuomenės nariams. Verslumo kompetencijų mokomasi visą gyvenimą. Šios kompetencijos gali būti lavinamos tiek kaip kiekvieno asmens individualiai, tiek kaip tam tikros organizacijos nario, t.y. kaip komandinė kompetencija. Verslumo kompetencijų apibrėžimas pagal Europos Sąjungos mokslo ir žinių tarnybos pristatomą „EntreComp“ (McCallum, McMullan, Weicht, Price, 2018) sistemą yra daugiadimensis, kaip pavaizduota 1 pav., susidedantis iš trijų pagrindinių verslumo kompetencijų vystymo dalių: žinios bei turimi ištekliai, įgūdžiai ir praktinė patirtis bei idėjos ir galimybės.



1 pav. 3 pagrindinės verslumo kompetencijų vystymo dedamosios dalys

Šaltinis, „EntreComp into Action: get inspired, make it happen“ (McCallum, McMullan, Weicht, Price, 2018)

Kiekvienoje dalyje išskiriama po penkias kompetencijas, ir kartu tai sudaro penkiolika verslumo kompetencijų (1 lentelė), kurias kiekvienas asmuo gali atrasti savyje bei ugdyti(s), siekdamas įgyvendinti savo karjeros tikslus bei verslo idėjas.

1 lentelė

Verslumo kompetencijos

Žinios bei turimi ištekliai	Įgūdžiai, praktinė patirtis	Idėjos ir galimybės
Ekonomikos ir darbo rinkos suvokimas bei finansinis raštingumas, verslo pradžios procesų (pvz. gamybos, valdymo, rinkodaros) supratimas; Komandos sutelkimo ir valdymo žinios; Savo stipriųjų ir silpnųjų pusių pažinimas; Racionalus išteklių įvertinimas; Savimotyvacija ir atkaklumas;	Patirtinis mokymasis; Bendradarbiavimas, savarankiškas bei komandinis darbas; Iniciatyvumas, atkaklumas, tikslo siekimas; Projektų planavimas ir vertinimas bei finansų valdymas; Kritinis, analitinis mąstymas bei rizikos įvertinimas;	Galimybių pastebėjimas; Kūrybiškumas, išradingumas, inovatyvumas; Tikslų nusistatymas; Idėjų generavimas, išgryninimas jų kuriamos vertės suvokimas; Etikos ir tvarumo suvokimas;

Šaltinis „EntreComp into Action: get inspired, make it happen“ (McCallum, McMullan, Weicht, Price, 2018) ir Europos Sąjungos parengtu vadovu „Verslumo mąstymo ir įgūdžių ugdymas ES“ (2013).

Remiantis gidu „EntreComp into Action: get inspired, make it happen“ (McCallum, McMullan, Weicht, Price, 2018) nėra ir negali būti išskirta nei vienos pagrindinės verslumo kompetencijos. Visos penkiolika verslumo kompetencijų yra vienodai svarbios, ir labai svarbu visas jas ugdyti mokymo(si) procese.

Tuo tarpu remiantis Ekonominio raštingumo ir verslumo ugdymo strategija (2004) verslumo kompetencijos įvardijamos kaip individo asmeninės savybės, tiesiogiai susijusios su verslumu, ir kurias būtina nuolat skatinti ir ugdyti:

- Vadybinės srities kompetencijos, tokios kaip gebėjimai spręsti problemas, apimantys planavimo, sprendimų priėmimo, bendravimo savybių ugdymą ir pasiruošimą imtis atsakomybės.
- Socialinės srities kompetencijos: mokėjimas bendradarbiauti, mokytis imtis naujų pareigų, užmegzti ryšius, įtraukti į veiklą skirtingų interesų asmenis, dirbti komandoje ir pan.
- Asmeninių savybių srities kompetencijos: puoselėjamas pasitikėjimas savimi ir motyvacija įgyvendinant tikslus iki galo, gebėjimas kritiškai mąstyti, savarankiškai mokytis, nuolat tobulėti.
- Verslumo kompetencijos, t.y. asmeninės iniciatyvos rodymas, aktyvumas ir kūrybiškumas, taip pat gebėjimas prisiimti tam tikrą riziką įgyvendinant idėjas.

Verslumo kompetencijų ugdymo metodai. Remiantis 2004 metais patvirtinta Lietuvos Ekonominio raštingumo ir verslumo ugdymo strategija verslumo mokymas turi apimti du elementus:

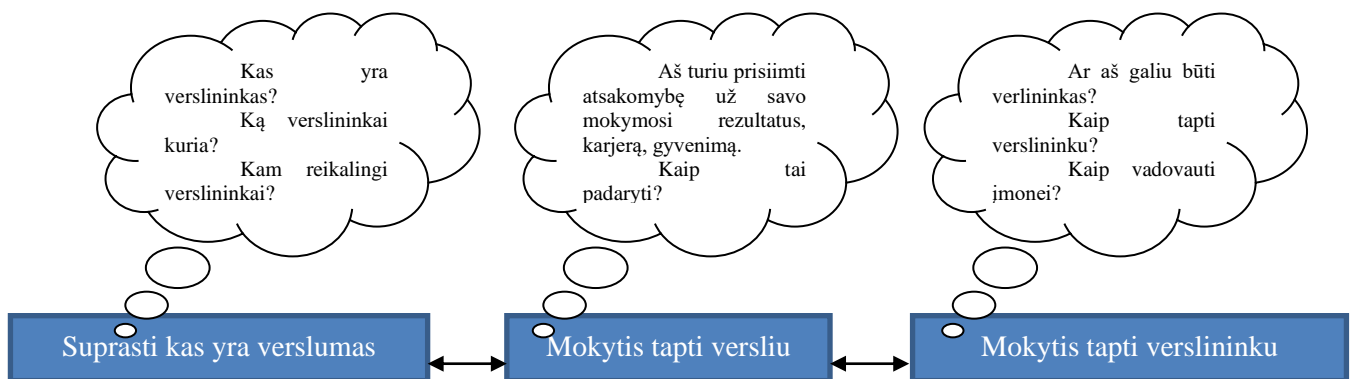
- plačią verslumo nuostatų ir įgūdžių mokymo koncepciją, kuri sujungia tam tikrų asmeninių savybių ugdymą ir nėra tiesiogiai susijusi su savo verslo kūrimu;
- ir labiau tiksliniu mokymu, kaip pradėti savo verslą.

Tokio mokymo tikslai gali būti pritaikomi įvairiuose švietimo sistemos lygmenyse, bei apima įvairiapusį verslumo ugdymą:

- besimokančiųjų supratimą apie darbą įmonėje, kaip būsimos karjeros galimybę, t.y. ugdomos tokios kompetencijos, kurios reikalingos ateityje būti ne tik darbuotoju, bet ir verslininku, darbdaviu;
- skatinti asmeninių savybių, reikalingų verslumui, tokių kaip kūrybiškumas, nebijojimas rizikuoti ir atsakomybė, ugdymą, suteikti techninių ir verslo žinių, kurių reikėtų kuriant naują įmonę.

Verslumo ugdymo tematika gana plačiai nagrinėta tiek lietuvių, tiek užsienio autorių. Siekiant apibendrinti ir pateikti dažniausiai naudojamus verslumo kompetencijų ugdymo metodus buvo atlikta mokslinės literatūros analizė. Remdamiesi verslumo ugdymo definicija, mokslininkai siūlo skirti mokymo ir ugdymo sampratas. Kai kurių autorių teigimu, mokymas yra veiksmingas suteikiant individui būtinų žinių. Kadangi verslumas siejamas su individualia iniciatyva, kūrybiniu potencialu ir inovacijomis, verslininkų buvimo visuomenėje negalima užtikrinti vien tik žinių perdavimu. Verslumą nagrinėjantys mokslininkai sutaria, kad jis turi būti ugdomas per patirtimi grįstą veiklą. Realios aplinkos modeliavimas verslumo ugdymo procese, suteikiant studentams galimybę formuoti elgesio nuostatas, padeda kaupti patirtį, kurios reikia kuriant nuosavą verslą. Anot U. Hytti ir C.O’Gormam (2004) verslumo kompetencijų ugdymo programose turėtų atsispindėti trys pagrindiniai tikslai (2 pav.):

- Pirmasis tikslas yra sukurti platų supratimą apie verslumą ir ypač apie verslininkų ir verslumo vaidmenį šiuolaikinėje ekonomikoje ir visuomenėje;
- antras tikslas yra išmokyti tapti „versliu asmeniu“, taip suvokiant bei prisiimant atsakomybę už savo mokymąsi, karjerą ir gyvenimą;
- trečiasis tikslas yra išmokyti „kaip būti“ ar tapti verslininku, mokantis kaip pradėti verslą.



2 pav. Verslumo ugdymo gairės
Šaltinis U.Hytti ir C. O’Gormam (2004)

Mokymo metodai ir priemonės, taikomos verslumui ugdyti yra labai svarbios. Svarbus ir pedagogas, taikantis šias priemones ir metodus, tačiau įsigalėjus naujajai ugdymosi paradigmai, keičiasi ir mokytojo vaidmuo: iš mokytojo informacijos „teikėjo“ tampa „ekspertu“, „mokymosi vadybininku“ ir pan. Plačiai verslumo kompetencijų ugdymą bei metodikas savo moksliniuose darbuose nagrinėja A. Župerka (2010), G.Strazdienė (2009), L.Kušleikienė, R. Šivickienė (2014) ir kt. autoriai. U. Hytti ir C.O’Gormam 2004 m. keturiose Europos valstybėse, atliko platų tyrimą, siekiant išsiaiškinti kokios verslumo kompetencijų ugdymo metodikos, priemonės ar iniciatyvos yra taikomos 50 verslumo ugdymo(si) programų.

Apibendrintai verslumo kompetencijų ugdymo metodai remiantis tyrinėtiais literatūros šaltiniais yra pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė

Verslumo ugdymo(si) metodai		
Ugdymo(si) metodas	Charakteristika	Autoriai
Tarpdisciplininis žinių taikymas	Skirtingų mokslo sričių bendradarbiavimą bei jų metodų panaudojimą, reikalingą tik tam tikram darbui.	A.Župerka
Tradiciniai mokymo metodai	Verslumo moko lektoriai, laikomi egzaminai ir rašomi darbai.	U. Hytti ir C.O’Gormam
Verslo imitavimas	Įkuriama imitacinė verslo įmonė ir jai vadovaujama, naudojant kompiuterines programas ir kitas priemones. Prie šios kategorijos priskirtini ir atvejo analizės metodai.	U.Hytti ir C.O’Gormam, A.Župerka, G.Strazdienė, L.Kušleikienė, R. Šivickienė

Ugdymo(si) metodas	Charakteristika	Autoriai
Komandinis darbas įgyvendinant naujus projektus	Grupinis darbas, grupinė diskusija ir projektinis darbas.	U. Hytti ir C.O'Gormam, A.Župerka, G.Strazdienė, L.Kušleikienė, R.Šivickienė
Konsultavimas (mentorstė)	Asmeninės ar grupinės konsultacijos dalyviams teikiamos tam, kad jie pasimokyti iš potencialių galimybių. Dalyviams vadovaujama kuriant verslą ar dalyvaujant verslo projektuose. Mentorais gali būti mokytojai, verslo atstovai ar kiti ekspertai.	U. Hytti ir C.O'Gormam,
Mokomieji vizitai	Besimokantieji vyksta į įmones, kt. organizacijas, o verslininkai lanko mokyklas, skaito paskaitas tam, kad sustiprintų bendradarbiavimo ryšius su mokymo įstaiga ir darbo rinka. Pagal kai kurias programas organizuojami mokomieji vizitai į užsienį.	U. Hytti ir C.O'Gormam, A.Župerka, G.Strazdienė, L.Kušleikienė, R. Šivickienė
Verslo kūrimas	Įkuriamos tikros įmonės ir vykdoma programa joms vadovaujama.	U. Hytti ir C.O'Gormam
Žaidimai ir konkursai	Žaidimai ir konkursai organizuojami tam, kad padidėtų susidomėjimas verslumu ir smulkiuoju verslu.	U. Hytti ir C.O'Gormam, L.Kušleikienė, R. Šivickienė
Praktiniai mokymai verslo įmonėje	Studentai tam tikrą laiką dirba tikroje įmonėje.	U.Hytti ir C.O'Gormam, A.Župerka, G.Strazdienė
Verslo atvejų analizė	Mokymo metodas, orientuotas į gebėjimus realioje situacijoje taikyti įvairias žinias.	A.Župerka
Realių verslo planų sudarymas	Kuomet sudaromi verslo planai pagal realias verslo situacijas	A.Župerka

Sudaryta autoriaus remiantis šaltiniais: Hytti ir O'Gorman (2004), A.Župerka (2010), G.Strazdienė (2009), L.Kušleikienė, R. Šivickienė(2014)

Kauno technikos kolegijos Automobilių techninio eksploatavimo studijų programoje esantis modulis Semestro darbas 2 yra sietinas su tam tikrais 2 lentelėje pateiktais verslumo ugdymo metodais. Apibrėžiant kas tai Semestro darbas 2, galima įvardinti, kad šis modulis yra tarpdisciplininis modulis, apjungiantis trijų dalykų medžiagą, iš kurių vienas yra Verslo ekonomika ir vadyba. Semestro darbo 2 metu studentas didžiąją dalį darbo atlieka savarankiškai, dėstytojas tampa tik konsultantas. Yra analizuojama konkreti pasirinkta techninės srities problema, kaip tam tikras imituojamos verslo įmonės atvejis. Analizuojant modulio Semestro darbo 2 metodiką verslumo atžvilgiu, yra svarbu pabrėžti, kad šiame darbe, būtent ekonominėje darbo dalyje studentas turi parodyti ne tik tradicinių paskaitų metu įgytas ekonomines žinias, tačiau ir gebėjimą suprasti darbo bei rinkos sąlygas, išteklių ribotumą, verslo kūrimo proceso suvokimą, atsakingą požiūrį į gamybos kaštų paskaičiavimą bei kūrybiškai imituojamo verslininko racionalų požiūrį kuriant įmonę. Dalis Semetro darbo 2 yra atliekama kaip komandinis darbas. Taigi galima teigti, kad Semestro darbas 2 modulyje naudojami didžioji dalis 2 lentelėje aptartų verslumo ugdymo(si) metodų.

2. Studentų verslumo ugdymo situacijos ir galimybių koleginiuose studijose tyrimo analizė

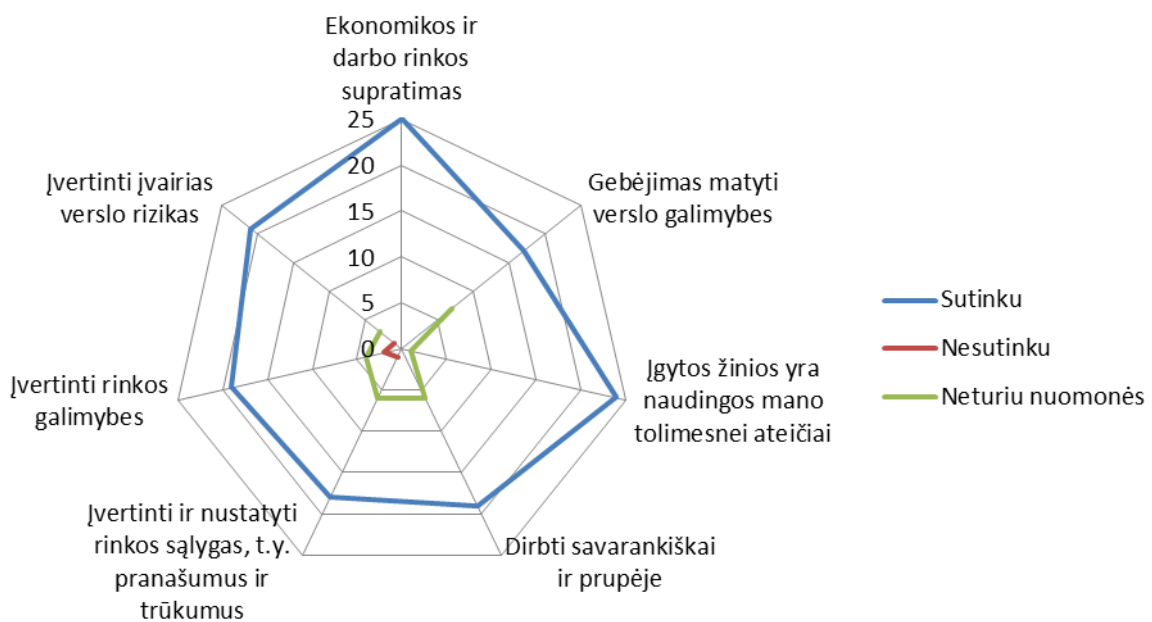
Tyrimas apie studentų verslumo kompetencijų ugdymo situaciją Kauno technikos kolegijoje Automobilių techninio eksploatavimo studijų programoje buvo vykdytas 2021 m. rudens semestru, kai III kurso studentai jau buvo išklaušę Verslo ekonomikos ir vadybos modulio teorinę medžiagą bei atlikę praktinius darbus, taip pat atlikę Semestro darbą 2. Tyrime dalyvavo 25 Kauno technikos ATE studijų programos III kuro studentai. Respondentai buvo apklausiami anketiniu būdu. Klausimai buvo sudaromi remiantis Europos Sąjungos mokslo ir žinių tarnybos sukurtu gidu „EntreComp into Action: get inspired, make it happen“ (2018), kuriame yra apibrėžta būtinų ugdyti(s) penkiolika verslumo kompetencijų.

Šiuo tyrimu siekiama išsiaiškinti kaip studentai patys vertina savo verslumo kompetencijų ugdymo(si) rezultatus, ar pasikeitė jų požiūris, įgūdžiai, tam tikri asmenybės bruožai, vertinant verslumo atžvilgiu. Verslumo kompetencijų ugdymo(si) rezultatas analizuotas pagal tris dedamąsias dalis, t.y. įgytas ekonomikos ir vadybos žinias, įgytus įgūdžius, praktinę verslo patirtį bei idėjas ir galimybes kurti verslą.

Pirmiausia siekiant išsiaiškinti kokią patirtį versle ar karjeroje yra turėję studentai, buvo užduotas klausimas „Ar iki šiol yra vykdę kokią nors ūkinę-komercinę veiklą?“. Į šį klausimą 28 proc. respondentų atsakė, kad yra dirbę įteisindami individualią veiklą, t.y. su verslo liudijimu arba pagal individualios veiklos pažymą. 36 proc. apklaustųjų atsakė, kad jų artimieji turi nuosavą verslą. 88 proc. respondentų atsakė, kad yra

dirbę samdomu darbuotoju. Taigi galima teigti, kad didžioji dalis studentų jau yra turėję vienokios ar kitokios verslo patirties.

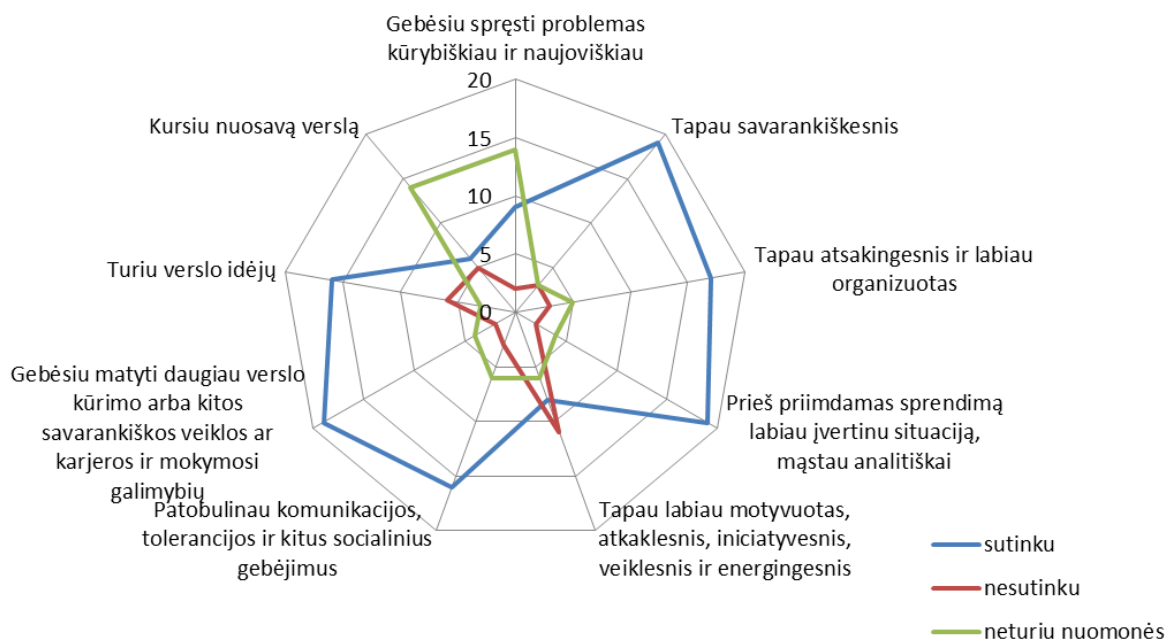
3 pav. pavaizduoti atsakymai į užduotus klausimus apie įgytas žinias, bei įgūdžius ir patirtį. Siekiant išsiaiškinti ar studentai „Verslo ekonomikos ir vadybos bei Semestro darbo 2 paskaitų bei praktinių užsiėmimų metu įgijo žinių“. Atsakymai pasiskirstė sekančiai: 100 proc. apklaustųjų atsakė, kad šių modulių metu įgijo žinių arba jas pagilino apie „*Ekonomikos ir darbo rinkos supratimą*“, labiau išsiugdė „*Gebėjimas matyti verslo galimybes*“, sutinka su šiuo teiginiu 68 proc. apklaustųjų, 4 proc. nesutinka su teiginiu ir 28 proc. neturi nuomonės. Su teiginiu apie įgytas žinias „*Įgytos žinios yra naudingos mano tolimesnei ateičiai*“ sutiko 96 proc. studentų ir 4 proc. neturi nuomonės. Kitas klausimas ar „*Verslo ekonomikos ir vadybos bei Semestro darbo 2 metu bei praktinių užsiėmimų metu įgijau įgūdžių ir praktinės verslo patirties*“ tam tikrose srityse. 76 proc. studentų atsakė, kad įgijo patirties bei įgūdžių „*Dirbti savarankiškai ir grupėje*“, 24 proc. studentų neturėjo nuomonės šioje klausimo dalyje. 72 proc. studentų teigia, kad įgijo praktinės patirties „*Įvertinti ir nustatyti rinkos sąlygas, t.y. pranašumus ir trūkumus*“, 4 proc. apklaustųjų su tuo nesutinka ir 24 proc. neturėjo nuomonės. Kad įgijo įgūdžių geriau „*Įvertinti rinkos galimybes*“ atsakė 76 proc. studentų, su tuo nesutinka 8 proc., bei 16 proc. neturi nuomonės. Išsiugdė gebėjimas „*Įvertinti įvairias verslo rizikas*“ verslo aplinkoje bei rinkoje. Su šiuo teiginiu sutinka 84 proc. apklaustųjų, 4 proc. nesutiko ir 12 proc. neturėjo nuomonės.



3 pav. Studentų nuomonė apie įgytas žinias, įgūdžius bei praktinę patirtį

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Anketine apklausa taip pat siekta išsiaiškinti studentų nuomonę klausimu „*Ar pasikeitė ir kaip pasikeitė vertinant verslumo atžvilgiu požiūris, asmenybės bruožai, įvertinant žinias ir įgytą patirtį Verslo ekonomikos ir vadybos bei Semestro darbo 2 paskaitų bei praktinių užsiėmimų metu?*“ (4 pav.). Atsakant į šio klausimo punktą „*Gebėsiu spręsti problemas kūrybiškiau ir naujoviškiau*“ apklaustųjų nuomonės pasiskirstė sekančiai 36 proc. sutiko su teiginiu, 8 proc. nesutiko ir 14 proc. pareiškė neturintys nuomonės šioje klausimo dalyje. „*Tapau labiau motyvuotas, atkaklesnis, iniciatyvesnis, veiklesnis ir energingesnis*“, su šia klausimo dalimi sutiko 32 proc., 44 proc. nesutiko ir 24 atsakė, kad neturi nuomonės. Į klausimo dalį „*Tapau atsakingesnis ir labiau organizuotas*“ teigiamai atsakė 68 proc. studentų, 12 proc. nesutiko, ir 20 proc. neturėjo nuomonės. „*Prieš priimdamas sprendimą, labiau įvertinu situaciją, mąstau analitiškai*“, šioje klausimo dalyje sutiko su teiginiu 76 proc. studentų, 8 proc. nesutiko ir 16 proc. neturėjo nuomonės. „*Tapau savarankiškesnis*“ - sutiko 76 proc., nesutiko 12 proc. ir 12 proc. neturėjo nuomonės. Su teiginiu „*Patobulinau komunikacijos, tolerancijos ir kitus socialinius gebėjimus*“ sutiko 64 proc. apklaustųjų, 12 proc. nesutiko ir 24 proc. teigė neturintys nuomonės. Klausimo dalyje „*Gebėsiu matyti daugiau verslo kūrimo arba kitos savarankiškos veiklos ar karjeros ir mokymosi galimybių*“ 76 proc. studentė teigė sutinkantys su teiginiu, 8 proc. nesutiko ir 16 proc. neturėjo nuomonės. Turintys verslo idėjų paminėjo 64 proc. studentų, ir 24 proc. studentų atsakė, kad kurs nuosavą verslą ateityje.



4 pav. Studentų nuomonė vertinant verslumo atžvilgiu, kaip pasikeitė pažiūros ir asmenybės bruožai
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Išvados

1. Mokslinės literatūros analizė parodė, kad verslumo kompetencijos gali būti ugdomos trijose dedamosiose dalyse: žinios bei turimi ištekliai, įgūdžiai ir praktinė patirtis bei idėjos ir galimybės. Išskiriama penkiolika verslumo kompetencijų, po penkias kiekvienoje dalyje. Išanalizuoti ir apibendrinti verslumo kompetencijų ugdymo metodai, kurių didžioji dalis taikoma ir Kauno technikos kolegijoje.

2. Atlikus tyrimą Kauno technikos kolegijoje ATE SP išsiaiškinta, kad mokantis Verslo ekonomikos ir vadybos, bei atliekant Semestro darbą 2, studentų nuomone ugdomos dauguma verslumo kompetencijų, tokių kaip: žinių įsisavinimas, gebėjimas matyti ir įvertinti rinkos bei verslo galimybes, dirbti savarankiškai ir grupėje, įvertinti ir nustatyti rinkos sąlygas, verslo rizikas, gebėjimas spręsti problemas kūrybiškiau ir naujoviškiau. Tokių kompetencijų ugdymas, keičia asmenybių bruožus, kaip teigia patys studentai, jie tapo atsakingesni ir labiau organizuoti, prieš priimdami sprendimą, labiau įvertina situaciją, mažiau analitiškai, tapo savarankiškesni, atsakingesni, patobulino komunikacijos, tolerancijos ir kitus socialinius gebėjimus, bei turi verslo idėjų, kurias bandys įgyvendinti.

Literatūra

1. Europos Komisija / EACEA / Eurydice, 2016. Verslumo ugdymas Europos mokyklose. Eurydice ataskaita. Liuksemburgas: Europos Sąjungos leidinių biuras, http://publications.europa.eu/resource/celear/74a7d356-dc53-11e5-8fea-01aa75ed71a1.0007.01/DOC_1
2. Europos parlamento ir tarybos rekomendacija, 2006 m. gruodžio 18 d. dėl bendrųjų visą gyvenimą trunkančio mokymosi gebėjimų (2006/962/EB) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=LV>
3. Hytti U. and O’Gorman C., What is "enterprise education"? An analysis of the objectives and methods of enterprise education programmes in four European countries, 2004, [file:///C:/Users/Vartotojas/Downloads/HyttiOGorman2004%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Vartotojas/Downloads/HyttiOGorman2004%20(1).pdf)
4. Kušleikienė L., Šivickienė R., Metodų, ugdančių verslumo kompetenciją, taikymas Šiaulių valstybinės kolegijos finansų srities paskaitose, 2014, <https://core.ac.uk/download/335060125.pdf>
5. McCallum E., L. McMullan L., Weicht R., Price A. Europos Sąjungos mokslo ir žinių tarnyba. EntreComp into Action: get inspired, make it happen European Union, 2018, file:///C:/Users/Vartotojas/Downloads/jrc109128_entrecomp_into_action_-_final_1.pdf
6. Strazdienė G., Kolegijų studentų verslumo ugdymas taikant imitacinės verslo įmonės modelį, Daktaro disertacija Socialiniai mokslai, edukologija (07 S), Šiauliai, 2009 [file:///C:/Users/Vartotojas/Downloads/1910000%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Vartotojas/Downloads/1910000%20(3).pdf)
7. Verslumo mąstymo ir įgūdžių ugdymas ES, Jaunimo verslumo ugdymo skatinimo ir lengvinimo naudojant ES struktūrinius fondus vadovas, Autorių teisės priklauso Europos Sąjungai, 2013, http://publications.europa.eu/resource/celear/0b119b3e-e072-42e3-b3c5-a2746d386933.0015.02/DOC_1

8. Župerka A., Studentų verslumo ugdymo plėtra Lietuvoje, 2010 Kaunas, daktaro disertacija, https://www.vdu.lt/cris/bitstream/20.500.12259/122615/1/aurimas_zuperka_dd.pdf

DEVELOPMENT OF ENTREPRENEURIAL COMPETENCIES IN AUTOMOTIVE TRANSPORT ENGINEERING STUDIES

Summary

Today we live in a dynamic world, in a constantly changing social, political, cultural, economic environment. The speed of globalization and technology is driving innovation and change that society needs to adapt to. In this context of a changing environment, the professional and life preparation of young people depends on their competencies, attitudes and personal qualities. The education system, which is affected by globalization, constant change and market economy conditions, needs not only to assess these changes, but also to adapt flexibly to them. New requirements are being set for the education system in order to provide professional qualifications that meet the conditions of the labor market, encourage the improvement of study programs, and the introduction of new teaching / learning technologies, strategies and models. Entrepreneurial competencies are one of the key factors in adapting to modern life, a creative society and market conditions. Entrepreneurial competencies are one of the key factors in adapting to modern life, a creative society and market conditions. The goal of entrepreneurship education is to develop the abilities and skills that young people need not only as individuals but also as members of society. The article provides a broad definition of entrepreneurial competencies, educational methodologies. During the research, the peculiarities of the development of entrepreneurial competencies in the studies of Kaunas Technical College in the field of automotive transport engineering (ATE study program) were clarified.

Key words: Entrepreneurial competencies, methods of developing entrepreneurial competencies.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Burneikienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: lektorė

Darbo vietą ir pozicija: Kauno technikos kolegija, Aautomobilių 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: 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

ĮMONĖSE NAUDOJAMŲ SANTYKIŲ MARKETINGO VEIKSNIŲ POVEIKIS VARTOTOJŲ ELGSENAI SOCIALINIUOSE TINKLUOSE

Birutė Počkevičiūtė-Tarasovė¹, Regina Motienė²
Kauno kolegija¹, Kauno technikos kolegija²

Anotacija

Daugiau nei 96 proc. viso pasaulio įmonių naudojami socialiniais tinklais kurdami glaudesnius ryšius su vartotojais. Santykiai socialiniuose tinkluose tarp įmonių prekių ženklų ir vartotojų yra svarbūs siekiant verslo tikslų ir kuriant malonias patirtis vartotojams. Socialiniai tinklai turi svarbią reikšmę informacijos paieškai bei sklaidai apie įmonių prekių ženklus, veiklą ir lemia vartotojų apsprendimą pirkti, patirties dalijimąsi po pirkimo, buvimą socialinių tinklų bendruomenių nariais. Vartotojų sprendimo pirkti priėmimui dažniausiai įtaką daro kitų žmonių nuomonė, išreikšta socialinių tinklų bendruomenėse, ketinimai, elgesys, patirties dalijimasis po pirkimo. Empirinio tyrimo metu atskleista, kad vartotojų pirkimą skatina situaciniai faktoriai, kuriuos nulemia gyvenimiškos situacijos. Per pasikartojančias situacijas vartotojai sudominami išskirtiniu pasiūlymu arba jo funkcinio pasikeitimu sukeltomis malonias emocijas. Įmonių darbuotojų bendravimas daro teigiamą poveikį vartotojams pirkimo metu ir sprendimo pirkti priėmimui. Be to vartotojai ypatingai vertina įmonių darbuotojų sąžiningumą, empatiją, pagarbą, kurią jaučia bendravimo metu. Minėtos vertės skatina vartotojų įsitraukimą į tolimesnių santykių plėtojimą. Įmonės atsižvelgia į vartotojų poreikius ir bendrauja per socialinius tinklus jiems aktualiomis temomis ir siunčia tikslingas komunikacines žinutes. Santykių užmezgimas ir plėtojimas tarp įmonių ir vartotojų sužadina kito pirkimo poreikį.

Reikšminiai žodžiai. Santykių marketingas, vartotojų elgsena, socialiniai tinklai.

Įvadas

Įmonėms svarbu kurti ir puoselėti santykius virtualioje aplinkoje su esamais ir naujais vartotojais. Šiuo metu populiariausia bendrauti socialiniuose tinkluose. Įmonės komunikuoja jau esamose, joms priklausančiose socialinių tinklų bendruomenėse, pasitelkiant įvairius santykių marketingo elementus. Aktualu vartotojams sukurti pridėtinę vertę, palaikyti tvirtus ryšius ir didinti narių skaičių socialinių tinklų bendruomenėse (Anastasei, Dospinescu, 2019:11:814-832).

Ilgalaikių santykių kūrimui reikalingas vartotojų ir įmonių tarpusavio pasitikėjimas. Pirmiausia norint užtikrinti santykių tašą socialiniuose tinkluose bendraudami vartotojai ir įmonės turi būti sąžiningi. Taip pat būtina empatija. Empatija labai dažnai suvokiama, kaip sugebėjimas išreikšti save kito vietoje. Empatiškos įmonės neabejingos vartotojų poreikiams bei interesams. Be to remiantis moksliniais šaltiniais, vartotojų ir įmonių tarpusavio pasitikėjimui turi didelę įtaką pagarba. Pagarba santykiuose dažniausiai apibūdinama, kaip būtina sąlyga siekiant įmonių ir vartotojų abipusio bendradarbiavimo, įsitraukimo į santykių kūrimą ir tvarumą. Todėl įmonėms labai svarbu išsiaiškinti, ką vartotojai laiko pagarba jiems ir koku būdu jie nori būti gerbiami (Anastasei, Dospinescu, 2019, 11:814-832).

Daugiau nei 96 proc. viso pasaulio įmonių naudojami socialiniais tinklais kurdami glaudesnius ryšius su vartotojais. Santykiai socialiniuose tinkluose tarp įmonių ir vartotojų yra svarbūs pasiekti verslo tikslus ir kurti ilgalaikę bei malonią patirtį vartotojams. Socialiniuose tinkluose kiekvieną dieną vyksta apie 2,4 mln. pokalbių apie įmonių prekių ženklus. Įmonės turi nuolat sekti vartotojų nuomones, ypač apie neigiamas patirtis, kad jų būtų kuo mažiau. Svarbu nuolat puoselėti santykius tarp įmonių prekių ženklų ir vartotojų (Bilgihan, 2018, 80:243-254).

Socialiniai tinklai turi svarbią reikšmę informacijos paieškai bei sklaidai apie įmonių prekių ženklus, veiklą ir lemia vartotojų apsprendimą pirkti, buvimą bendruomenių nariais, patirties dalijimąsi po pirkimo. Moksliniai tyrimai atskleidžia, kad vartotojų sprendimo pirkti priėmimui įtaką daro kitų žmonių požiūris, ketinimai, elgesys, patirties dalijimasis. Vartotojų sprendimo pirkti priėmimui svarbią reikšmę turi perskaityti atsiliepimai, kurie lemia įsitraukimą ir apsisprendimą. Ypatingai svarbu įmonių pasirinktas komunikacinės žinutės siuntėjas. Jis turi būti patikimas, reikalingos srities žinovas, dažniausiai žinomas asmuo, tinkamas skleisti informaciją sudarant patikimumo įspūdį. Tik tokiu atveju atsiranda teigiama sąveika tarp vartotojų ir įmonių ir kuriami glaudesni santykiai socialinių tinklų bendruomenėse (Coelho, Rita, Santosa, 2018, 43:101-110).

Vis daugiau įmonių investuoja išteklius kuriant strategijas ir valdant prekių ženklų bendruomenes socialiniuose tinkluose, kad atkreiptų vartotojų dėmesį ir su jais kurtų pasitikėjimu grįstus santykius. Socialinių tinklų bendruomenės yra svarbios marketingo tyrimams, nes jų dėka galima surinkti patikimą ir reikšmingą informaciją apie tai, kokie yra vartotojai, ir gauti įžvalgų apie įvairius jų kasdienio gyvenimo aspektus, įskaitant gyvenimo būdą, poreikius, norus ir vartojimo lūkesčius. Susisteminta informacija padeda kurti glaudesnius santykius socialinių tinklų bendruomenėse (Gutiérrez-Cillán, Camarero-Izquierdo, José-Cabezudo, 2017, 20:258-274).

Įmonių ir vartotojų tarpusavio santykių lygmuo pasauliniu mastu yra esminė šių laikų tendencija. Labai svarbu įmonių socialinė atsakomybė ir tvari marketingo komunikacija socialiniuose tinkluose. Tvarumo koncepcijos integracija į įmonių marketingo strategiją reikšminga atkreipiant vartotojų dėmesį. Tvari rinkodara skirta ne tik reklamuoti prekių ženklus ir padidinti įmonių pelną, bet ir sukurti teigiamus pokyčius visuomenėje emocinės įtakos prasme vartotojams (Steinhoff, Arli, Weaven, Kozlenkova, 2019, 47:369-393).

Sparčiai plintant informacijai ir intensyviai naudojant socialinius tinklus kaip komunikacinį kanalą, vis daugiau įmonių investuoja į prekių ženklų bendruomenių kūrimą, siekiant užmegzti ryšius ir skatinti vartotojus keistis žiniomis apie savo patirtis. Esant virtualių prekių ženklų bendruomenėms socialiniuose tinkluose galima iširti įmonių galimybes kurti tvarią, patikimą, teigiamomis emocijomis grindžiamą interaktyvią patirtį ir skatinti išitraukimą tarp vartotojų įmonių prekių ženklų bendruomenėse. Socialinių tinklų bendruomenėse vartotojai susirenka dėl tam tikrų interesų. Dažniausiai dėl to, kad galėtų susisiekti su įmonėmis, bendrauti su kitais socialinių tinklų bendruomenių nariais, dalintis žiniomis, patirtimi (Melancon, Dalakas, 2017).

Tyrimo tikslas – atskleisti respondentų nuomonę apie įmonėse naudojamų santykių marketingo veiksnių poveikį vartotojų elgsenai socialiniuose tinkluose.

Tyrimo objektas – įmonėse naudojamų santykių marketingo veiksnių poveikis vartotojų elgsenai socialiniuose tinkluose.

Tyrimo metodai

Atliekant įmonėse naudojamų santykių marketingo veiksnių poveikio vartotojų elgsenai socialiniuose tinkluose teorines studijas, naudoti mokslinės literatūros palyginamosios analizės ir sisteminimo metodai. Siekiant nustatyti įmonėse naudojamų santykių marketingo veiksnių poveikį vartotojų elgsenai socialiniuose tinkluose, atliekant empirinį tyrimą, taikomas kiekybinis metodas – anoniminė anketinė apklausa, kurioje dalyvavo 354 Lietuvos gyventojai. Gauti empirinio tyrimo rezultatai apdoroti ir analizuoti taikant statistinę programą „SPSS Statistic 23.0“, taikant aprašomąją statistiką bei koreliacinės analizės metodą.

Tyrimo metu apklausti 354 Lietuvos gyventojai. Analizuojant tyrime dalyvavusių gyventojų lytį pastebėta, kad didžiąją dalį sudarė moterys (67 proc.) ir 33 proc. apklaustųjų buvo vyrai. Pagal amžių gyventojai pasiskirstė taip: 18-29 metų sudarė 16 proc., 30-39 metų - 22 proc., 40-49 metų 28 proc., 50-65 metų 29 proc. ir mažiausia dalis tyrime dalyvavusiųjų buvo ≥ 65 metų – 5 proc.

Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

Empirinio tyrimo metu gauti rezultatai atskleidė įmonėse naudojamų santykių marketingo veiksnių poveikį vartotojų elgsenai pirkimo metu socialiniuose tinkluose. Remiantis (Solomon, 2018), santykių marketingo veiksniai gali būti skirstomi į pirminius ir antrinius. Pirminiai veiksniai siejami su vartotojų suvokiamomis emocijomis ir funkcinėmis vertėmis, situaciniais sprendimais, turimu laiku, nes virtualioje aplinkoje galima greičiau apsipirkti. Antrinių veiksnių poveikis lemia galutinį sprendimą pirkti. Vartotojams svarbi pirkimo aplinka, ankstesnė patirtis ir įmonių bendravimo kultūra pirkimo metu.

1 lentelėje pateikiami koreliacijos rezultatai tarp įmonėse naudojamų santykių marketingo pirminių veiksnių ir vartotojų elgsenos pirkimo metu socialiniuose tinkluose.

1 lentelė

Koreliacija tarp įmonėse naudojamų santykių marketingo pirminių veiksnių ir vartotojų elgsenos pirkimo metu socialiniuose tinkluose (N=354)

	Vartotojų elgsena pirkimo metu	
Įmonių naudojamų santykių marketingo pirminių veiksnių poveikis	Pearson Correlation	0,721**
	Sig. (2-tailed)	0,000
	N	354

Šaltinis: sudaryta autorių

Atlikta ryšių koreliacija tarp įmonėse naudojamų santykių marketingo pirminių veiksnių ir vartotojų elgsenos pirkimo metu socialiniuose tinkluose atskleidė, kad tarp kintamųjų egzistuoja statistiškai reikšmingas teigiamas ryšys ($p < 0,05$).

Ryšys tarp įmonėse santykių marketingo pirminių veiksnių ir vartotojų elgsenos pirkimo metu socialiniuose tinkluose gali būti laikomas stipriu. Remiantis gautais rezultatais galima teigti, kad egzistuoja statistiškai reikšmingas teigiamas stiprus ryšys tarp įmonėse naudojamų santykių marketingo pirminių veiksnių ir vartotojų elgsenos pirkimo metu socialiniuose tinkluose. Tai reiškia, kad įmonių komunikacija sukeldama vartotojams emocijas skatina išitraukimą į sprendimo pirkti priėmimą. Be to pirkimą skatina

situaciniai faktoriai, kai per pasikartojančias situacijas vartotojai sudominami išskirtiniu pasiūlymu arba jo funkcinio pasikeitimu. Taip pat svarbus veiksnys – vartotojų tikslinis pirkimas. Kuris grindžiamas unikalumu ir remiasi hedonistinėmis ir utilitarinėmis vertėmis. Šis veiksnys turi stiprų poveikį vartotojų elgsenai pirkimo metu.

2 lentelėje pateikiami koreliacijos rezultatai tarp įmonėse santykių marketingo antrinių veiksmų ir vartotojų elgsenos pirkimo metu socialiuose tinkluose.

2 lentelė

Koreliacija tarp įmonėse naudojamų santykių marketingo socialiuose tinkluose antrinių veiksmų ir vartotojų elgsenos pirkimo metu socialiniuose tinkluose (N=354)

Įmonių santykių marketingo antrinių veiksmų poveikis	Vartotojų elgsena pirkimo metu	
	Pearson Correlation	0,678**
	Sig. (2-tailed)	0,000
	N	354

Šaltinis: sudaryta autorių

Atlikta ryšių koreliacija tarp įmonėse naudojamų santykių marketingo antrinių veiksmų ir vartotojų elgsenos pirkimo metu socialiniuose tinkluose atskleidė, kad tarp kintamųjų egzistuoja statistiškai reikšmingas teigiamas ryšys ($p < 0,05$).

Ryšys tarp įmonėse naudojamų santykių marketingo antrinių veiksmų ir vartotojų elgsenos pirkimo metu socialiniuose tinkluose gali būti laikomas vidutiniu. Remiantis gautais rezultatais galima teigti, kad egzistuoja statistiškai reikšmingas teigiamas vidutinis ryšys tarp įmonėse naudojamų santykių marketingo antrinių veiksmų ir vartotojų elgsenos pirkimo metu socialiniuose tinkluose. Tai reiškia, kad nuo pirkimo aplinkos, pirkimo patirties, kitų vartotojų rekomendacijų ir įmonių darbuotojų bendravimo pirkimo metu priklauso sprendimo pirkti priėmimas. Rezultatai atskleidė, kad įmonių darbuotojai daro teigiamą vidutinį poveikį vartotojams pirkimo metu ir bendravimas sukelia teigiamas emocijas. Be to vartotojai ypatingai vertina įmonių sąžiningumą, empatiją, pagarbą jaučiamą bendravimo metu.

3 lentelėje pateikiami koreliacijos rezultatai tarp įmonėse naudojamų santykių marketingo pirminių veiksmų ir vartotojų elgsenos po pirkimo.

3 lentelė

Koreliacija tarp įmonėse naudojamų santykių marketingo socialiuose tinkluose pirminių veiksmų ir vartotojų elgsenos po pirkimo socialiniuose tinkluose (N=354)

Įmonių santykių marketingo pirminių veiksmų poveikis	Vartotojų elgsena po pirkimo	
	Pearson Correlation	0,821**
	Sig. (2-tailed)	0,000
	N	354

Šaltinis: sudaryta autorių

Atlikta ryšių koreliacija tarp įmonėse santykių marketingo pirminių veiksmų ir vartotojų elgsenos po pirkimo socialiniuose tinkluose atskleidė, kad tarp kintamųjų egzistuoja statistiškai reikšmingas teigiamas ryšys ($p < 0,05$).

Ryšys tarp įmonėse santykių marketingo pirminių veiksmų ir vartotojų elgsenos po pirkimo socialiniuose tinkluose gali būti laikomas stipriu. Remiantis gautais rezultatais galima teigti, kad egzistuoja statistiškai reikšmingas teigiamas stiprus ryšys tarp įmonėse naudojamų santykių marketingo pirminių veiksmų ir vartotojų elgsenos po pirkimo socialiniuose tinkluose. Tai reiškia, kad įmonių komunikacija sukeldama vartotojams dažniausiai teigiamas emocijas skatina išitraukimą į tolimesnį bendradarbiavimą. Įmonės tolimesnio bendradarbiavimo metu atsižvelgia į vartotojų poreikius ir bendrauja jiems aktualiomis temomis socialiniuose tinkluose, siunčia tikslingas komunikacines žinutes sužadinant kito pirkimo poreikį. Tokiu atveju vartotojai mažiau praleidžia laiko reikalingos prekės ar paslaugos paieškai.

4 lentelėje pateikiami koreliacijos rezultatai tarp įmonėse naudojamų santykių marketingo antrinių veiksmų ir vartotojų elgsenos po pirkimo.

4 lentelė

Koreliacija tarp įmonėse naudojamų santykių marketingo socialiuose tinkluose antrinių veiksmų ir vartotojų elgsenos pirkimo metu socialiniuose tinkluose (N=354)

Įmonių santykių marketingo antrinių veiksmų poveikis	Vartotojų elgsena po pirkimo	
	Pearson Correlation	0,858**
	Sig. (2-tailed)	0,000
	N	354

Šaltinis: sudaryta autorių

Atlikta ryšių koreliacija tarp įmonėse naudojamų santykių marketingo antrinių veiksnių ir vartotojų elgsenos po pirkimo socialiniuose tinkluose atskleidė, kad tarp kintamųjų egzistuoja statistiškai reikšmingas teigiamas ryšys ($p < 0,05$).

Ryšys tarp įmonėse naudojamų santykių marketingo antrinių veiksnių ir vartotojų elgsenos po pirkimo socialiniuose tinkluose gali būti laikomas stipriu. Remiantis gautais rezultatais galima teigti, kad egzistuoja statistiškai reikšmingas teigiamas stiprus ryšys tarp įmonių santykių marketingo antrinių veiksnių ir vartotojų elgsenos po pirkimo socialiniuose tinkluose. Tai reiškia, kad nuo pirkimo aplinkos, pirkimo patirties ir įmonių darbuotojų bendravimo priklauso vartotojų tolimesnis bendradarbiavimas, pakartotinė pirkimo elgsena ir įsitraukimas į socialinių tinklų bendruomenes, tolimesnių santykių kūrimas.

Išvados

1. Nuolatinis įmonėse naudojamų santykių marketingo veiksnių poveikis socialiniuose tinkluose svarbus vartotojų sprendimo pirkti priėmimui. Remiantis gautais rezultatais galima teigti, kad įmonėms reikalinga labiau atsižvelgti į vartotojų poreikius, lūkesčius, emocinį intelektą, situacinius faktorius. Įmonių ir vartotojų santykių užmezgimui svarbi yra pagarba, sąžiningumu grindžiami santykiai. Taip pat būtina nuolat atsižvelgti kitų įmonių konkurencinį pranašumą ir į besikeičiančius vartotojų poreikius, suteikti išsamią informaciją pirkimo metu.

2. Socialinių tinklų bendruomenės plėtojimui bei narių skaičiaus didinimui reikalingi pasitikėjimu grindžiami santykiai tarp įmonių ir vartotojų. Vartotojai turi visada jausti teigiamą ryšį. Todėl svarbu analizuoti vartotojų patirtis po pirkimo ir santykius puoselėti atsižvelgiant į vartotojų patirtis. Atlikta analizė gali padėti sukurti glaudesnius santykius tarp įmonių ir vartotojų socialiniuose tinkluose. Įmonių santykių marketingas reikšmingas skatinant vartotojų pakartotinį apsipirkimą, naujos, maloniomis emocijomis grindžiamos patirties atsiradimą.

Literatūra

1. Anastasiei, B., Dospinescu, N. Electronic Word-of-Mouth for Online Retailers: Predictors of Volume and Valence. *Journal of Sustainability*. 2019;11:814-832.
2. Bilgihan, A. The influence of eWOM communications: An application of online social network framework Attitude toward a website. *Journal of Computers in Human Behavior*. 2018;80:243-254.
3. Coelho, P S., Rita, P., Santos, Z R. On the relationship between consumer-brand identification, brand community, and brand loyalty. *Journal of Journal of Retailing and Consumer Services*. 2018;43:101-110.
4. Gutiérrez-Cillán, J., Camarero-Izquierdo., C., José-Cabezudo, R S. How brand post content contributes to user's Facebook brand-page engagement. The experiential route of active participation. *Journal of Business Research Quarterly*. 2017;20:258-274.
5. Steinhoff, L., Arli, D., Weaven, S., Kozlenkova I V. Online relationship marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science*. 2019;47:369-393.
6. Melancon, J P., Dalakas, V. Consumer social voice in the age of social media: Segmentation profiles and relationship marketing strategies. *Journal of Business Horizons*. 2017.

THE IMPACT OF MARKETING FACTORS ON BUSINESS RELATIONS ON CONSUMER BEHAVIOR IN SOCIAL NETWORKS

Summary

More than 96 percent of businesses around the world are using social networks to build closer relationships with consumers. Relationships in social networks between corporate brands and consumers are important for achieving business goals and creating a pleasant experience for consumers. Social networks play an important role in the search for and dissemination of information about companies' brands and activities and determine consumers' decision to buy and be a member of communities.

Consumers' decision to buy is influenced by other people attitudes, intentions, behaviour, and sharing of experiences after the purchase. Empirical research has revealed that consumer buying is driven by situational factors that determine life situations. In recurring situations, consumers are interested in an exclusive offer or its functional change to evoke pleasant emotions.

Communication between company employees has a positive impact on consumers at the time of purchase and decision-making. In addition, consumers especially value the honesty, empathy, and respect they feel when communicating with company employees. These values encourage consumer involvement in the development of further relationships. Companies take into account the needs of consumers and communicate through social networks on topics

relevant to them and send targeted communication messages. Establishing and developing a relationship arouses the need for another purchase.

Key words: relationship marketing, consumer behaviour, social media.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Birutė Počkevičiūtė-Tarasovė

Mokslo laipsnis ir vardas: lektorė

Darbo vietą ir pozicija: Kauno kolegija, medicinos fakultetas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Farmakotechnikos programa

Telefonas ir el. pašto adresas: +37067589021, birute.pockeviciute@go.kauko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Regina Motienė

Mokslo laipsnis ir vardas: lektorė

Darbo vietą ir pozicija: Kauno technikos kolegija, kelių inžinerijos programa

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Kelių inžinerijos programa

Telefonas ir el. pašto adresas: +37069944575, regina.motiene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Birutė Počkevičiūtė-Tarasovė

Science degree and name: Lecturer

Workplace and position: Kaunas University of Applied Sciences, Faculty of Medicine

Author's research interests: Pharmacy Techniques study programme

Telephone and e-mail address: +37067589021, birute.pockeviciute@go.kauko.lt

Author name, surname: Regina Motienė

Science degree and name: Master, Lecturer

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Lecturer at Road engineering study programme.

Author's research interests: Road engineering

Telephone and e-mail address: +37069944575, regina.motiene@edu.ktk.lt

SPECIALIZUOTŲ ELEKTRONIKOS STANDARTŲ TAIKYMO VERTINIMAS

Artūras Aleksynas, Julius Šaltanis
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Straipsnyje pateiktas specializuotų elektronikos standartų taikymo Lietuvoje veikiančiose elektronikos įmonėse vertinimas. Tyrimo rezultatai naudingi nustatant sertifikuotų IPC specialistų ir sertifikuotų IPC trenerių poreikį Lietuvos darbo rinkoje. Taip pat tyrimo metu nustatyta, kokie konkretūs elektronikos standartai ir kokias technologines operacijas atliekant taikomi Lietuvos elektronikos sektoriuje.

Reikšminiai žodžiai. IPC standartai, IPC sertifikatai, elektronikos gaminių surinkimas, elektronikos gaminių klasės, elektronikos sektorius.

Įvadas

Pasauliniu mastu pripažįstami standartai reglamentuojantys elektronikos sektorių yra IPC (The Global Association for Electronics Manufacturing) standartai. IPC turi daugiau nei 300 pramonės standartų, apimančių beveik kiekvieną elektronikos produktų kūrimo ciklo etapą [1]. Šie standartai aiškiai apibrėžia elektronikos gaminių kokybinius reikalavimus, todėl įmonės, kurios taiko IPC standartus, iš esmės užsitikrina klientų pasitikėjimą. Plačiau apie IPC asociacijos veiklą ir misiją buvo publikuota mokslinių straipsnių žurnale „Inžinerinės ir edukacinės technologijos“, 2015 m., Nr. 2. straipsnyje „Elektronikos įtaisų gamybos standartų taikymas studijų procese“.

Tyrimo objektas – IPC standartų taikomumas Lietuvoje veikiančiose elektronikos pramonės įmonėse.

Tyrimo tikslas – Įvertinti IPC specialistų (CIS) ir IPC trenerių (CIT) poreikį Lietuvoje.

Tyrimo uždaviniai:

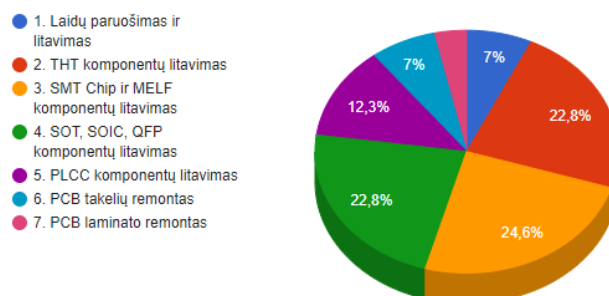
1. Nustatyti, kokios technologinės operacijos vyrauja Lietuvos elektronikos pramonės įmonėse.
2. Nustatyti ar personalas, dirbantis Lietuvos elektronikos pramonės įmonėse, turi pakankamai įgūdžių, atitinkančių IPC reikalavimus technologinėms operacijoms atlikti.
3. Nustatyti, kokie IPC standartai taikomi Lietuvos elektronikos pramonės įmonėse.

Tyrimo metodai: turinio analizė, apklausa.

1. Elektronikos sektoriaus ypatumai Lietuvoje.

Galima teigti, kad elektronikos sektorius Lietuvoje yra pakankamai išvystytas, nes priskaičiuojama apie 660 interneto servisą teikiančių įmonių, apie 780 kompiuterių techniką aptarnaujančių įmonių, komunikacijų įrangos diegimo ir serviso srityje apie 340 įmonių, televizijos srityje apie 20 įmonių, navigacijos ir GPS sistemų srityje apie 10 įmonių, taip pat apie 180 kitose elektronikos srityse veikiančių įmonių, tarp kurių yra ir vykdančios elektronikos gaminių gamybą [2]. Lietuvoje veikia apie dešimt stambių elektronikos pramonės įmonių. Šiose įmonėse darbuotojų skaičius svyruoja nuo kelių šimtų iki maždaug pusantro tūkstančio [3]. Įmonėse gaminami sausumos transporto, ryšių ir telekomunikacijų, medicinos, aeronautikos, gynybos ir kitų svarbių sektorių elektronikos gaminiai. Minėtų sektorių elektronikos gaminiai įprastai yra antros arba trečios IPC klasės. Šių klasių gaminiams (ypač trečios) yra taikomi patys aukščiausi kokybės reikalavimai. Didžioji dalis technologinių procesų yra automatizuoti, tačiau išlieka ir rankiniu būdu atliekamos operacijos. Siekiant nustatyti rankiniu būdu atliekamų operacijų pasiskirstymą gamybinėse įmonėse, buvo atlikta įmonėse dirbančių IPC specialistų apklausa (1 pav.).

Kurias operacijas įprastai atliekate?



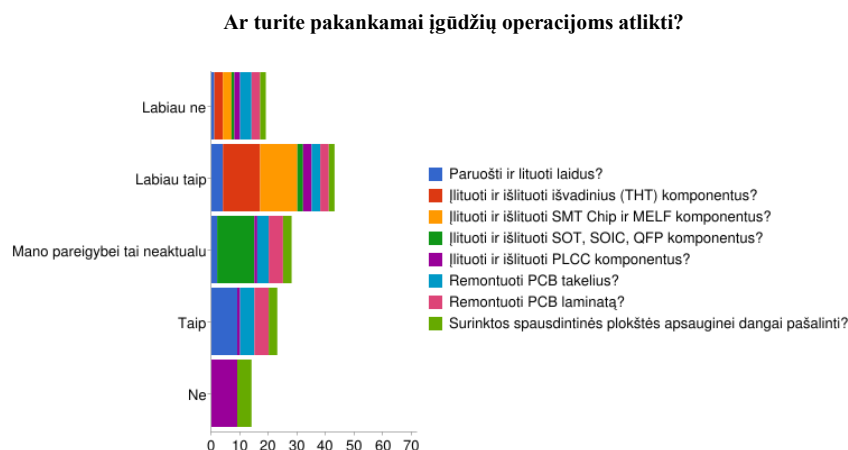
1 pav. IPC specialistų rankiniu būdu atliekamų operacijų pasiskirstymo diagrama

Šaltinis: sudaryta autorių

Iš diagramos (1 pav.) matyti, kad IPC specialistai dažniausiai atlieka SMT Chip ir MELF komponentų litavimą, tai sudaro 24,6 proc. nuo visų atliekamų operacijų. THT komponentų litavimas ir SOT, SOIC, QFP komponentų litavimas sudaro po 22,8 proc. nuo visų operacijų. Ženklią dalį sudaro PLCC komponentų litavimas – 12,3 proc. nuo visų operacijų. Po 7,0 proc. sudaro laidų paruošimo ir litavimo bei PCB takelių remonto operacijos. Visų minėtų operacijų atlikimas yra apibrėžtas IPC-7711/7721 (Rework of Electronic Assemblies/Repair and Modification of Printed Boards and Electronic Assemblies) standartu. Antros ir trečios klasės gaminiai yra brangūs, todėl, jeigu įmanoma, jie yra remontuojami, ką ir patvirtina jau pateiktos apklausos rezultatai.

2. Elektronikos gaminių gamybos darbuotojų pasirengimas Lietuvoje.

IPC asociacijos duomenimis Lietuvos darbo rinkoje yra 236 IPC specialistai ir 7 IPC treneriai (2021 m. gegužės mėn. duomenimis). IPC treneriai turi teisę mokyti ir sertifikuoti IPC specialistus. Tikėtina, jog šie duomenys yra apytiksliai, kadangi beveik visos Lietuvoje veikiančios didžiosios elektronikos pramonės įmonės priklauso užsienio investuotojams. Atsižvelgiant į tai, galima daryti prielaidą, jog IPC specialistai ir IPC treneriai, dirbantys įmonėse Lietuvoje, IPC asociacijoje gali būti įregistruoti ir kitose pasaulio šalyse, todėl pateikti duomenys tik iš dalies atspindi situaciją Lietuvoje veikiančiose elektronikos pramonės įmonėse. Siekiant nustatyti IPC specialistų mokymo ir sertifikavimo poreikį, svarbu žinoti, kokių įgūdžių jiems labiausiai trūksta. Tuo tikslu buvo atlikta dirbančių IPC specialistų apklausa (2 pav.).



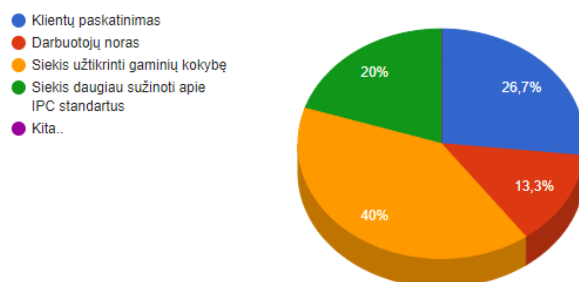
2 pav. IPC specialistų įgūdžių pasiskirstymo diagrama

Šaltinis: sudaryta autorių

Iš diagramos matyti, kad, atliekant operacijas su THT, SMT Chip, MELF komponentais, IPC specialistai įvardija, jog turi pakankamai įgūdžių. Tai koreliuoja ir su pirmojo paveikslo duomenimis, t. y. minėtas operacijas IPC specialistai atlieka dažniausiai. Apklausos rezultatai (2 pav.) rodo, kad labiausiai stokojama PLCC komponentų įlitavimo ir išlitavimo (apie 10 proc. respondentų) bei surinktos PCB apsauginės dangos pašalinimo (apie 5 proc. respondentų) įgūdžių. Į tai galėtų būti atkreiptinas IPC trenerių, kurie ir padeda IPC specialistams sukaupti minėtus įgūdžius, dėmesys.

Tyrimo metu buvo pasidomėta – kas skatina įmones sertifikuoti darbuotojus pagal pasirinktus IPC standartus. Apklausos rezultatai pateikti 3 paveiksle.

Kas paskatino dalyvauti (siųsti darbuotojus) IPC mokymuose?



3 pav. Priežasčių dalyvauti IPC mokymuose diagrama

Šaltinis: sudaryta autorių

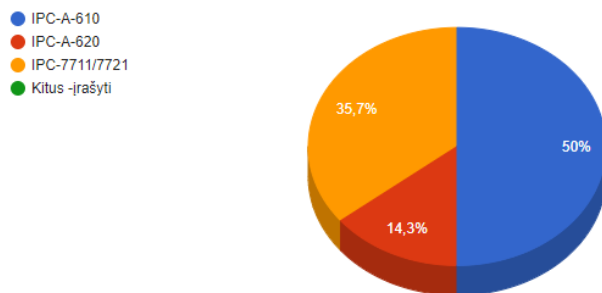
Tyrimo rezultatai aiškiai rodo, jog įmonės didelį dėmesį skiria gaminių kokybei, tą tvirtina 40 proc. respondentų. 26,7 proc. respondentų teigia, kad apmokyti darbuotojus paskatino klientai, tačiau tai taip pat tiesiogiai susiję su gaminių kokybe. Klientai skatindami taikyti IPC standartus gamybos procese, rūpinasi savo produktų kokybe. Iš diagramos (3 pav.) taip pat matyti, kad įmonių darbuotojai aktyviai ir motyvuotai dalyvauja IPC mokymuose, nes 13,3 proc. mokymų inicijuoja patys darbuotojai.

3. Tikėtinas IPC specialistų ir IPC trenerių poreikis Lietuvoje.

Pagrindines užduotis, užtikrinant elektronikos gaminių kokybę, atlieka IPC specialistai, kadangi jie tiesiogiai dalyvauja technologiniuose procesuose, o taip pat ir nustatant gaminių surinkimo priimtumą. Siekiant nustatyti, kokius standartus taiko IPC specialistai, buvo atlikta įmonėse dirbančių IPC trenerių apklausa (4 pav.). Pusę (50 proc.) visos IPC standartų taikymo apimties sudaro IPC-A-610 (Acceptability of Electronic Assemblies) standartas. Tai visiškai natūralu, nes nors ir elektronikos gaminių surinkimo kokybė dažniausiai nustatoma automatizuotu būtu, bet galutinį sprendimą priima IPC specialistas. Taip pat dėsninga, jog 35,7 proc. sudaro IPC-7711/7721 standarto taikymas, kadangi IPC specialistas atlieka gaminių, neatitinkančių IPC-A-610 standarto reikalavimų, pataisymus. Iš diagramos taip pat matyti, kad yra pakankamai dažnas (14,3 proc.) IPC-A-620 (Requirements and Acceptance for Cable/Wire Harness Assemblies) standarto taikymas. Apklausti respondentai nenurodė, kad elektronikos pramonės įmonėse būtų taikomi kokie nors kiti IPC standartai.

Atsižvelgiant į tai, kad elektronikos pramonė Lietuvoje plečiasi, galima teigti, kad IPC-A-610, IPC-7711/7721, IPC-A-620 standartų sertifikuotų specialistų poreikis didės. Ryšium su tuo bus didesnė ir šių standartų IPC trenerių paklausa, kadangi išaugs poreikis parengti naujus IPC specialistus, taip pat yra privalomas ir jau esamų specialistų resertifikavimas, kuris atliekamas kas du metus.

Kuriuos IPC standartus taikote įmonėje?

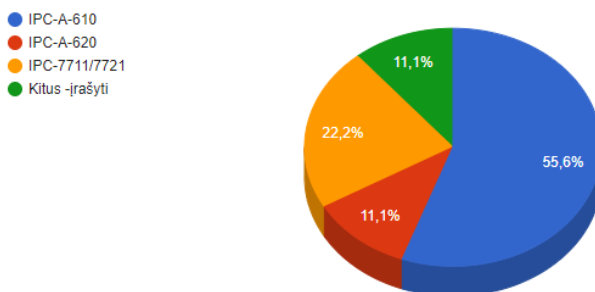


4 pav. Įmonėse taikomų IPC standartų diagrama

Šaltinis: sudaryta autorių

Diagramoje (4 pav.) pateikti rezultatai koreliuoja su apklausos rezultatais, kuriais buvo siekiama nustatyti, kokių standartų mokymuose dalyvauja įmonėse dirbantys IPC treneriai (5 pav.).

Į kurių IPC CIT (Trenerio) standartų mokymus vyksta darbuotojai?



5 pav. Standartų, kurių mokymuose dalyvauja IPC treneriai, diagrama

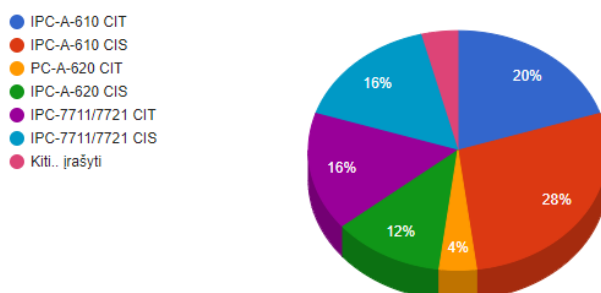
Šaltinis: sudaryta autorių

Iš diagramos (5 pav.) taip pat galima pastebėti, kad didžiausią poreikį turi mokymai pagal IPC-A-610 standartą (55,6 proc.). Prie kitų standartų, kurių mokymuose dalyvaujama, IPC treneriai nurodė IPC-A-600

(Acceptability of Printed Boards) standartą, nors ankstesnėje diagramoje (4 pav.) jokie kiti standartai nebuvo nurodyti. Tikėtina, kad tai susiję su PCB įėjimo kontrole, t.y. gaunamų medžiagų kokybės patikra.

Tyrimo metu taip pat buvo atlikta IPC trenerių apklausa dėl numatomo IPC specialistų ir IPC trenerių poreikio įmonėse (6 pav.).

Kokių IPC mokymų poreikis numatomas ateityje?



6 pav. Numatomų IPC specialistų / IPC trenerių poreikio diagrama
Šaltinis: sudaryta autorių

Visiškai dėsninga, jog didžiausias poreikis ateityje bus sertifikuotų IPC specialistų pagal IPC-A-610 standartą (28 proc. nuo visos paklausos). Tai tiesiogiai susiję su elektronikos gaminių kokybės nustatymu. Respondentų nuomone bus didelis (20 proc. nuo visos paklausos) ir IPC trenerių pagal IPC-A-610 standartą poreikis. Tikėtina, jog tai susiję su galima elektronikos pramonės plėtra Lietuvoje. IPC specialistų ir IPC trenerių poreikis pagal IPC-7711/7721 standartą numatomas vienodas (po 16 proc. nuo visos paklausos). Tai galima paaiškinti tuo, kad IPC specialistų parengimas pagal IPC-7711/7721 standartą yra imlesnis laikui, kadangi būsimas specialistas turi įgyti ne tik teorinių žinių, bet ir pakankamai praktinių įgūdžių. IPC specialistų pagal IPC-A-620 standartą respondentų nuomone sudarys 12 proc. nuo visos paklausos, o IPC trenerių pagal šį standartą 4 proc. nuo visos paklausos. Nežymią dalį (apie 3-4 proc. nuo visos paklausos) gali sudaryti kitų IPC standartų IPC specialistai ir/arba IPC treneriai.

Išvados

1. Įvertinus respondentų apklausos rezultatus, galima teigti, kad Lietuvoje veikiančiose elektronikos pramonės įmonėse rankinis darbas, kuriam atlikti reikalingi sertifikuoti IPC specialistai pasiskirstęs taip: SMT Chip ir MELF komponentų litavimas - 24,6 proc.; THT komponentų litavimas ir SOT, SOIC, QFP komponentų litavimas - po 22,8 proc.; PLCC komponentų litavimas – 12,3 proc.; Laidų paruošimo ir litavimo bei PCB takelių remonto operacijos – po 7 proc.; PCB laminato remontas – 3,5 proc.

2. Įmonės rūpinasi darbuotojų įgūdžių formavimu ir kvalifikacijos kėlimu, nes vertinant respondentų pateiktus duomenis, pastebima, kad virš 70 proc. atsakiusiųjų teigia, jog turi pakankamai įgūdžių jiems paskirtoms operacijoms atlikti.

3. Tyrimo rezultatai rodo, kad Lietuvoje veikiančiose elektronikos pramonės įmonėse dažniausiai taikomi IPC-A-610 (50 proc.), IPC-7711/7721 (35,7 proc.), IPC-A-620 (14,3 proc.) standartai. Numatomas IPC specialistų ir IPC trenerių poreikis koreliuoja su šiais duomenimis, kadangi prognozuojama jog ateityje 48 proc. sudarys IPC specialistai ir IPC treneriai pagal IPC-A-610 standartą, 32 proc. sudarys IPC specialistai ir IPC treneriai pagal IPC-7711/7721 standartą, 16 proc. sudarys IPC specialistai ir IPC treneriai pagal IPC-A-620 standartą.

Literatūra

1. IPC Standards // The Global Association for Electronics Manufacturing. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-10-22]. Prieiga per internetą: <https://www.ipc.org/ipc-standards>
2. Elektronika // We deliver, UAB. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-05-28]. Prieiga per internetą: <https://www.imones.lt/elektronika>
3. Įmonės // Rekvizitai.lt. [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-10-22]. Prieiga per internetą: <https://rekvizitai.vz.lt/imones/1/>

ASSESSMENT OF THE APPLICATION OF SPECIALIZED ELECTRONIC STANDARDS

Summary

The article presents an assessment of the application of specialized electronics standards in electronics companies operating in Lithuania. The results of the research are useful in determining the demand for certified IPC specialists and certified IPC trainers in the Lithuanian labour market. Also, during the research it was determined what specific electronics standards and which technological operations are applied in the Lithuanian electronics sector.

Key words: IPC standards, IPC certificates, electronic product assembly, electronic product classes.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Artūras Aleksynas.

Mokslų laipsnis ir vardas: lektorius

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegija, studijų programos „Elektronikos technika“ lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologinių procesų valdymas.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 676 26285, arturas.aleksynas@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Julius Šaltanis.

Mokslų laipsnis ir vardas: lektorius

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegija, studijų programos „Elektronikos technika“ lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: elektronikos technologijos, gamybos technologijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 677 53822, julius.saltanis@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Artūras Aleksynas.

Science degree and name: lecturer.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, lecturer of Electronic engineering study programme.

Author's research interests: process control.

Telephone and e-mail address: 8 676 26285, arturas.aleksynas@edu.ktk.lt

Author name, surname: Julius Šaltanis.

Science degree and name: lecturer.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, lecturer of Electronic engineering study programme.

Author's research interests: electronics technologies, manufacturing technologies.

Telephone and e-mail address: 8 677 53822, julius.saltanis@edu.ktk.lt

KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJOS STUDENTŲ KAITOS PROBLEMINIAI ASPEKTAI

Kęstutis Vitkauskas, Jolita Bučeliėnė

Kauno technikos kolegija

Anotacija.

Straipsnyje keliami probleminiai klausimai: kokios aplinkybės lemia studentų kaitos skirtumus atskirose mokymo įstaigose, kokie veiksniai lemia studento sprendimą nutraukti studijas bei kiek jaunuolių įgytas vidurinėse mokyklose išsilavinimas ir suformuoti gebėjimai dirbti turi įtakos studijų nutraukimo priežastims pirmaisiais jų studijų metais.

Tyrimo pagrindinis tikslas - atskleisti Kauno technikos kolegijos studentų kaitą lemiančio veiksnio – studijų nutraukimo - probleminius aspektus. Straipsnyje aptariamos studijų nutraukimo teorinės prielaidos ir pateikiamos charakteringos studijų nutraukimo priežastys, kurių analizę bei vertinimą siūloma atlikti mokymo įstaigoms per studentų apklausas, studijų kokybės analizę, studijų proceso organizavimą.

Straipsnyje, remiantis statistinių duomenų analize bei vidiniais dokumentais, analizuojamos Kauno technikos kolegijoje 2010 -2020 metų studentų kaitos ir studijų nutraukimo tendencijos bei priežastys. Atlikto tyrimo pagrindu daroma išvada, kad konkursinio minimalaus balo pakėlimas sudaro prielaidas stoti į Kolegiją geresnį bazinį pasirengimą turintiems studentams, tačiau stojamasis balas neturi reikšmingos įtakos studentų „nubyrėjimui“.

Reikšminiai žodžiai. Studentai, studijų nutraukimas („nubyrėjimas“), studijų nutraukimo priežastys, aukštoji mokykla.

Įvadas

Visuotinai pripažįstama, kad visuomenės vystymosi potencialą lemia jos narių išsilavinimo lygis, todėl moderniosiose visuomenėse mokslo ir studijų plėtra pripažinta prioritetine, o aukštosios mokyklos ieško būdų kaip į auditorijas pritraukti kuo didesnę studentų skaičių ir kaip galima daugiau jų „išsaugoti“ viso studijų proceso metu. Siekdamos šio tikslo daugelis Lietuvos mokymo įstaigų susiduria su studijų nutraukimo (studentų „nubyrėjimo“) problema, kuri pastarąjį dešimtmetį tampo ypač jautri dėl demografinių bei aukštojo mokslo politikos įgyvendinimo pokyčių.

Lietuvos aukštojo mokslo sistema išsiskiria plačiu mokymo įstaigų tinklu ir dėl demografinių pokyčių sparčiai mažėjančiu studentų skaičiumi. Nors Lietuvoje įgyvendinant aukštojo mokslo reformą siekiama optimizuoti mokyklų skaičių jį mažinant (apjungiant ar uždarant įstaigas), tačiau šis procesas vyksta lėčiau nei demografiniai pokyčiai. Šalyje 2019–2020 mokslo metų pradžioje veikė 41 aukštoji mokykla – 19 universitetų ir 22 kolegijos, kuriose studijuojančių jaunuolių skaičius per pastarąjį dešimtmetį sparčiai mažėjo: jei 2010 metais iš viso aukštosiose mokyklose studijavo 186,8 tūkst. studentų, tai 2019 metais jų skaičius sumažėjo iki 111,2 tūkst. Kolegijose šis skaičius atitinkamai sumažėjo nuo 53, 2 tūkst. iki 33,9 tūkst. (Lietuvos statistikos metraštis, 2019).

Studentų skaičiaus mokymo įstaigose kaitą pagrįde lemia dvi aplinkybės: vykstantys demografiniai procesai visuomenėje ir studentų „nubyrėjimas“ studijų proceso metu. Ir jeigu dėl demografinių pokyčių priežasčių daug klausimų nekyla, tai dėl studijų nutraukimo – situacija kur kas sudėtingesnė, kadangi jaunuolio sprendimą „mesti“ mokslus gali lemti kur kas daugiau veiksnių. Ši situacija skatina mokymo įstaigas gilintis į studentų „nubyrėjimo“ problemą ir ieškoti naujų jos sprendimo būdų. Tuo tikslu aukštosios mokyklos įvairiais aspektais analizuoja studijų nutraukimo priežastis, teikia rekomendacijas tiek savo aukštosios mokyklos administracijai, tiek aukštesnėms valstybinėms institucijoms. 1998 - 2002 metais buvo atliktas Kauno aukštųjų mokyklų (KMU, KTU, LKKI, LVA, LŽŪU) bendras studijų nutraukimo tyrimas, kuriame analizuota daugiau kaip 80 studijų nutraukimo priežasčių (Leonavičius, 2004; Gurklienė, Marcinkevičienė, 2007), Kauno technologijos universiteto Panevėžio institute 2006 m. tirtos studijų nutraukimo priežastys (Padaigienė, 2007), analogiški tyrimai buvo atlikti Kauno kolegijoje (Marcinkevičienė, 2015), Klaipėdos socialinių mokslų kolegijoje (Klaipėdos socialinių, 2015) ir kitose mokymo įstaigose. Tyrinėtojų darbuose keliamos įvairios studijų nutraukimo priežastys: nuo sveikatos (Gudžinskienė, 2007: 68) iki išvykimo dirbti/studijuoti į užsienį ar kitas aukštąsias mokyklas. Taip pat „nubyrėjimas“ siejamas su aukštosios mokyklos vykdoma studijų organizavimo politika, nukreipta į mokslo kokybės užtikrinimą (Barkauskaitė, Gudžinskienė, 2006, p.54). Pastaruoju metu akcentuojama, kaip viena iš studijų nutraukimo priežasčių, motyvacijos mokytis ir užsispyrimo nugalėti sunkumus stoką (Ginevičius ir kt., 2004: 97).

Nors studentų kaita dėl demografinių procesų didelių diskusijų nekelia (mažėjantis gimstamumas ir auganti emigracija per daug akivaizdūs faktai, kad dėl jų būtų ginčijamasi), tačiau faktai, jog mažėjant bendram stojančiųjų skaičiui Lietuvoje atskiros mokyklos ar studijų programos sugeba padidinti stojančiųjų skaičių neleidžia studentų skaičiaus mažėjimo aukštojoje mokykloje aiškinti vien tik demografiniu faktoriumi.

Kalbėdami apie studijų nutraukimą dauguma autorių pritaria nuomonei, jog paprastai jaunuoliai, kuriems geriau sekėsi vidurinėse mokyklose, yra pažangūs studentai ir nelinkę nutraukti studijų. Yra nuomonė, kad studijų nutraukimo tikimybę gali padidinti tai, jog į studijų programą (ypač tai aktualu inžinerinių studijų specialybėms) patenka ir labai motyvuoti, ir visiškai nemotyvuoti jaunuoliai, pasirinkę vieną ar kitą studijų programą tik todėl, kad ten buvo mažas konkursas ir didesnis valstybės finansuojamų vietų skaičius (Padaigienė ir kt., 2007:63). Tokiems studentams ypač sunku studijuoti pirmaisiais studijų metais. Taigi studentų „nubyrėjimas“ smarkiai priklauso ir nuo to, koks kontingentas susirenka į grupę. Jeigu joje mokosi labai skirtingų pajėgumų žmonės, patys silpniausi neišvengiamai nubyra, nes nebemato galimybės išsilaikyti konkurencinėje aplinkoje" (Vengris, 2005). Kita vertus, stipriausi studentai silpnoje grupėje taip pat gali prarasti motyvaciją ir ieškoti kitos mokymo įstaigos. Todėl sprendžiant šią problemą siūloma į studijas priimti vienodesnio lygio studentus, su ne mažesniu negu nustatyta konkursiniu balu. Būtent stojantiesiems į universitetus ir kolegijas taikomų minimalaus konkursinio balo bei studijų dalykų vidurkių kriterijų paskirtis - panaikinti studijuojančiųjų išsilavinimo netolygumus ir mažinti studentų „nubyrėjimo“ skaičių. Tačiau praktikoje, ypač pirmaisiais studijų metais, studijų nutraukimo ženklus sumažėjimo atvejų kai kuriose aukštojo mokslo įstaigose nefiksuojama. Šios aplinkybės suponuoja probleminius klausimus, kokios aplinkybės lemia studentų kaitos skirtumus atskirose mokymo įstaigose, kokie veiksniai lemia studento sprendimą nutraukti studijas bei kiek jaunuolių įgytas vidurinėse mokyklose išsilavinimas ir suformuoti gebėjimai dirbti įtakoja studijų nutraukimo priežastis pirmaisiais jų studijų metais.

Tyrimo tikslas - atskleisti Kauno technikos kolegijos (toliau – Kolegija) studentų kaitą lemiančio veiksnio – studijų nutraukimo - probleminius aspektus. Tikslui pasiekti tyrime keliami *uždaviniai*:

- 1) aptarti studijų nutraukimo teorines prielaidas ir galimas priežastis;
- 2) įvertinti kolegijos studentų kaitos tendencijas ir studijų nutraukimo priežastis, nustatyti pirmo kurso studijų nutraukimo priežasčių ryšį su studentų konkursiniu balu;
- 3) nustatyti pirmame kurse studijų nutraukimo priežasčių ryšį su studentų konkursiniu balu.

Tyrimo metodai: Mokslinės literatūros analizė, Kolegijos metinių veiklų bei studijų programų savianalizių ataskaitų duomenų lyginamoji analizė.

Studijų nutraukimo teorinės prielaidos

Studijų aukštojoje mokykloje nutraukimas, kaip reiškinys, vertinamas gana kontraversiškai. Dauguma švietimo sistemą atstovaujančių autorių laikosi nuomonės, jog „studijų nutraukimas yra ne vien asmeninė studento, ne vien aukštosios mokyklos, tačiau visos visuomenės problema, susijusi su investicijomis į valstybės gerovę“ (Marcinkevičienė, 2015:102), švietimo ir mokslo ministerijos sekretoriaus S. Vengrio teigimu „Dėl studentų nubyrėjimo kenčia valstybė - visuomenės intelektualinio potencialo ir šalies konkurencingumo kėlimui skiriami pinigai, tačiau tikslo nepasiekama" (Vengris, 2005), kiek kitokios pozicijos laikosi Lietuvos universitetų rektorių konferencijos prezidentas, VDU rektorius, kurio nuomone, „tai, kad studijas baigia 60-62 procentų inžinerijos, fizinių mokslų studentų, o humanitarinės, socialinės krypties studijas ne mažiau kaip 80 proc. visų studentų - neblogas rezultatas“ (Studentų nubyrėjimas, 2006).

Minėto reiškinio vertinimą, dalies sociologų nuomone, gali lemti įvairūs aspektai: pavyzdžiui, vertinančiojo interesas, t.y. mokyklų administracijai, švietimo politikos formuotojams yra naudinga išlaikyti stabilų studentų skaičių, todėl jie dažniausiai bus linkę „nubyrėjimą“ vertinti neigiamai, o studentai, priklausomai nuo jų pasirinkimo motyvų, gali studijų nutraukimą gali vertinti kaip pasirinkimo galimybių realizavimą, naujų iššūkių priėmimą, savo asmenybės pažinimą ir pan.

Aukštojoje mokykloje dažniausiai fiksuojami studentų „nubyrėjimo“ būdai: nutraukimas studijų savo noru arba pašalinimas dėl nepažangumo ar finansinių įsiskolinimų. Visiškai išvengti studijų nutraukimo neįmanoma: studijos nutraukiamos dėl įvairių asmeninių priežasčių, sveikatos problemų, šeimyninių aplinkybių, finansinės padėties, noro užsidirbti, nes suderinti studijas ir darbą paprastai būna gana sudėtinga, dalis studentų supranta, kad neteisingai pasirinko specialybę. Visos šios priežastys mokymo įstaigose dažniausiai priimamos kaip individo pasirinkimo teisė ir netampa detalaus tyrinėjimo objektu. Problemine laikoma grupė, kuri išbraukiama iš studentų sąrašų dėl nepažangumo, paskaitų nelankymo, drausmės pažeidimų, motyvacijos stokos, kt. Aukštosios mokyklos vienokiu ar kitokiu būdu analizuoja studentų studijų nutraukimo priežastis, teikia rekomendacijas tiek savo įstaigos administracijai, tiek aukštesnėms valstybinėms institucijoms.

Lietuvos statistikos departamento duomenimis vidutiniškai bakalauro studijas baigia apie 60 – 70 proc. įstojusiu jaunuolių. Daugiausia studentų - beveik pusė - nebaigia tikslųjų mokslų, mažiausiai studentų nubyra menų disciplinose (Statistikos departamentas, 2020). Statistiniais duomenimis pirmame kurse studijas nutraukia maždaug kas ketvirtas studentas, vėlesniuose kursuose – 5–9 proc. Ketvirto kurso universitetų

studentų, sustabdžiusių studijas, dalis išauga maždaug iki 12 proc. (Joteikaitė, 2019). ŠMM duomenimis, 2018 m. per pirmąjį studijų semestrą studijas nutraukė 14 proc. aukštųjų mokyklų pirmakursių: 13 proc. universitetuose, 16 proc. kolegijose. Pagal finansavimo formą nubyrėjo 13 proc. valstybės finansavimą studijoms gavusių studentų: universitetuose – 11 proc., kolegijose – 16 proc. Iš įstojusių į mokamas studijų vietas – atitinkamai 15 proc. įstojusiujų į aukštąsias mokyklas, tarp jų – 15 proc. universitetų, 15 proc. kolegijų pirmakursių (Joteikaitė, 2019).

Šis reiškinys daugiau ar mažiau paplitęs daugelyje valstybių: Anglijos universitetuose studijas nutraukia 16 proc., Vokietijos – 26 proc., Lenkijos – 30 proc., JAV – 40 proc. studentų (Leonavičius, 2004). JAV kasmet studijas aukštojoje mokykloje nutraukia 1,2 milijonai studentų (7 reasons, 2019). Reikšminga, kad studijų nutraukimo problema JAV nagrinėjama valstybiniu lygiu: šis klausimas svarstomas vyriausybėje, įvairiuose politikų, verslo atstovų ir pedagogų susitikimuose, televizijos laidose, sudaromos ilgalaikės ekonominės ir socialinės programos (Russell, 2011:4).

Studijų nutraukimo problemos kontekste pagrindinę vietą užima studijų nutraukimo priežasčių identifikavimas ir būdų joms neutralizuoti paieška. Analizuodami studijų nutraukimo priežastis, užsienio autoriai dažniausiai klasifikuoja priežastis į susijusias su *mokymo įstaiga* (paskaitų nelankymo priežastys, studento gebėjimas adekvačiai įvertinti studijų sunkumą ir savo pasirengimą joms, santykiai su dėstytojais, mokyklos ar gyvenamosios vietos kaita, studento saugumo jausmo užtikrinimas mokykloje, pavyzdžiui, santykiai su grupės draugais, patyčios ir kt.), susijusias su *šeima* (nėštumas, pareiga padėti šeimai, vedybos, skyrybos ir kt.) ir susijusias su *darbu* (įsidarbinimas naujame darbe, darbo ir mokslo suderinamumo problema) (Doll, 2013). Kiti autoriai studijų nutraukimo priežastis skirsto į *asmenines* (sveikata, šeima, savijauta, tarptautinis mobilumas, darbo rinkos rezultatai, nusikaltimas, pilietiškumas) ir *socialines* (ekonominės ir susijusias su kitais visuomenės nariais) (Russell, 2011).

Kalbėdami apie rekomendacijas institucijoms, autoriai pabrėžia mokyklos ir gyvenimo vienovę (daugiau praktinio mokymo, glaudesnius ryšius su darbine veikla); mokymosi aplinkų kokybės gerinimą (dėstytojų kompetenciją, mažesnes grupes, daugiau individualių konsultacijų); mokyklos klimato gerinimą (mobingo įstaigose draudimą, saviraiškos laisvės plėtojimą); studentų ir dėstytojų tarpusavio santykių gerinimą (studentai turi turėti galimybę apie savo problemas pakalbėti su dėstytojais); ryšio su baigusiais studijas stiprinimą (Bridgeland ir kt., 2006).

Apibendrinus užsienio ir Lietuvos autorių (įskaitant ir atskirų mokymo įstaigų) atliktus tyrimus galima išskirti keletą charakteringų studijų nutraukimo priežasčių, kurios, mūsų nuomone, galėtų tapti Kolegijos tyrinėjimų objektu.

Profesinio orientavimo problema. Sprendimą mesti studijas gali lemti ir nepakankamas profesinis orientavimas. Studijų politikos ir karjeros analizės skyriaus vadovo G. Jakšto teigimu, likus keletui mėnesių iki stojimo tik 65 proc. abiturientų, planuojančių studijuoti aukštosiose mokyklose žino kokią profesiją norėtų įgyti (Joteikaitė, 2019). Dar mažesnė dalis (47 proc.) apklaustųjų abiturientų pakankamai nagrinėja dominančių studijų programų aprašymus, domisi naujienomis ir aktualiais klausimais, susijusiais su specialybe, kurią planuoja rinktis baigę mokyklą. Ketinančių studijuoti kolegijose jaunuolių tarpe ši dalis dar didesnė. Profesinio orientavimo testai tarp baigiamųjų klasių moksleivių nėra paplitę: pakankamai jais besidomintys teigia tik 30 proc. apklaustųjų moksleivių. Profesiniam orientavimui Lietuvoje skiriama vidutiniškai 1,1 euro mokiniui per metus (Joteikaitė, 2019). Pateikta statistika byloja, jog moksleiviai nėra itin aktyvūs stengiantis išnaudoti galimybes, kurios leistų geriau pasirengti studijoms.

Nutraukti studijas pirmaisiais metais gali paskatinti ne tik profesinio orientavimo nebuvimas, bet tendencingai pateikiama informacija apie studijų programas. Neigiami demografiniai pokyčiai Lietuvoje verčia mokyklas vis aktyviau ieškoti būdų auditorijoms užpildyti. Siekdamos šio tikslo kai kurios mokyklos nevengia populistinių priemonių (profesiniai žaidimai, viktorinos, efektingi tyrimai ir kt.), kurios vietoj objektyvios informacijos apie studijas ir profesiją nepagrįstai jas romantizuoja. Studijų procese susidūrus su realybe iliuzijos išsisklaido, ko pasekoje nutraukiamos studijos. G. Jakšto nuomone, dažniau studijos nutraukiamos populiariose programose: gera reklama sudomina stojančiuosius, tačiau vėliau jie supranta, kad tai ne jiems. Profesinis orientavimas, ypač vykdomas mokymo įstaigos, turi išlikti neutraliai objektyvus, profesionaliai pateikiamas ir netapti vien tik agitaciniu renginiu.

Nepakankamas pasirengimas studijoms. Tai galėtų būti viena pagrindinių studijų nutraukimo priežasčių: Lietuvoje atlikti sociologiniai tyrimai rodo, kad įstojusieji žemesniais balais dažniau nutraukia studijas dėl nepažangumo. 75 proc. apklaustųjų bakalaurantų nėra visiškai patenkinti savo pasirengimu studijoms ir mano, kad kai kuriais aspektais studijoms vertėjo ruoštis kitaip. Abiturientų apklausos rodo, jog 29 proc. studijuojančių bakalaurų studijose jaunuolių pripažįsta, kad tinkamai pasirengti studijoms trukdė atsakingo mokymosi vidurinėje stoka, o 27 proc. apklaustųjų - kruopštesnis ruošimasis baigiamiesiems egzaminams. Kas ketvirtas studentas mano, kad vertėjo geriau išsistudijuoti, kokius pagrindinius dalykus teks mokytis

įstojus į aukštąją mokyklą, ar prieš studijas įgyti praktinės patirties, susijusios su norima studijuoti sritimi (Joteikaitė, 2019). Vertinant nepakankamą pasirengimą studijoms, kaip prielaidą jas nutraukti, reikėtų atriboti mokyklinių ar valstybinių brandos egzaminų pažymius nuo objektyvių žinių, įgytų vidurinio lavinimo mokyklose. Manytina, jog nepakankamas pasirengimas studijoms labiau atspindi Lietuvoje ryškėjančią realių žinių ir gautų už jas pažymių atskirtį (ypač jeigu kalbame apie kaimiškuosius šalies rajonus), kuri išryškėja „normaliu“ stojamuoju balu įstojus į aukštąją mokyklą ir suvokus, kad mokyklos žinių nepakanka studijoms. Pradedančiam studijas jaunuoliui tokia situacija yra šokiruojanti, formuoja nepasitikėjimą savo jėgomis ir paskatina atsisakyti studijų. Taigi, mokymo programų ir ypač jų realizavimo vidurinėse ir aukštosiose mokyklose nesuderinamumas, manytina, yra viena iš studijų nutraukimo pirmaisiais mokslo metais pagrindinių priežasčių.

Studijų ir darbo derinimas. Darbo ir studijų derinimas vienaip ar kitaip turi įtakos studijų rezultatams ir motyvacijai mokytis. Lietuvoje ekonominė ir socialinė realybė tokia, kad didelė dalis studentų, jeigu nedirbtų, negalėtų studijuoti – darbas būtinas išlaikyti save ir susimokėti už studijas. Tyrimai rodo, kad ilgiau nei 20–25 valandas per savaitę trunkantis darbas, ypač jei jis nesusijęs su studijomis, turi neigiamos įtakos studijų pasiekimams (Jakštas, 2019). Ypatingai darbo ir studijų suderinamumo problema aštri nuolatinių studijų studentams, kadangi šioje studijų formoje, priklausomai nuo tvarkaraščio, paskaitos gali būti numatytos visos dienos bėgyje, t.y. ir ryte, ir vakare, kas labai apsunkina galimybę dirbti, todėl studentai priversti „laviruoti“ tarp mokymo įstaigos ir darbovietės. Nors beveik visos mokymo įstaigos šią problemą bando spręsti suteikdamos „individualaus studijų grafiką“ studentams, tačiau tai iš esmės nekeičia situacijos. Atkreiptinas dėmesys, kad Kolegijoje dirba beveik pusė nuolatinių studijų studentų, tačiau galime studijuoti pagal individualų grafiką pasinaudoja nedaugelis. 2016 m. pagal individualius studijų grafikus studijavo 7 pavasario semestre studentai, 17 studentų rudens semestre. 2017 m. - 7 pavasario semestre studentai, 11 studentų rudens semestre, 2019 m. - 8 pavasario semestre, 15 rudens semestre, 2020 m. - 12 pavasario semestre ir tik 1 studentas rudens semestre (Kolegijos ataskaitos, 2016-2020). Deja, nėra duomenų paaiškinančių tokį šios studijų formos nepopuliarumą Kolegijoje, todėl tikslinga būtų atidžiau paanalizuoti šio reiškinio priežastis ir plačiau šį studijų būdą taikyti praktikoje.

Motyvacijos studijuoti stoka. Motyvacijos mokytis stoka mokymo įstaigose dažnai traktuojama kaip studento elgsenos savybė detaliam neanalizuojant šią elgseną sukeliančių motyvų. Tačiau motyvaciją suvokiant kaip visumą faktorių, kurie sukelia, išlaiko ir valdo elgesį, kuris leidžia pasiekti tam tikrą tikslą, studijas pradėjusio aukštojoje mokykloje jaunuolio motyvacijos mokytis praradimas turėtų paskatinti mokyklos administraciją ieškoti veiksnių, turėjusių įtakos studento elgsenos pokyčiams. Lietuvoje 2019 m. atliktos apklausos duomenimis 73 proc. bakalaurantų savo motyvaciją studijuoti pasirinktą studijų programą vertina labai gerai arba gerai (Joteikaitė, 2019), kas leidžia daryti prielaidą, jog pradėję studijas aukštojoje mokykloje didžioji dalis turi tikslą jas baigti, o emocinis ir valinis santykis su studijomis pasikeičia jau studijuojant. Studento motyvacija mokytis gali būti susijusi ir su jau įvardytais aspektais (pvz., nepakankamas pasirengimas darbui), taip pat ir su tokiais kaip žema studijų programos kokybė, nepakankamai paskaitoms pasirengę dėstytojai, nežinojimas, kur panaudoti įgytas žinias, gebėjimus, siekis tiesiog gauti diplomą dėl aplinkinių ar visuomenės spaudimo ir daugelis kitų faktorių. Pastebėtina, jog motyvacijos stoka gali pasireikšti tiek su mažu konkursiniu balu įstojusiems (nesugeba vykdyti programos, tikėjosi, kad bus lengviau ir pan.), tiek ir gambiausiems studentams (suprato, jog šiose studijose negaus naudos, per lengvi reikalavimai, prasta kokybė ir kt.).

Visos šios studijų nutraukimo priežastys pateikiamos kaip hipotetinės, todėl mokymo įstaiga turėtų jas tikrinti per studentų apklausas, studijų kokybės analizę, studijų proceso organizavimą ir kitomis priemonėmis.

Kauno technikos kolegijos studentų skaičiaus kaita ir jos priežastys

Kolegija yra vienintelė specializuota kolegija Lietuvoje, rengianti išskirtinai tik inžinerinių mokslų srities specialistus. Šios veiklos vykdymas trunka jau ilgiau nei 100 metų. Kolegijos kokybės užtikrinimo politika remiasi nuostata, kad atsakomybė už savo teikiamų paslaugų kokybę ir jos užtikrinimą visų pirma tenka pačiai institucijai (KTK Kokybės vadovas, 2020:3). Ši pozicija sąlygoja kasmetinę visų padalinių veiklos savianalizę, kurioje greta kitų klausimų analizuojami ir studentų kaitos bei „nubyrėjimo“ aspektai.

Mokymo įstaigos bendrą studentų skaičių apsprendžia stojančiųjų ir studijas nutraukiančiųjų asmenų sąveika. Studijų nutraukimo, kaip reiškinio, nagrinėjimas turėtų būti susijęs su studentų skaičiaus pokyčių mokymo įstaigoje analize, kadangi stojančiųjų skaičius į pasirinktą studijų programą leidžia išvelgti konkrečios specialybės poreikį visuomenėje, jaunimo prioritетines mokslo sritis bei jų motyvaciją ar gebėjimą studijuoti. Šiuo požiūriu tikslinga trumpai apžvelgti Kolegijos studentų skaičiaus pokyčius neuniversitetinių aukštųjų mokyklų kontekste.

Kauno technikos kolegijos bendro studentų ir stojančiųjų skaičiaus dinamikos analizė rodo, jog Kolegija, kaip ir visas kitas šalies mokymo įstaigas, palietė demografinių procesų pasekmės: per pastarąjį dešimtmetį Kolegijoje studijuojančiųjų ir į ją stojančiųjų studentų palaipsniui mažėja (1 lentelė).

1 lentelė

KTK studentų skaičiaus kaita bendrame Lietuvos kolegijų kontekste 2010 -2020 metais

Studentų kaita Lietuvos kolegijose 2010 -2020 metais										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020
Bendras studentų kolegijose skaičius	53297	49777	45685	43550	41485	39772	35433	33938	32931	
<i>Studentų kaita (proc.)</i>		-6,6	-7,9	-4,7	-4,8	-4,2	-5,7	-4,2	-3,0	
<i>2020 m. studentų skaičiaus Lietuvos kolegijose, lyginant su 2010 metais, sumažėjimas - 38,3 proc.</i>										
Priėmimo į kolegijas skaičius	15958	16374	15423	14235	13585	13263	10032	10002	8606	8561
<i>Priėmimo kaita (proc.)</i>		+2,6	-5,9	-7,8	-4,6	-2,4	-3,7	-0,3	-14,0	-1
<i>2020 m. studentų priėmimo į Lietuvos kolegijas, lyginant su 2010 metais, sumažėjimas - 46,4 proc.</i>										
Studentų kaita Kauno technikos kolegijoje 2010 -2020 metais										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020
Bendras studentų skaičius KTK	1429	1626	1508	1483	1460	1526	1573	1566	1361	1157
<i>Studentų kaita (proc.)</i>		+13,7	-7,3	-1,7	-1,6	+4,5	+0,7	-0,5	-13,1	-15
<i>2020 m. studentų skaičiaus KTK, lyginant su 2011 metais, sumažėjimas - 19,1 proc.</i>										
Priimtųjų į KTK pirmą kursą skaičius	529	669	516	533	530	611	594	562	390	282
<i>Studentų kaita (proc.)</i>		+26,4	-22,9	+3,2	-0,6	+15,2	-2,8	-5,4	-30,7	-27,7
<i>2020 m. studentų priėmimo į KTK, lyginant su 2010 metais, sumažėjimas - 46,7 proc.</i>										

Šaltinis: sudaryta autorių pagal Lietuvos statistikos departamento ir KTK veiklos ataskaitų duomenis

Kolegijoje 2020 m. studentų skaičius, lyginant su 2011 metais, sumažėjimas - 19,1 proc., o įstojusiujų į pirmą kursą – 46, 7 procentais. Tiesa, lyginant su bendra studentų mažėjimo kolegijose tendencija, KTK šis procesas vyko lėčiau, tai rodo, jog Kolegija, būdama istoriškai išsivertinusi inžinerijos krypties specialistų rengimo nišoje, iki 2018 metų sugebėjo konkuruoti su kitomis techninių mokslų mokyklomis ir užsitikrinti palankų studentų skaičių. Tačiau 2015 m. minimalaus konkursinio balo nustatymas, stojantiejiems į aukštąsias mokyklas valstybinio matematikos brandos egzamino reikalavimas bei prasti matematikos brandos egzamino rezultatai (2019 m. matematikos egzaminą išlaikė 82,09 proc. abiturientų, o 2020 m. – tik 67,61 proc.) – tai veiksniai, „suparalyžiavę“ Kolegijos pastangas išlaikyti esamą studentų skaičių: 2019 ir 2020 metais trečdaliu sumažėjus stojančiųjų, bendras studentų skaičius atitinkamai sumažėjo 13,1 ir 15 procentų. Taigi, darytina prielaida, kad abiturientų nepakankamas matematikos žinių lygis (prastas tikslųjų mokslų suvokimas skatina daugiau rinktis humanitarinius ar socialinius mokslus) bei stojimo į aukštąsias mokyklas reikalavimų pokyčiai inžinerinių specialybių mokyklų egzistavimui iškelė naujus iššūkius. Atsižvelgiant į susidariusią situaciją, techninių mokslų įstaigos turėtų nukreipti savo veiklos potencialą paieškai naujų sprendimų, padedančių norintiems studijuoti, bet neturintiems pakankamų žinių abiturientams įveikti stojimo į mokymo įstaigą kliūtis. Pavyzdžiui, tai galėtų būti sutartiniu pagrindu Kolegijoje organizuojamos matematikos konsultacijos moksleiviams, ketinantiems joje studijuoti ir kt.

Kolegijoje 2020 m. buvo realizuojama 10 studijų programų šešiose studijų kryptyse. Bendrame Kolegijos studentų skaičiaus mažėjimo kontekste atskirose studijų programose studentų kaitos pokyčiai aptariamam laikotarpiu vyko gana netolygiai (2 lentelė).

2 lentelė

Studentų kaita 2010 -2020 m. KTK pagal studijų programas

	Studentų kaita KTK pagal studijų programas									
	ET	EE	AE	TESI	ATE	MAI	OMTE	KI	SI	PSI
2020	82	77	249	0	256	58	119	52	264	0
2019	91	83	297	5	309	69	144	62	297	4
2018	111	85	305	16	392	80	140	68	362	7
2017	104	106	295	23	396	74	84	98	384	9
2016	112	112	271	30	405	77	38	103	405	15
2015	108	105	310	17	397	69	-	122	394	4
2014	86	112	334	-	385	64	-	123	357	-
2013	68	129	349	-	430	45	-	143	307	-
2012	63	113	353	-	402	-	-	192	305	-

	Studentų kaita KTK pagal studijų programas									
	ET	EE	AE	TESI	ATE	MAI	OMTE	KI	SI	PSI
2011	48	121	296	-	472	-	-	235	355	-
2010	39	115	203	-	469	-	-	230	379	-
<i>Studentų skaičiaus kaita studijų programose (proc.)</i>										
	+ 210,2	- 33,1	+ 22,3		- 45,5	+28,8	+313,1	- 77,4	- 30,4	-

Šaltinis: sudaryta autorių pagal KTK veiklos ataskaitų medžiagą

Pastebėtina, kad vienose studijų programose (AE, EE, ET) pavyko išlaikyti sąlyginai stabilų studentų skaičių ir net jį padidinti (OMTE), kitose - fiksuojamas nuoseklus studentų mažėjimas (ATE, KI, SI) arba net programų nutraukimas (PSI, TESI). Jeigu bendrą KTK studentų skaičiaus mažėjimą iš dalies galima susieti su demografiniais procesais šalyje, reikalavimų stojimui į aukštąsias mokyklas pasikeitimais ar matematikos žinių prastėjimo tendencija, tai atskirose studijų programose fiksuojami studentų kaitos skirtumai verčia atidžiau pažvelgti į šio reiškinio kolegijoje priežastis. Studijų programų populiarumą lemia išoriniai veiksniai, tokie kaip specialybės poreikis darbo rinkoje, ekonominių ir psichologinių kontraktų darbo vietose sąlygos ir vidiniai veiksniai, susiję su mokymo įstaigos vidaus administravimo efektyvumu, dėstymo kokybe ir kt. Jeigu asmens lūkesčiai (tiek kolegijoje, tiek ir darbinėje veikloje) išsipildo, tikimybė, jog stojančiųjų skaičius į studijų programą nemažės, o „nubyrėjimas“ bus minimalus. Atsižvelgiant į tai, siekiant optimizuoti studentų priėmimo ir studijų nutraukimo procesų valdymą, derėtų analizuoti tiek vidinius, tiek ir išorinius studentų kaitą lemiančius veiksniai.

Studijų nutraukimas. Studentas studijų sutartį gali nutraukti savo noru, keisti studijų programą, dėl sveikatos problemų, ar kitų priežasčių, bet taip pat studijų sutartis gali būti nutraukta Kolegijos iniciatyva - už nepažangumą, nelankymą, mokyklos nuostatų pažeidimus ar nesumokėjus mokesčio už studijas ir kt. (KTK ataskaita, 2020). Kolegijos veiklos ataskaitų analizė rodo, jog per pastarąjį dešimtmetį nutraukusiųjų studijas dalis kito nežymiai ir vidutiniškai sudarė apie 20 -22 proc. nuo visų studijuojančiųjų. Pavyzdžiui, 2010 - 2017 metais studijas vidutiniškai kasmet nutraukdavo apie 350 studentų (Kolegijos 2010 -2017 m. ataskaitos), kas viršijo Lietuvos kolegijų bendrą rodiklį: Lietuvos kolegijose per šį laikotarpį nutraukusių studijas dalis vidutiniškai sudarė 13,9 proc., o universitetų – 11, 7 proc. (Studijų nutraukimo: 7). Šiuos skirtumus galima lėmė KTK vykdomų studijų profilis: technologijos mokslų srityje labiau būdinga didesnė studentų kaita nei socialinių, humanitarinių ar menų studijose. Lyginant KTK studentų „nubyrėjimo“ dinamiką su Kolegijos bendro studentų skaičiaus pokyčiais, galima sakyti, kad nepaisant to, jog bendras studentų skaičius kolegijoje mažėja, studijas nutraukia pastovus studentų procentas ir jo mažėjimo tendencijos atsilieka nuo bendros studentų kaitos.

Kauno technikos kolegijoje, kaip ir kitose mokymo įstaigose, dažniausiai studentai meta mokslus pirmaisiais studijų metais (3 lentelė), o aukštesniuose kursuose studentų „nubyrėjimas“ paprastai mažėja, todėl pirmakursių adaptacijai skiriama daugiausiai dėmesio.

Nors 2015 - 2020 metais vidutiniškai daugiau kaip trečdalis (36,0 proc.) studentų paliko kolegiją pirmaisiais studijų metais, pastebima šio proceso lėtėjimo tendencija. Studentų „nubyrėjimo“ mažėjimas Kolegijoje siejamas su reikalavimų konkursiniam balui pasikeitimu, todėl įstaigoje tikimasi, kad kylantis konkursinis balas sudarys prielaidas mažėti nutraukiamų studijų sutarčių skaičiui, nes į kolegiją stos labiau motyvuoti studentai (Kolegijos ataskaita, 2020: 34).

3 lentelė

KTK pirmojo kurso studentų „nubyrėjimas“ 2015 -2020 m. m.

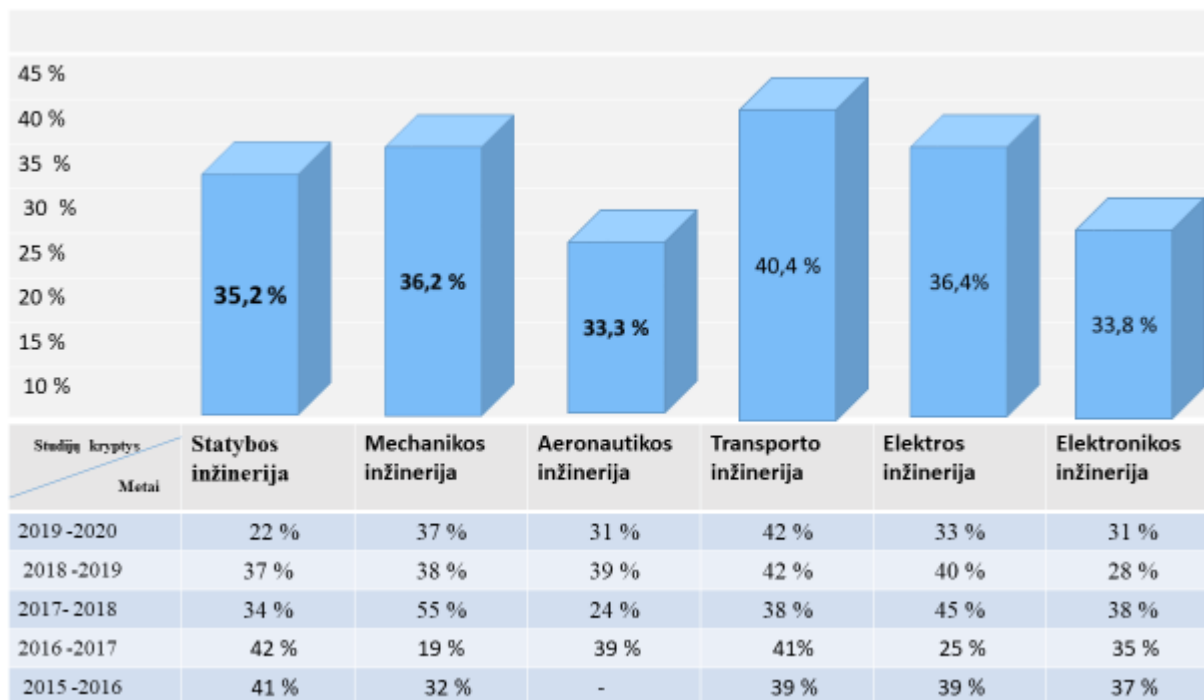


Šaltinis: sudaryta autorių pagal KTK 2016 -2020 metų veiklos ataskaitas

Atkreiptinas dėmesys, jog studentų „nubyrėjimo“ pirmaisiais mokslo metais mažėjimo tendencija skirtingai palietė atskiras studijų kryptis (4 lentelė). Jeigu vienos studijų kryptyse „nubyrėjimas“ 2015 -2020 metais išliko gana stabilus (statybos inžinerija, aeronautikos inžinerija, transporto inžinerija) ir atspindėjo bendrą studijų nutraukimo kolegijoje tendenciją, tai kitose – šis procesas vyko nenuosekliai arba vyko atvirkštine, t.y. didėjimo kryptimi (mechanikos inžinerija ir transporto inžinerija). Taip pat kai kuriose studijų kryptyse pirmakursių „nubyrėjimas“ atskirais metais skiriasi daugiau kaip 10 procentinių punktų, pavyzdžiui, 2019 -2020 metais Statybos inžinerijos kryptyje studijas nutraukė 22 proc. pirmakursių, o transporto inžinerijoje – net 42 proc.

4 lentelė

KTK pirmojo kurso studentų „nubyrėjimas“ 2015 -2020 m. m. pagal studijų kryptis



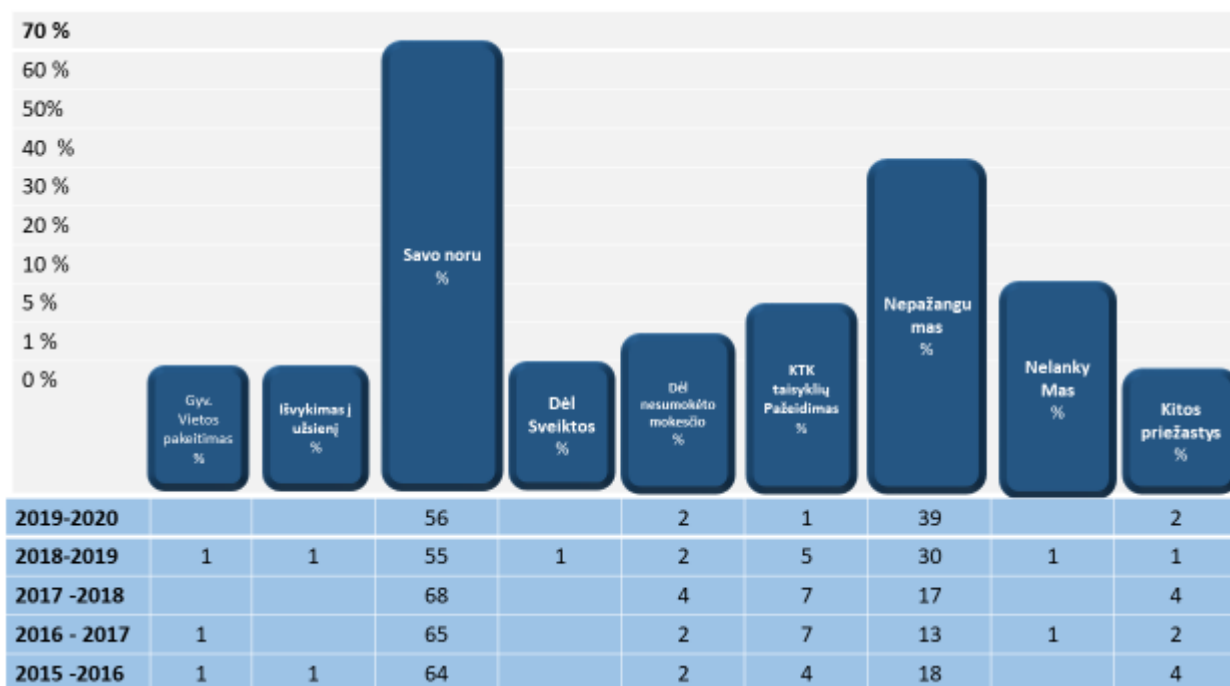
Šaltinis: sudaryta autorių pagal KTK 2016 -2020 metų veiklos ataskaitas

Studijų nutraukimo kontekste geriausiai sekasi „išsaugoti“ studentus Aeronautikos inžinerijos (vidutinis kasmetinis studentų „nubyrėjimas“ -33,3 proc.) bei Elektronikos inžinerijos studijų kryptyse (33,8 proc.) o Transporto inžinerijos krypties programose studentų nubyrėjimas pats didžiausias (40,4 proc.). Vienareikšmiai įvardinti studentų „nubyrėjimo“ skirtumus studijų kryptyse be atskiro tyrimo nėra galimybių, tačiau, tikėtina, jog tokią situaciją lemia tiek išoriniai veiksniai (pvz., specialybės paklausa darbo rinkoje, darbo užmokesčio ir karjeros faktoriai), tiek ir šių studijų kryptių programų administravimas kolegijoje.

Analizuojant studentų skaičiaus kaitą pirmaisiais studijų metais, pastebimas dažniausias studijų nutraukimas pirmojo pusmečio (semestro) eigoje, pavyzdžiui, 2020 metais pirmame semestru studijas nutraukė 17 proc. studentų, 2019 m. – 22 proc., o 2018 m. – 29 proc. pirmakursių (kasmet vidutiniškai 22,6 proc.). Antrame semestru, paprastai Kolegiją paliekančiųjų skaičius yra mažesnis. Taigi, būtent pirmieji studijų mėnesiai, kaip rodo praktika, daugeliui studentų tampa „bandomuoju“ laikotarpiu, kurį įveikia ne visi, todėl aktualus tampa Kolegijos pasirengimas padėti studentui įveikti adaptacinį periodą integruojant jį į akademinę bendruomenę.

Kolegijoje studijų nutraukimo priežastys analizuojamos fiksuojant tokius aspektus, kaip jų nutraukimą savo noru, nesumokėjus už mokslą, dėl nepažangumo, paskaitų nelankymo ar vidaus taisyklių pažeidimo ir kt. Dažniausiai studijos nutraukiamos „savo noru“ ir dėl nepažangumo. Kolegijoje 2010 - 2017 metais kasmet iš visų studijas nutraukusių studentų, „paties prašymu“ jas nutraukdavo 46 – 52,9 proc. studentų, dėl nepažangumo – 42 – 44 proc., dėl baigiamųjų darbų neapgynimo (negynimo) – 3,8 – 9,7 proc. Antrame – trečiame kurse studijų nutraukimo priežastimi dažnai įvardijamos sveikatos problemos, sunki materialinė padėtis, emigracija. Trečiame kurse pagrindinė „nubyrėjimo“ priežastis: negintas baigiamasis darbas (Kolegijos ataskaita, 2017). 2015 -2020 metų pirmojo kurso „nubyrėjimo“ priežastys pateiktos 5 lentelėje.

Pirmojo kurso studentų nubyrejimo priežastys 2015 - 2020 m m.



Šaltinis: sudaryta autorių pagal KTK 2015 - 2020 metų veiklos ataskaitas

Pagrindinės studijų nutraukimo priežastys pirmaisiais mokslo metais identiškos, kaip ir visoje Kolegijoje – įstaigos palikimas asmeniniu sprendimu ir dėl nepažangumo (įskaitant užsiėmimų nelankymą). 2015 - 2020 metais kasmet vidutiniškai studijas nutraukia savo noru 61,6 proc. pirmakursių ir 22,4 proc. dėl nepažangumo (nelikviduoja akademinį įsiskolinimą iki 15 ECTS). Minėtu laikotarpiu fiksuojama pašalinimų dėl nepažangumo didėjimo tendencija, kuri prieštarauja hipotezei, jog stojimo į Kolegiją reikalavimų griežtinimas didins studentų pažangumą ir motyvaciją. Studijų nutraukimas dėl akademinės drausmės pažeidimų (dažniausiai studentai nesiregistruoja studijoms į semestrą) arba mokesčio už studijas nesumokėjimo nors ir nėra dažnas, tačiau galėtų būti įvertintas bendrame studijų proceso valdymo kontekste, pavyzdžiui, labiau individualizuojant mokesčio už mokslą atsiskaitymą, aktyvinant vidaus taisyklių laikymosi motyvaciją ir studentų informavimą.

Studijų nutraukimo „pačiam prašant“ pirmaisiais studijų metais mastas ir faktas, jog jų nutraukiama daugiausiai pirmame semestre mokymo įstaigai yra rimtas signalas pradėti kompleksinį galimų veiksmų, įtakančių pirmakursių požiūrio į studijas pasikeitimo, tyrimą bei sukurti efektyvią daugiafunkcinę paramos studentui sistemą.

Studijų sąlygų gerinimo ir studentų kaitos minimizavimo tikslu Kolegijoje *visiems* studentams teikiama socialinė ir akademinė parama. Socialinė paramos sritis apima paskolas studijų įmokoms, gyvenimo išlaidoms ir studijoms apmokėti, išmokas neįgaliesiems bei socialines stipendijas. Kolegija skiria skatinamąsias stipendijas, pašalpas ir premijas pažangiems studentams, įmonės skiria vardines stipendijas geriausiai besimokantiems studentams bei praktikos stipendijas. Akademinė parama apima galimybę studentams pakartotinai atsiskaitinėti už modulio komponentus savaitę iki sesijos. Studentams sudaryta galimybė dalyko egzaminą ar kitą tarpinį atsiskaitymą perlaikyti nemokamai po egzaminų sesijos. Taip pat studentams skiriamos trys savaitės akademiniam įsiskolinimams likviduoti. Turintiems akademinį įsiskolinimą sudaryta galimybė kartoti modulio kursą kitais mokslo metais, teikiamos nemokamos dalykų konsultacijos semestro ir sesijos metu. Dirbantiems nuolatinį studijų studentams sudarytos sąlygos studijuoti pagal individualius studijų grafikus (Kolegijos ataskaita, 2020).

Pirmojo kurso studentų adaptacijai ir integracijai į akademinę bendruomenę palengvinti skiriamas didžiausias dėmesys ir taikomos atskiros priemonės: studijų pradžioje organizuojami susitikimai su KTK administracija ir padalinių darbuotojais, kurie padėtų pirmakursiams geriau susipažinti su KTK veiklą reglamentuojančiais dokumentais, akademiniais reikalavimais, karjeros galimybėmis; nuolatinį studijų studentams skiriamas kuratorius, kuris rūpinasi jų socialine ir akademinė adaptacija, lankomumu, bendrauja su studentais padeda studentams pažinti KTK, spręsti problemas ir pan. Siekiant didinti įstojusiujų motyvaciją studijoms, taikomas dalykų dėstytojų mokomųjų ekskursijų metodas, didelis dėmesys skiriamas metodiniam

darbui ir studijų medžiagos prieinamumui, greitai ir patogia informacijos sklaidai, pavyzdžiui, nuo 2013 metų visa studentų akademinė informacija ir studijų medžiaga teikiama ir talpinama Kolegijos vidiniuose tinklalapiuose.

Teigiamai vertinant Kolegijos pasirengimą plėtoti studentų paramai skirtų priemonių įgyvendinimą, reikėtų atkreipti dėmesį į porą, mūsų nuomone, tobulintinų aspektų.

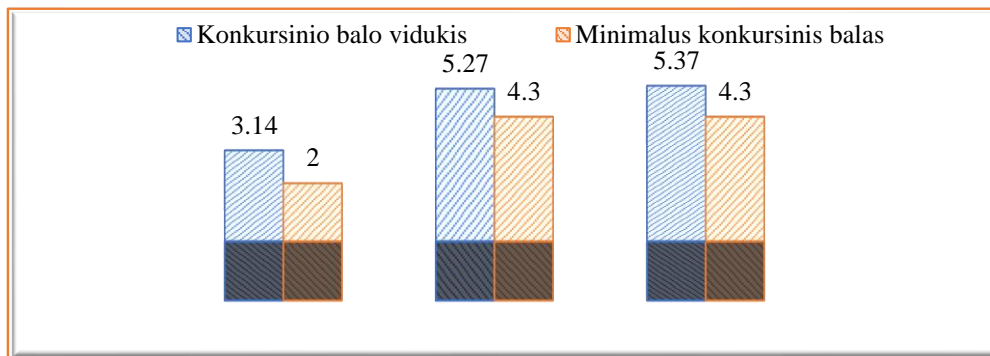
Pirma, autorių pastebėjimu, Kolegijos vykdomos akademinės paramos priemonės labiau skirtos palengvinti studentui likviduoti akademinis išsiskolinimus (gana platus galimybių spektras pakartotiniams atsiskaitymams), kas rodo, kad šios paramos tikslas yra „išlaikyti“ studentą kolegijoje ir neleisti jam „nubyrėti“. Šiuo požiūriu, nepažangumas suvokiamas kaip atskira studijų nutraukimo priežastis, todėl minėtomis priemonėmis stengiamasi šią priežastį minimizuoti. Tačiau to nepakanka, jei nepažangumas suvokiamas kaip įvairių veiksnių (studijų kokybė, sveikata, specialybės poreikis, dėstyto lygis ir kt.), veikiančių studento elgseną rezultatas, todėl manytina, parama likviduoti išsiskolinimus turėtų būti papildyta priemonėmis, kurios apsaugotų nuo tų išsiskolinimų.

Antra, akademinės paramos veiksmingumą ir realų poveikį studentų „nubyrėjimui“ pamatuoti yra sunku, kadangi nėra šios veiklos efektyvumo vertinimo metodikos, todėl šias priemones įgyvendinantiems padaliniais tikslinga būtų sukurti atitinkamą konkrečių priemonių (pvz., stipendijų, laisvo grafiko ir kt.) efektyvumo vertinimo mechanizmą. Manytina, kad tam galėtų pasitarnauti, pavyzdžiui, išsamus, mokslškai pagrįstas, „grįžtamojo ryšio“ ar studijas motyvuojančių veiksnių nustatymas. Taip pat studentų kaitos proceso valdymui neabejotinos naudos duotų ir išsami studijų nutraukimo priežasčių analizė.

Studentų „nubyrėjimo“ ir konkursinio balo sąveika.

Studentų, nutraukusių studijas pirmaisiais mokslo metais, skaičiaus mažėjimas Kolegijoje siejamas su konkursinio balo nustatymo metodikos pakeitimais, pradėtais taikyti 2015 metais. Pavyzdžiui, 2015 m. KTK nustatė Švietimo ministerijos rekomenduojamą (0,8 balo) žemiausią konkursinio balo ribą, ko pasekoje išaugo ir stojančiųjų konkursinis balas, pavyzdžiui, tais metais mažiausias konkursinis balas į *valstybės finansuojamą* vietą buvo 1,72, didžiausias – 7,4 (2014 m. balai atitinkamai buvo 2,3 ir 7,44), į *valstybės nefinansuojamą* vietą buvo 0,8, didžiausias – 7,51 (2014 m. atitinkamai - 0,42 ir 4,34). Vėliau šis balas buvo palaipsniui didinamas ir 2020 metais sudarė 4,3 balo, dėl ko pastebimai išaugo ir stojančiųjų pereinamojo balo riba visose studijų kryptyse. Pavyzdžiui, 2020 m. stojusiųjų į Kolegiją mažiausias minimalus stojamasis balas buvo į transporto inžinerijos studijų kryptį (4,3 balo), didžiausias – statybos inžinerijos studijų kryptyje (4,45 balo). Praktiškai visose studijų kryptyse išaugo ir didžiausi konkursiniai balai (mechanikos inžinerijoje buvo fiksuotas 9,21 stojamasis balas, elektronikos inžinerijoje -8,98, elektros inžinerijoje – 8,7). Stojamojo balo augimas Kolegijoje buvo susietas su studijų nutraukimo atvejų pokyčiais ir sudarė prielaidas teiginiui, kad augantis konkursinis balas įtakos nutraukiamų studijų sutarčių skaičių, nes į kolegiją įstoja labiau motyvuoti studentai (Kolegijos ataskaita, 2020: 33). Siekiant patikrinti minėtą teiginį, Kolegijoje buvo atliktas tyrimas tikslu įvertinti pirmo kurso studentų 2018 - 2020 metais „nubyrėjimo“ priežasčių priklausomybę nuo jų konkursinio balo dydžio.

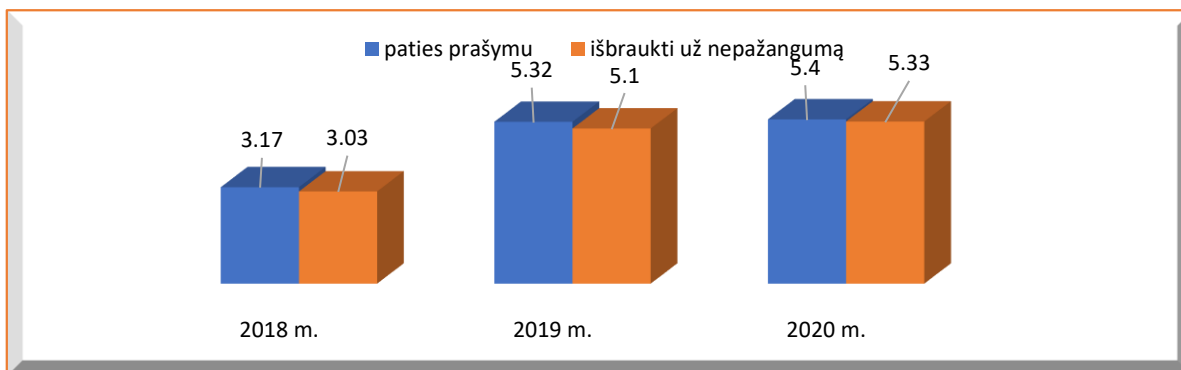
Nutraukusiųjų studijas pirmakursių stojamojo konkursinio balo vidurkis 2018 m. buvo 3,14 balų, 2019 ir 2020 metais, atitinkamai – 5,27 ir 5,37 balų ir viršijo Švietimo ir mokslo ministerijos nustatytą kolegijoms minimalaus konkursinio balo ribą (1 pav.).



1 pav. „Nubyrėjusiųjų“ studentų stojamojo balo vidurkis 2018 -2020 metais

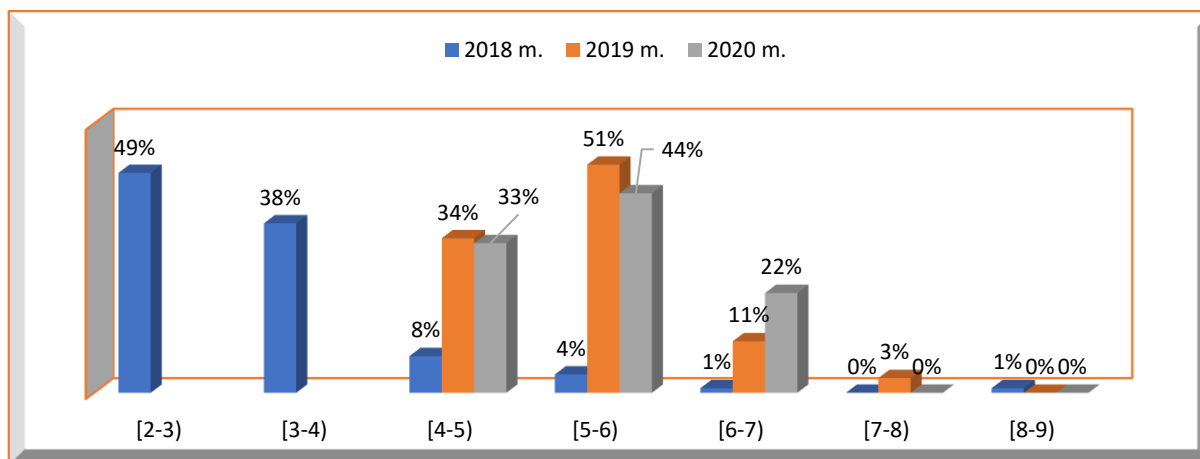
Stojamasis balas rodo, jog bendrame įstojusiųjų į Kolegiją jaunuolių kontekste šių studentų vidurinėse mokyklose įgytų žinių įvertinimas nebuvo žemesnis. Tyrimo metu nustatytas faktas, jog 2018 ir 2019 metais iš visų pirmaisiais mokslo metais nutraukusių studijas studentų tik 7 proc. į Kolegiją įstojo su minimaliu

konkursiniu balu, o 2020 metais tokių studentų buvo 6 procentai paneigia prielaidą, kad studijas daugiausiai nutraukia žemiausią konkursinį balą surinkę asmenys. Atkreiptinas dėmesys, jog studentų, nutraukusių studijas savo noru ir tų, kurie buvo pašalinti iš Kolegijos dėl nepažangumo (dvi pagrindinės studijų nutraukimo priežastys) konkursinių balų vidurkiai praktiškai nesiskiria (2 pav.),



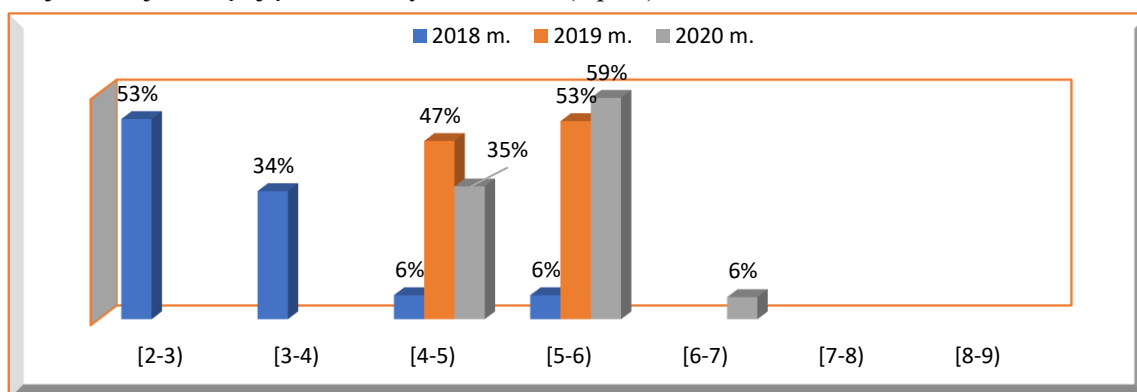
2 pav. Konkursinio balo vidurkis pagal dažniausias studijų nutraukimo priežastis

Studentų, savo noru palikusių Kolegiją ir pašalintų dėl nepažangumo, konkursinių balų analizė parodė, kad 44 -51 proc. studentų, „paties prašymu“ nutraukę studijas, turėjo 5-6 balų stojamąjį įvertinimą, o, pavyzdžiui, 2020 metais net 22 proc. studentų turėjo 6-7 balų konkursinį įvertinimą (3 pav.).



3 pav. Studentų, nutraukusių sutartį savo noru, konkursinių balų pasiskirstymas

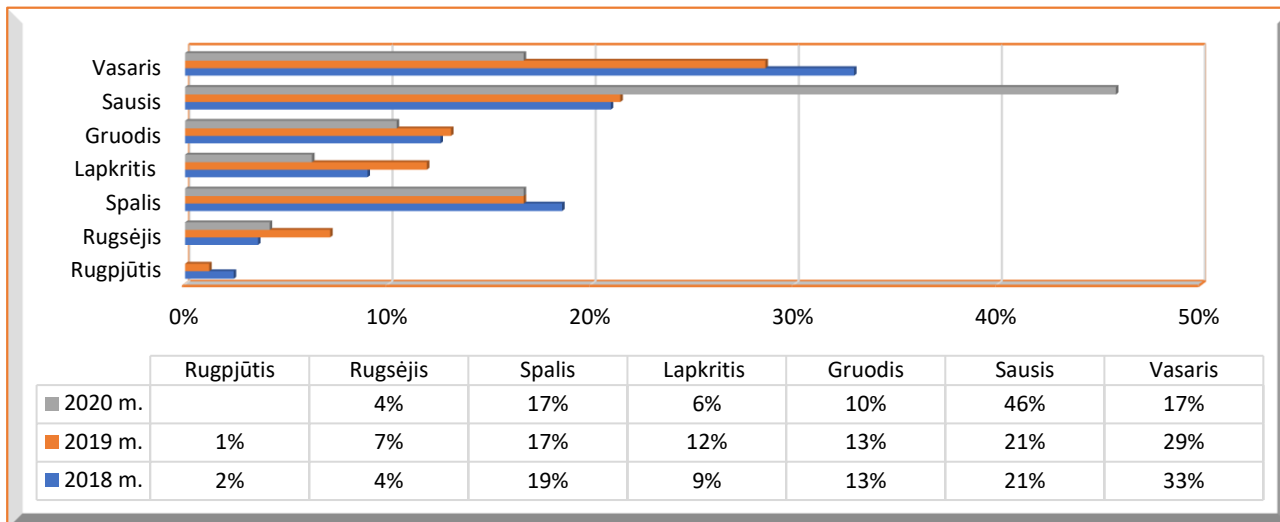
Jei savo noru nutraukusių su Kolegija sutartis jaunuolių tikėtinas pasirengimas (surinktas konkursinis balas) sėkmingai dalyvauti studijų procese galėjo būti prognozuojamas, o jų sprendimas palikti mokymo įstaigą vertinamas labiau kaip jų asmeninis pasirinkimas, nesietinas su gebėjimų ar motyvacijos stoka, tai pašalintų už nepažangumą studentų konkursinio balo pasiskirstymas keltos hipotezės dėl konkursinio balo ir motyvacijos studijoms sąsajų kontekste yra netikėtas (4 pav.).



4 pav. Studentų, pašalintų už nepažangumą, konkursinio balo pasiskirstymas

Tyrimo duomenys rodo, kad studentai, sėkmingai nesugebėję vykdyti studijų programų ir už tai išbraukti iš studentų sąrašų, pagal pasirengimo studijoms lygį niekuo nesiskyrė nuo kitų studentų, t.y. jų stojamasis balas sudarė

prielaidas sėkmingai tęsti studijas kolegijoje. Ši aplinkybė suponuoja mintį, kad už nepažangumą pašalintų studentų didžioji dalis įstojo į kolegiją potencialiai pasirengę studijoms aukštojoje mokykloje, tačiau jau pirmaisiais studijų metais, tikėtina, prarado motyvaciją mokytis pasirinktoje studijų programoje dėl ko sesijos metu, kaip nepažangūs, buvo pašalinti iš kolegijos. Taigi, hipotetiškai galima teigti, kad šių studentų nepažangumas, greičiausiai yra ne motyvacijos studijoms apskritai, bet tam tikrų studijų eigoje jų motyvaciją paveikusių veiksnių rezultatas. Todėl mokymo įstaigai labai svarbu nustatyti tuos neigiamai studentų motyvaciją veikiančius veiksnius ir gebėti juos pašalinti arba bent sumažinti jų poveikį. Šio teiginio aktualumą patvirtina tyrimo metu nustatyta aplinkybė, jog praktiškai pirmakursių „nubyrėjimo“ procesas prasideda iš karto nuo įstojimo į studijų programą, t.y. nuo rugsėjo mėnesio. Didelė dalis studentų „nelaukia“ sesijos (sausio – vasario mėnuo), bet meta studijas anksčiau (5 pav.). Tokiu būdu jie išvengia „nepažangaus“ studento statuso ir tampa studijas nutraukusiais „savo noru“. Tačiau, reikia pripažinti, kad šias abi grupes sieja vienas bendras bruožas – motyvacijos mokytis pasirinktoje studijų programoje praradimas.



5 pav. Studentų „nubyrėjimo“ pasiskirstymas per pirmąjį semestrą

Taigi, tyrimo rezultatai suponuoja išvadą, kad konkursinio minimalaus balo pakėlimas sudaro prielaidas stoti į Kolegiją geresnį bazinį pasirengimą turintiems studentams (tą patvirtina per pastaruosius trejus metus sumažėjęs 5-7 procentais studentų „nubyrėjimas“). Kita vertus, ryškėja sutarčių nutraukimo vis su aukštesniais konkursiniais balais tendencija: tik 6-7 procentai studentų, su kuriais buvo nutraukta studijų sutartis, turėjo minimalų konkursinį balą. Išanalizavus konkursinius balus pagal studijų nutraukimo priežastis, galima daryti prielaidą, kad stojamasis balas turi nedidelę įtaką nubyrėjimui, nes trečdalis nubyrėjusių studentų turi {4-5) konkursinį balą, o didžioji dalis patenka į (5 -6) balų intervalą. Įvertinus šias aplinkybes ir tai, kad tik nedidelė dalis studentų nutraukia studijas arba pašalinami iš KTK su minimaliu stojamuoju balu, darytina prielaida, kad stojamasis balas mažai turi įtakos studentų „nubyrėjimui“. Ši išvada palieka plačią erdvę tolimesniems studijų nutraukimo priežasčių tyrimams.

Išvados ir pasiūlymai

1. Studijų aukštojoje mokykloje nutraukimas paplitęs daugelio šalių mokymo įstaigose ir dažniausiai vertinamas ne tik kaip studento asmeninė, aukštosios mokyklos bet ir visos visuomenės problema, kuri turi būti sprendžiama dalyvaujant įvairioms suinteresuotoms socialinėms grupėms. Lietuvoje vidutiniškai bakalauro studijas baigia apie 60 – 70 proc. studentų. Daugiausia studentų - beveik pusė - nebaigia tikslųjų mokslų, mažiausiai studentų nubyra menų disciplinose.

2. Studijų nutraukimo problemos kontekste pagrindinę vietą užima studijų nutraukimo priežasčių identifikavimas ir būdų joms neutralizuoti paieška. Tyrėjų išskiriamos labiausiai charakteringos studijų nutraukimo priežastys, kurių patikrinimą ir analizę rekomenduojama atlikti mokymo įstaigoms: a) profesinio orientavimo problema, b) nepakankamas pasirengimas studijomis, c) studijų ir darbo derinimo problema bei d) motyvacijos studijuoti stoka. Visos šios studijų nutraukimo priežastys pateikiamos kaip hipotetinės, todėl mokymo įstaiga turėtų jas tikrinti per studentų apklausas, studijų kokybės analizę, studijų proceso organizavimą ir kitomis priemonėmis.

3. Kolegijoje 2020 m. studentų skaičius, lyginant su 2011 metais, sumažėjimas - 19,1 proc., o įstojusiųjų į pirmą kursą – 46, 7 procentais. Lyginant su kitomis Lietuvos kolegijomis, KTK šis procesas vyko lėčiau, tai rodo, jog Kolegija, konkuruodama su kitomis techninių mokslų programoms siūlančiomis mokyklomis iki 2018 metų užsitikrinti palankų studentų skaičių. Tačiau dėl minimalaus konkursinio balo nustatymo,

stojantiesiems į aukštąsias mokyklas valstybinio matematikos brandos egzamino įvedimo ir matematikos brandos egzamino žemų rezultatų stojančiųjų skaičius į Kolegiją 2019 ir 2020 metais sumažėjo trečdaliu.

4. 2010 -2020 metais Kolegijoje nutraukusiųjų studijas dalis kito nežymiai ir vidutiniškai sudarė apie 20 - 22 proc. nuo visų studijuojančiųjų, - viršijo Lietuvos kolegijų bendrą rodiklį (13,9 proc.). Šiuos skirtumus galima lėmė KTK vykdomos technologijos mokslų srityje studijos, kurioms labiau būdinga didesnė studentų kaita nei socialinių mokslų studijose. KTK dažniausiai studentai meta mokslus pirmaisiais studijų metais (vidutiniškai 36,0 proc.), tačiau nuo 2016 metų pastebima studijų nutraukimo atvejų pirmaisiais studijų metais mažėjimo tendencija. Pagrindinės studijų nutraukimo priežastys – nutraukimas „savo noru“ ir dėl nepažangumo.

5. Kolegijoje atlikto tyrimo (tikslu įvertinti pirmo kurso studentų „nubyrėjimo“ priežasčių priklausomybę nuo jų konkursinio balo dydžio) rezultatai leidžia teigti, kad konkursinio minimalaus balo pakėlimas sudaro prielaidas stoti į Kolegiją geresnį bazinį pasirengimą turintiems studentams. Kita vertus, stojamasis balas turi nedidelę įtaką studentų „nubyrėjimui“. Ši išvada palieka plačią erdvę tolimesniems studijų nutraukimo priežasčių tyrimams.

6. Pripažįstant, kad visiškai panaikinti studentų „nubyrėjimo“ mokymo įstaigose neįmanoma ir net nebūtina, studijų nutraukimo procesų valdymas turėtų tapti prioritetiniu vadybos iššūkiu mokymo įstaigoje. Tuo tikslu labai svarbu ne tik identifikuoti studijų nutraukimo priežastis, bet stengtis pašalinti (minimizuoti) veiksnius, sąlygojančius šių priežasčių atsiradimą.

Literatūra

1. Barkauskaitė, M., Gudžinskienė V. (2006). Studentų išstojimo iš aukštųjų universitetinių ir neuniversitetinių mokyklų dinamika 1999-2004 metais. *Pedagogika*, 2006, 84, P. 53-58.
2. Bridgeland, J. M. [et al.]. The Silent Epidemic Perspectives of High School Dropouts [interaktyvus], 2006, [žiūrėta 2021-05-26] Prieiga per internetą: <https://docs.gatesfoundation.org/Documents/thesilentepidemic3-06final.pdf>
3. Doll J., Eslami, Z., Walters, L. Understanding Why Students Drop Out of High School, According to Their Own Reports. [interaktyvus], 2013. [žiūrėta 2021-05-26] Prieiga per internetą: <http://sgo.sagepub.com/content/3/4/2158244013503834.fulltext.pdf+html>
4. Ginevičius R., Korsakienė R., Stankevičienė A. Akademinio jaunimo motyvacija studijuoti: teoriniai ir praktiniai aspektai. *Tiltai*, 2. P.97-103.
5. Gudžinskienė, V., Studentų išstojimo iš aukštosios mokyklos priežastys, susijusios su sveikatos ir asmenybės ypatumais. *Pedagogika*. [interaktyvus], 2007, [žiūrėta 2015-05-25], Prieiga per internetą: <http://etalpykla.lituanistikadb.lt/fedora/objects/LT>
6. Gurklienė A., Marcinkevičienė, V. (2007). Studijų nutraukimas kaip veiksnys, sąlygojantis kolegijos veiklą. Informacinės technologijos 2007: teorija, praktika, inovacijos. Tarptautinės mokslinės praktinės konferencijos pranešimų medžiaga. Alytaus kolegija, p. 58-64.
7. Joteikaitė E . Studentų nubyrėjimas per pirmąjį studijų pusmetį: kodėl tai įvyksta? [interaktyvus], 2019, [žiūrėta 2021.05.05], prieiga per internetą: <https://www.alfa.lt/straipsnis/50405378/studentu-nubyrėjimas-per-pirmąjį-studijų-pusmetį-kodėl-tai-ivyksta>
8. Kauno technikos kolegijos Kokybės vadovas, patvirtintas KTK direktoriaus 2020 m. kovo 31 d. įsakymu Nr. V1-55 [interaktyvus], 2020, [žiūrėta 2021.05.06]. Prieiga per internetą: <https://studktk.sharepoint.com/studko/KOKYBS%20VADOVAS/Forms/AllItems.aspx?id=%2Fstudko%2FKOKYBS%20VADOVAS%2FKOKYBES%5FVADOVAS%2Epdf&parent=%2Fstudko%2FKOKYBS%20VADOVAS>
9. Kauno technikos kolegija. Metinės veiklos ataskaita, 2020 metai. [interaktyvus], 2021, [žiūrėta 2021.04.12]. Prieiga per internetą: <http://www.ktk.lt/assets/2020m.-KTK-ataskaita.pdf>
10. Kauno technikos kolegija. Metinės veiklos ataskaita 2019 metais [interaktyvus], 2020, [žiūrėta 2021.05.15]. Prieiga per internetą <http://www.ktk.lt/assets/Uploads/2019-m.-metine-veiklos-ataskaita.pdf>
11. Kauno technikos kolegija. Metinės veiklos ataskaita 2018 metais [interaktyvus], 2019, [žiūrėta 2021.05.10]. Prieiga per internetą <http://www.ktk.lt/assets/Uploads/2018-metine-ataskaita.pdf>
12. Kauno technikos kolegija. Metinės veiklos ataskaita 2016 metais [interaktyvus], 2017, [žiūrėta 2021.05.10]. Prieiga per internetą <http://www.ktk.lt/assets/Uploads/2018-metine-ataskaita.pdf>
13. Leonavičius J.(2004). Studentų socialinės padėties kaita ir jos priežastys/Monografija. Kaunas: Technologija.
14. Lietuvos statistikos metraštis. Mokslas , 2019 m. leidimas <https://osp.stat.gov.lt/lietuvos-statistikos-metraštis/lsm-2019/gyventojai-ir-socialine-statistika/svietimas>

15. Marcinkevičienė V., Morkūnienė J. Studijų nutraukimo Kauno kolegijos technologijų ir kraštovarkos fakulteto prižasčių analizė. [interaktyvus], 2015, [žiūrėta 2021.05.03]. prieiga per internetą https://www.alytauskolegija.lt/wp-content/uploads/straipsniai_2015/Marcinkeviciene.pdf
16. Padaigienė, R. ... [et al.]. Kauno technologijos universiteto Panevėžio instituto studentų nubyrejimo kaita 2004–2006 metais. *Informacijos mokslai*. 2007, t. 42-43, p. 62-68.
17. Russell, R., W. Dropping out: why students drop out of high school and what can be done about it (2011). Harvard University Press. [interaktyvus], 201, [žiūrėta 2021.05.26] Prieiga per internetą: <https://escholarship.org/uc/item/58p2c3wp>
18. Seven reasons why students drop out? [interaktyvus], 2019, [žiūrėta 2021.05.26]. Prieiga per internetą: <https://www.creatrixcampus.com/blog/7-reasons-why-students-drop-out>
19. Studijų nutraukimo pirmaisiais studijų metais prižasčių analizė (Klaipėdos socialinių mokslų kolegija). [interaktyvus], 2015, [žiūrėta 2021.05.02]. Prieiga per internetą: https://jrd.lt/informacija-dirbantiems-su-jaunimu/informacija-apie-jaunima/tyrimai/studij_nutraukimo_pirmaisiais_studij_metais_prieasi_analiz.pdf
20. Vengris, S. Studentų nubyrejimas – ne tik asmeninė, bet ir valstybės problema. [interaktyvus], 2005, [žiūrėta 2021-04-25] Prieiga per internetą: <http://www.delfi.lt/news/daily/education/svengris-studentu-nubyrejimas-ne-tik-asmenine-bet-irvalstybes-problema.d?id=6817627>

PROBLEM ASPECTS OF KAUNAS UNIVERSITY OF APPLIED ENGINEERING SCIENCE STUDENT TURNOVER

Summary

The article raises the following research questions: What circumstances determine the differences in student turnover in different educational institutions? What factors determine the student's decision to terminate studies? How does the admission score influence termination of studies during the first year?

The article aims to reveal the problematic aspects of termination of studies - the primary determinant of student turnover in Kaunas University of Applied Engineering Science. The article discusses the theoretical assumptions of study termination and presents characteristic reasons behind it. Educational institutions are advised to perform the analysis and evaluation of these reasons through student surveys, study quality analysis, and organization of the study process.

Based on the analysis of statistical data and internal documents, the article analyses the tendencies and reasons for student turnover and termination of studies at Kaunas University of Applied Engineering Science in 2010-2020. It is concluded that raising the minimum admission score creates preconditions for students with better basic preparation to enter the University, but the admission score does not significantly affect students' drop-out.

Key words: students, termination of studies, reasons for termination of studies, higher education.

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 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

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 Mechanics Technical Operation study programme.

Author's research interests: educational technologies, educology.

Telephone and e-mail address: 8 610 26927, jolita.buceliene@edu.ktk.lt

ISSN 2029-9303

**INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS TECHNOLOGIJOS
2021 Nr. 2**

Lietuvių kalbos redaktorė **Sonata Paulauskienė**
Užsienio kalbos redaktorė **Judita Štreimikienė**

Tiražas 70 egz. 159 psl. Parengimo spaudai data 2021-11-30
Išleido Kauno technikos kolegija, Tvirtovės al. 35, LT-50155 Kaunas

www.ktk.lt

El.p. ktk@ktk.lt

Spausdino KTU spaustuvė/leidykla „Technologija“, Studentų g. 54, LT-51424 Kaunas

<http://ktu.edu/lt/leidykla>

El.p. leidykla@ktu.lt