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, 2020

Vyriausioji redaktorė
Doc. Dr. Marija Jotautienė Socialiniai mokslai/
Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT) Social Sciences

Vykdančioji redaktorė
Doc. Dr. Giedrė Adomavičienė Socialiniai mokslai/
Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT) Social Sciences

Mokslinė sekretorė
Doc. Dr. Esmeralda Štyps Technologijos mokslai/
Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT) Technological Sciences

Redaktorių kolegija/Editorial Board:

Prof. Habil. Dr. Algirdas Vaclovas Valiulis Technologijos mokslai/
Vilniaus Gedimino technikos universitetas/Vilnius Gediminas Technical University (LT) Technological Sciences

Prof. Dr. Elmar Heinemann Technologijos mokslai/
Šmalkaldeno taikomųjų mokslų universitetas/University Of Applied Sciences Schmalkalden (DE) Technological Sciences

Prof. Habil. Dr. Gál József Technologijos mokslai/
Šegedo universitetas/ University of Szeged, Hungary (HUN) Technological Sciences

Mgr. Dominika Trębacz Technologijos mokslai/
Automobilių pramonės institutas, mokslinio žurnalo „The Archives of Automotive Engineering“ vykdančioji redaktorė/Automobile Industry Institute, Executive editor of scientific journal „The Archives of Automotive Engineering (POL) Technological Sciences

Doc. Dr. Ernestas Ivanauskas Technologijos mokslai/
Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University Of Technology (LT) Technological Sciences

Doc. Dr. Gediminas Pupinis Technologijos mokslai/
Aleksandro Stulginskio universitetas/ Aleksandras Stulginskis University (LT) Technological Sciences

Doc. Dr. Marius Saunoris Technologijos mokslai/
Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University Of Technology (LT) Technological Sciences

Doc. Dr. Šarūnas Kilius Technologijos mokslai/
Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT) Technological Sciences

Doc. Dr. Vytenis Naginevičius Technologijos mokslai/
Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT) Technological Sciences
Dr. Kastytis Laurinaitis Technologijos mokslai/
Stulginskio universitetas/ Aleksandras Stulginskis U ty (LT) Technological Sciences

Dr. Rolandas Samajauskas Technologijos mokslai/
IĮ „Pastatų sertifikavimo biuras“/ IE „Building Sertification Office" (LT) Technological Sciences

Dr. Rosita Norvaišienė Technologijos mokslai/

Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT) — Technological Sciences

Doc. Dr. Aldona Gaižauskienė — biomedicinos mokslai
Vilniaus kolegija/Vilnius University Of Applied Sciences (LT)

Prof. Dr. Genutė Gedvilienė — Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Vytauto Didžiojo universitetas/ Vytautas Magnus University (LT)

Prof. Habil. Dr. Vilija Targamadzė — Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Vilniaus universitetas/Vilnius University (LT)

Doc. Dr. Vita Krivickienė — Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)

Doc. Dr. Daiva Lepaitė — Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Vilniaus universitetas/Vilnius University (LT)

Dr. Lina Girdauskienė — Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Kauno technologijos universitetas/Kaunas University Of Technology (LT)

Leidinys įrašytas į **LMT patvirtintų leidinių sąrašą**
http://www.mab.lt/lt/istekliai-internete/mokslo-zurnalai/269

Ir įtrauktas į **Index Copernicus Journals Master List**
http://journals.indexcopernicus.com/inznerina+ir+edukacinos+technologijos,p12156,3.html

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

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

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

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

© Kauno technikos kolegija, 2020
ISSN 2029-9303

REDAKTORIAUS ŽODIS

Gerbiamiems skaitytojams pristatome mokslinio žurnalo „Inžinerinės ir edukacinės technologijos“ 2020 metų pirmąjį numerį.

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

Pirmojoje žurnalo dalyje pateikti statybos inžinerijos srities publikacijos. Antroji dalis skirta transporto ir mechanikos srities mokslinių taikomųjų tyrimų rezultatų pristatymui.

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

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

Su pagarba,

vyriausioji redaktorė soc. m. dr. Marija Jotautienė

TURINYS

„ŽALIŲJŲ“ TILTŲ PRITAIKYMO GALIMYBĖS LIETUVOS KELIUOSE BEI JŲ PROJEKTINIŲ SPRENDIMŲ ANALZĖ 9
Benas Berkmonas, Regina Motienė
Kauno technikos kolegija

PIGMENTO Fe_2O_3 ĮTAKA SMULKIAGRŪDŽIO BETONO SAVYBĖMS 14
Vincas Gurskis[1,2], Tautvydas Vitkauskas[1]
[1]Vytauto Didžiojo universitetas, [2]Kauno technikos kolegija

VĖŽPIEVIO MAŽŲ TVENKINIŲ KASKADOS MORFOSTRUKTŪROS POKYČIŲ TENDENCIJOS 20
Petras Milius
Kauno technikos kolegija

ŠILUTĖS RAJONO POLDERIŲ PYLIMŲ IR SIURBLINIŲ TECHNINĖS BŪKLĖS ĮVERTINIMAS 27
Petras Milius
Kauno technikos kolegija

PASTATŲ ATITVARŲ GAISRINĖS SAUGOS PREVENCINĖS PRIEMONĖS EUROPOS SĄJUNGOJE 34
Jolanta Šadauskienė[1], Violeta Medelienė[2], Ramunė Žurauskienė[3]
[1]Kauno technologijos universitetas, [2]Kauno technikos kolegija,
[3]Vilniaus Gedimino technikos universitetas

LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ INFRASTRUKTŪROS FINANSAVIMAS: PROBLEMINIAI ASPEKTAI 41
Kęstutis Vitkauskas
Kauno technikos kolegija

COMPARATIVE ANALYSIS OF ENERGY AND ECOLOGICAL INDICATORS OF A COMPRESSION-IGNITION ENGINE FUELLED WITH A MIXTURE OF DIESEL, RAPESEED OIL AND ISOPROPANOL 51
Badari Vishal Davu, Alfredas Rimkus, Jonas Matijošius
Vilnius Gediminas technical university

INFLUENCE OF RME BASED BIODIESEL AND ISOPROPANOL BLENDS WITH DIESEL ON ENERGY AND ECOLOGICAL INDICATORS OF A CI ENGINE 57
Sai Manoj. Rayapureddy, Jonas Matijošius, Alfredas Rimkus
Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Transport Engineering,
Department of Automobile Engineering

SLĖGINIO UŽDEGIMO VARIKLIO, VEIKIANČIO DVIGUBAIS DEGALAIS – DUJOMIS IR DYZELINU, TYRIMŲ APŽVALGA 63
Airidas Valentas Baranauskas, Alfredas Rimkus, Saulius Stravinskas
Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas

AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO TARŠOS EMISIJŲ MAŽINIMO GALIMYBIŲ TYRIMAS IŠKASTINIUS DEGALUS PAKEIČIANT IŠ BIOATLIEKŲ GAMINAMAIS DVIGUBAIS BIODEGALAIS 70
Edvinas Bučinskas, Alfredas Rimkus, Saulius Stravinskas, Jonas Matijošius
Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija

PRECIZINĖS ILGIO MATAVIMO SISTEMOS DINAMINIŲ REIŠKINIŲ TYRIMAI 77
Paulius Svilainis[1], Artūras Kilikevičius[2], Donatas Gurauskis[1], Antanas Fursenko[1],
Jonas Matijošius[2], Nedas Miknius[1], Gustavas Kobal [1]
[1] Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos fakultetas, Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedra; [2]Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos mokslo institutas

AUKŠTOS SKYROS PRECIZINIŲ KEITIKLIŲ DINAMINIŲ REIŠKINIŲ TYRIMAI 85
Povilas Uvarovas[1], Kristina Kilikevičienė[2], Mantas Juchnevičius[3]
Jonas Matijošius[2], Artūras Kilikevičius[1]
[1] Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos fakultetas, Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedra; [2]Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos mokslo institutas;
[3]Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Technikos fakultetas

VANDENILINIŲ TECHNOLOGIJŲ TAIKYMAS - KURO CELIŲ PANAUDOJIMAS..... 93
Dariuš Mikonis[1], Margarita Prokopovič[2], Jonas Matijošius[3]
[1]Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas, Automobilių inžinerijos katedra; [2]Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Verslumo skatinimo grupė; [3]Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos mokslo institutas

AUTOMOBILIŲ KĖBULAMS NAUDOJAMŲ MEDŽIAGŲ APŽVALGA 101
Dariuš Mikonis[1], Rytis Zautra[2], Jonas Matijošius[3]
[1] Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas, Automobilių inžinerijos katedra; [2]Alytaus kolegija, Inžinerijos ir biomedicinos fakulteto Inžinerijos katedros;
[3]Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos mokslo institutas

AUTOMOBILIŲ GEDIMŲ GARANTINIU LAIKOTARPIU TYRIMAS 107
Tomas Mickevičius, Marius Mažeika
Kauno technikos kolegija

TRIKOMPONENČIŲ DEGALŲ ĮTAKA DYZELINIO VARIKLIO DARBO RODIKLIAMS..... 112
Tomas Mickevičius, Audrius Žunda
Kauno technikos kolegija

METALS RESEARCH AND TEST METHODS..... 118
Mantas Anužis, Vilma Vaičiakauskienė, Raimonda Sudžiūvienė
Klaipeda State University of Applied Sciences

SIJOS ĮLINKIŲ NUSTATYMAS GRAFOANALITINIU, ANALITINIU IR KOMPIUTERINIU METODAIS 127
Jurijus Tretjakovas[1,2], Audrius Čereška[1,2]
[1]Vilniaus Gedimino technikos universitetas, [2]Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija

GAMYBOS EFEKTYVUMO NUSTATYMAS 133
Loreta Valatkienė[1], Donata Putnaitė[1], Andrius Kozlovas[2]
[1]Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra; [2]Kauno technikos kolegija

PRAMONINIO KRANO VEŽIMĖLIO ĮTEMPIŲ PASISKIRSTYMO ANALIZĖ..... 143
Jelena Selivonec[1,2], Aleksandr Vika[2]
[1]Vilniaus Gedimino technikos universitetas, [2]Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija

RYŠIO SIGNALO NYKIMO TYRIMAI FIKSUOTOJO BELAIDŽIO RYŠIO LINIJOSE..... 148
Stasys Kašėta[1], Vitas Grimaila[2]
Kauno technikos kolegija[1], Kauno technologijos universitetas[2]

AUTOMOBILIO UŽVEDIMO SPYNELĖS MIKROVALDIKLIO ĮTAMPOS ŠUOLIŲ TYRIMAS 154
Rūta Jančaitė[1], Rasa Žygienė[2], Marius Saunoris[1,2], Paulius Vitonis[2]
[1]Kauno Technologijos Universitetas, [2]Kauno Technikos Kolegija

VIRTUALIOS APLINKOS, KAIP VIENOS IŠ SUAUGUSIŲJŲ MOKYMO PRIEMONIŲ, PANAUDOJIMAS, MOKANTIS SOLIDWORKS PAGRINDŲ 160
Rasa Žygienė[1], Rūta Jančaitė[2], Dalius Kalisinskas[1], Tatjana Sokolova[1], Benjaminas Makauskas[1], Paulius Vitonis[1]
[1]Kauno Technikos Kolegija, [2]Kauno Technologijos Universitetas

VEIKSNIAI ĮTAKOJANTYS STUDENTŲ VERSLUMO UGDYMĄ INŽINERINĖSE STUDIJOSE. PALYGINAMOJI ANALIZĖ 167
Regina Motienė, Kristina Burneikienė
Kauno technikos kolegija

LYDERYSTĖS KULTŪROS JŪRŲ UOSTE IR LAIVYBOJE PLĖTROS KLAUSIMU 174
Saulius Lileikis
Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla

JŪRŲ LAIVŲ ŠALDYMO PASLAUGŲ TEIKIMAS PERSONALO KONTROLĖS IR LYDERYSTĖS KONTEKSTE 183
Raminta Smilginė, Saulius Lileikis
Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla

„ŽALIŲJŲ“ TILTŲ PRITAIKYMO GALIMYBĖS LIETUVOS KELIUOSE BEI JŲ PROJEKTINIŲ SPRENDIMŲ ANALZĖ

Benas Berkmonas, Regina Motienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

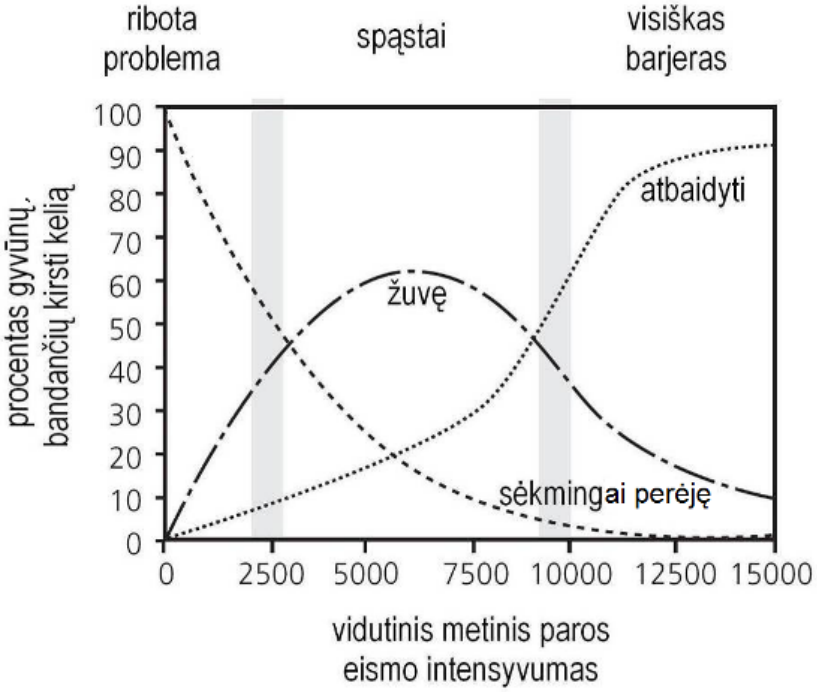
Po automobilių ratais kasmet patenka didelė ir įvairi faunos dalis, nuo varliagyvių, iki stumbrų.. Daugiausiai gyvūnų žūsta keliuose, kuriuose paros eismo intensyvumas yra 2500–10000 automobilių Esant tokiam intensyvumui, gyvūnai bando pereiti kelią, bet apie 60 % iš jų žūsta, tarsi papuola į spąstus. Kai kelyje paros eismo intensyvumas yra mažesnis kaip 2500 automobilių, žūsta ≤ 35 % gyvūnų, bandančių pereiti kelią. Didelis eismo intensyvumas (≥ 10000 aut./parą) atbaido gyvūnus, jie rečiau bando pereiti kelią, todėl jų mirtingumas kelyje mažėja. Siekiant kiek galima daugiau išvengti šių skaudžių įvykių, per kuriuos nukenčia ne tik patys gyvūnai, išbėgę į kelią, bet ir žūsta žmonės, reikia numatyti efektyvesnes aplinkosaugines priemones. Praktika rodo kad, efektyviausia priemonė yra „žaliasis tiltas“. Kadangi Lietuvoje tokio tipo aplinkosauginių priemonių nėra, šiame straipsnyje nagrinėjama „žaliojo tilto“ įrengimo galimybės Lietuvos keliuose.

Reikšminiai žodžiai: eismo įvykiai, kelias, „žaliasis tiltas“, aplinkosauga, konstrukcija, programa, gyvūnai, vanduo.

Įvadas

Tiesiami keliai neretai kertasi su migruojančių gyvūnų, gyvenančių vienoje ar kitoje vietovėje, keliais. Kad po automobilių ratais pakliūtų mažiau gyvūnų, daugelyje pasaulio šalių statomi specialūs tiltai, kuriais gyvūnai gali nekliudomi kirsti kelią.

Lietuvoje nutiesta apie 700 km apsauginių tinklinių tvorų. Daugiausiai šalia magistralių ir judriausių krašto kelių. Jos apsaugotų nuo šernų, stirnų, stambių žvėrių, jei vairuotojai, įvažiuodami į šalutinius kelius nepaliktų atvirų apsauginių tinklinių tvorų vartelių. Tvoros fragmentuoja buveines ir izoliuoja gyvūnų populiacijas. Jos yra mažiau efektyvios prieš smulkesnius gyvūnus, kurie gali pralįsti pro tarpus, ir taip pat prieš didelius, kurie tvorą gali peršokti. Lietuvoje įrengtos 27 pralaidos gyvūnams (14 stambiems, 5 smulkiems gyvūnams ir 11 varliagyviams). Efektyvios tuomet, jei jos yra įrengtos žvėrių takuose, migracijos vietose. Pralaidos esančios po judriais keliais mažiau naudojamos (manoma, kad gyvūnus gąsdina triukšmas, aidas). Stambūs kanopiniai gyvūnai daugiau naudoja dideles pralaidas. Todėl atsiranda poreikis Žaliųjų tiltų įrengimui.



1 pav. Gyvūnų bandymo kirsti kelią priklausomybė nuo eismo intensyvumo: kelio atbaidytų, sėkmingai kelią kirtusių ir kelyje žuvusių gyvūnų dalis priklausomai nuo eismo intensyvumo
Šaltinis: Lietuvos automobilių kelių direkcija

Siekiant suprojektuoti didžiausio funkcionalumo „žaliąjį tiltą“ (Georgii et al., 2011) atsižvelgiama į daugybę aspektų: tilto plotį, žemės reljefą, augmeniją, eismo triukšmą, vietas, kuriose įvykę daugiausiai eismo įvykių. Esant plačiam tiltui jis tampa labiau naudojamas gyvūnų. Kadangi stambesniems gyvūnams

reikalingas didesnis plotas ne tik dėl jų dydžio, bet ir dėl saugumo jausmo. Taip pat didelę įtaką tilto naudojimui turės tai, kokioje vietoje jis bus pastatytas žemės reljefo atžvilgiu. „Žaliasis tiltas“ projektuojamas taip, kad tilto viršus būtų tokiame pačiame aukštyje kaip ir aplinkinė teritorija. Tai galima pasiekti tik tada, kai kelias nutiestas iškasoje. Jeigu „žaliąjį tiltą“ reikia kiek iškelti (nei aplinkinė teritorija), jo prieigų šlaitų kampas neturi būti didesnis nei 1:20. Kuomet šis parametras yra ≥1:20, gyvūnai nebemato už tilto esančios teritorijos ir nedrįsta pereiti jo. Tuomet šios priemonės efektyvumas labai sumažėja (Bekker et al., 2011).

Tyrimo aktualumas. „Žaliųjų“ tiltų konstrukcinę analizę, pirmą kartą Lietuvoje atliko UAB „Kelprojekto“ inžinierius T. Miklušis. Tačiau šią temą plačiau nagrinėjo Kanados, Jungtinės karalystės Lenkijos ir kitų šalių mokslininkai.

Lietuvoje „žaliųjų tiltų“ įrengimo vengiama dėl didelių įrengimo išlaidų. Todėl atsižvelgiant į užsienio šalių atliktas mokslines įžvalgas norima surasti optimalų „žaliojo tilto“ projektinį sprendinį, kuris būtų priimtinas Lietuvai, atitiktų finansines galimybes ir būtų efektyvus.

Tyrimo objektas - Magistralinio kelio A1 Vilnius-Kaunas-Klaipėda 224,5 km.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti „žaliojo tilto“ įrengimo galimybes Lietuvos keliuose.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti „žaliųjų viadukų“ konstrukcijų analizę.
2. Išanalizuoti „žaliuosius viadukus“ ekonominiu požiūriu, naudojant palyginamąjį metodą.

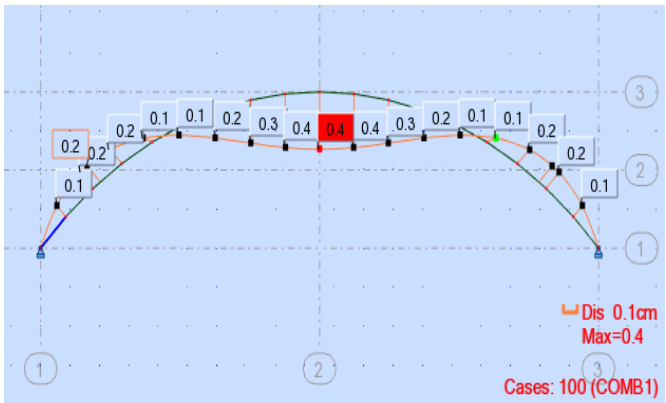
Projektuojant įvairaus tipo statinius, būtina atsižvelgti ir gamtosauginius „žaliojo“ tilto projektavimo reikalavimus. Rekomenduotina, kad konstrukcija būtų iš gelžbetonio ar gofruotų metalo lakštų. Naudojant tokio tipo konstrukcijas „žaliasis“ tiltas taptų ilgaamžiškesnis. Bet yra ir kitokių variantų kai „žaliojo“ tilto konstrukcijos būna ir iš medienos ar plieno.

Taip pat projektuojant „žaliąjį“ tiltą reikia numatyti ir tinkamą konstrukcijos storį. Jungtinės karalystės mokslininkų parengtoje ataskaitoje „Green bridges“ teigiama (Technical...,2015) : minimalūs dirvožemio gyliai turi būti: 0,3 m žolei, 0,6 m krūmams ir 1,5-2 m medžiams.

Konstrukcinių skaičiavimų rezultatai. Siekiant nustatyti tinkamiausią „žaliojo tilto“ variantą, buvo pasirinkta lyginti keturis atskirus konstrukcijų tipus:

1. Gelžbetoninė arka.

Pirmuoju atveju analizuojamas projektinis **gelžbetoninės arkinės konstrukcijos vaizdas** (2, 3 pav.). Gelžbetoninė arka suprojektuota iš C35/45 klasės betono. Arkos storis parinktas 72 cm per beveik visą savo ilgį. Arkos plotis yra 38 m. Šios konstrukcijos įlinkiai gauti 0,4 cm.



2 pav. Projektinis gelžbetoninės arkinės konstrukcijos vaizdas

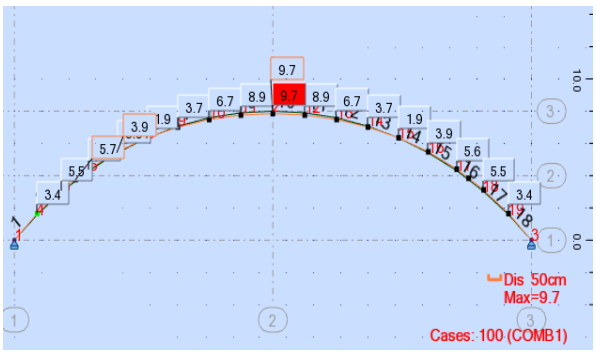
Šaltinis:Tomas Miklušis. UAB „Kelprojektas

3 pav. Įrengta gelžbetoninė arkinė konstrukcija

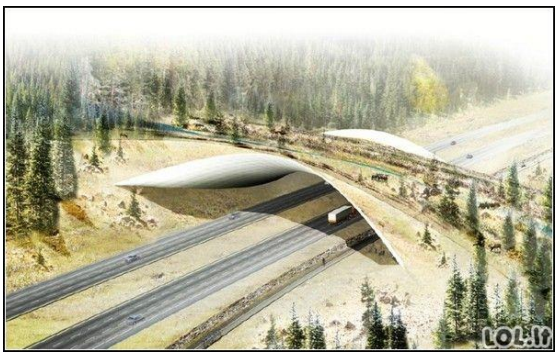
Šaltinis(Sveikata.lt, pavyzdys iš Kanados)

Antruoju atveju analizuojamas projektinis **gofruotų metalo lakštų konstrukcijos vaizdas** (4, 5 pav.). Šios konstrukcijos plotis parinktas 38 m. Konstrukcijai naudojama medžiaga: SuperCore SGM-SC-A58 (www.viacon.lt). Tokio tipo konstrukcijos įlinkiai gauti 9,7 cm.

2. Gofruotų metalo lakštų konstrukcija.



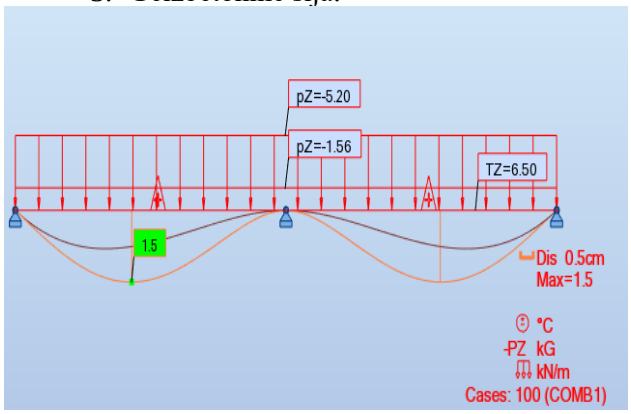
4 pav. Projektinis gofruotų metalo lakštų konstrukcijos vaizdas
Šaltinis:Tomas Miklušis. UAB „Kelprojektas



5 pav. Įrengta gofruotų metalo lakštų konstrukcija
Šaltinis: (LOL.lt)

Trečiuoju atveju analizuojamas projektinis **gelžbetoninės sijinės konstrukcijos vaizdas** (7, 8 pav.). Sijų skerspjūvis 720×750 mm, ilgis *L*=38,0 m. betono klasė C35/45 . Šio tipo konstrukcijos įlinkiai gauti 1,5 cm.

3. Gelžbetoninė sija.

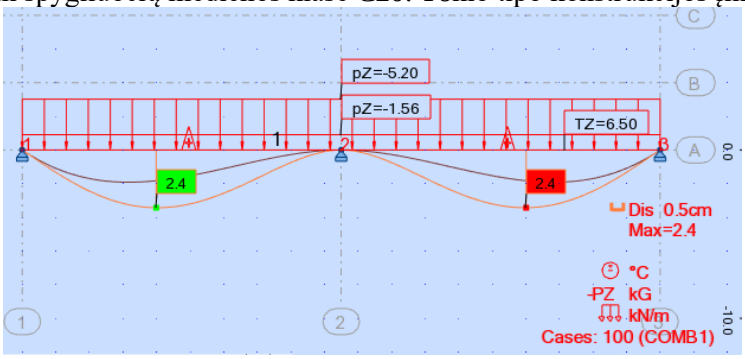


6 pav. Projektinis gelžbetoninės sijos konstrukcijos vaizdas
Šaltinis:Tomas Miklušis. UAB „Kelprojektas

7 pav. Įrengta gelžbetoninių sijų konstrukcija
Šaltinis: (© S. Nowak, vb.vdu.lt)

4. Medinė sija.

Galiausiai analizuojamas **medinės klijuotų sijų konstrukcijos vaizdas** (8 pav.). Sijų skerspjūvis 850×300 mm, *L*=38,0 m spygliuočių medienos klasė C20. Tokio tipo konstrukcijos įlinkiai gauti 2,4 cm.



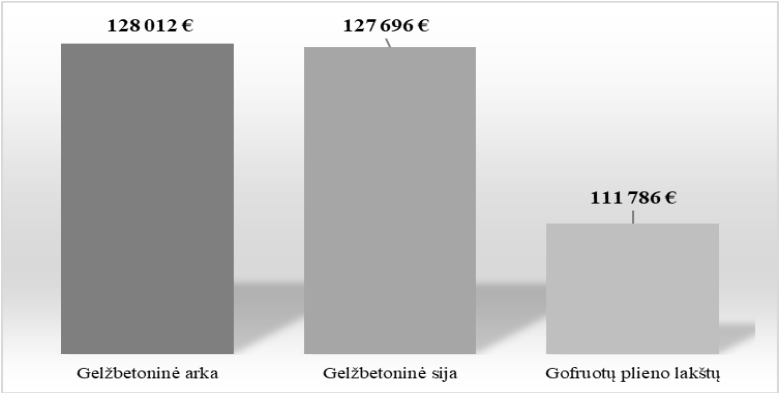
8 pav. Projektinis medinės klijuotinės sijos vaizdas
Šaltinis:Tomas Miklušis. UAB „Kelprojektas

Visos šios konstrukcijos buvo lyginamos atsižvelgiant į tai, kokių jėgų jos bus veikiamos:

- Savo konstrukcijos svorio.
- Dirvožemio svorio.
- Kintamosios apkrovos 4,0 kN/m^2.
- Vasaros ir žiemos temperatūrų poveikio jėgos.

Įvertinus visų konstrukcijų (sijinių, arkinių, gofruoto metalo lakštų, medinių klijuotų sijų) elgseną, nustatyta, kad didžiausi įlinkiai (9,7 cm) yra gofruotų metalo lakštų konstrukcijos. Tačiau su programa Autodesk „Robot Structural Analysis“ įlinkiai buvo skaičiuojami be didesnio sluoksnio grunto užpylimo. Kadangi įlinkių sumažėjimą gali lemti didesnio storio grunto sluoksnis, nes šio tipo konstrukcijos įražų pasiskirstymas vyksta visai kitaip nei kitų konstrukcijų. Mažiausi įlinkiai yra gelžbetoninės arkos konstrukcijos (0,4 cm) todėl konstrukciniu požiūriu šio tipo konstrukcija yra optimali.

Ekonominių skaičiavimų rezultatai. Išnagrinėjus pasaulyje jau pastatytų „žaliųjų tiltų“ kainas („Green bridges“ literature review...,2015), nustatyta kiek kainuoja įrengti 1 metrą viaduko atsižvelgus į tai kokio tipo konstrukcija bus naudojama. Kainų palyginimui buvo pasirinkti trys konstrukcijų tipai: gelžbetoninė arka, gelžbetoninė sija, gofruotų plieno lakštų konstrukcija.



9 pav. 1 metro „žaliojo tilto“ įrengimo kaina pagal konstrukcijos tipą
Šaltinis: Sudaryta autorių

Pagal 9 pav. pateiktus rezultatus, nustatyta, kad kainos atžvilgiu pigiausias variantas „žaliojo tilto“ įrengimui yra gofruotų plieno lakštų konstrukcija – 111786 Eur.

Išvados

1. Atlikus „žaliojo tilto“ konstrukcinę analizę nustatyta, kad didžiausi įlinkiai yra gofruotų metalo lakštų (SuperCore SGM-SC-A58) arkinės konstrukcijos – 9,7 cm, o mažiausi įlinkiai gelžbetoninės arkinės konstrukcijos – 0,4 cm.
2. Išanalizavus ir palyginus pasaulyje įrengtų „žaliųjų tiltų“ konstrukcijos tipus ekonominiu požiūriu, buvo nustatyta, kad pigiausiai kainuoja įrengti gofruotų plieno lakštų konstrukciją. 1 metras tokio tipo konstrukcijos kainuoja 111786 €. Pagal konstrukcinės ir ekonominės analizės rezultatus Lietuvoje „žalių tiltų“ įrengimui tinkamiausia būtų gofruotų plieno lakštų konstrukcija.

Literatūra

1. A Path to Safety: Germany Spends Millions on Animal-Only Bridges. Prieiga internete http://www.onegreenplanet.org/news/a-path-to-safety-germany-spends-millions-on-animal-only-bridges/ [preiga internete: 2019 – 03– 05].
2. Aplinkosauginių priemonių projektavimo, įdiegimo ir priežiūros rekomendacijos. Biologinės įvairovės apsauga APR-BĮA 10“, 2010.
3. BEKKER ET AL. (2011). Defragmentation measures for the protection of our wildlife heritage. Prieiga internete http://www.google.co.uk/url?url=http://www.mjpo.nl/downloads/35/100323-dww-faunavoorzieningeneng-def.pdf&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ei=Z23GVL7uOILj7QbvnYGIAg&ved=0CBQQFjAA&usg=AFQjCNHRwX31TNWj7lVkj-pBkbrA0M_bag [žiūrėta: 2019 – 03– 05].
4. EURONATUR (2017). TEWN Manual. Recommendations for the reduction of habitat fragmentation caused by transport infrastructure development. EuroNatur Foundation, Radolfzell.
5. GEORGII, B ET AL. (2011). Use of wildlife passages by invertebrate and vertebrate species. *Wildlife passages in Germany.*
6. HUBER, D, JOSIP KUSAK, J. (2010). Green bridges and other structures for permeability of highways in Croatia: Case of large Carnivores. 2010 IENE International Conference on Ecology and Transportation – Improving connections in a changing environment, Programme and book of abstracts.
7. Įskaitinių eismo įvykių statistika Lietuvoje 2013 – 2016. (2017.) Vilnius.
8. Inžinerinė hidrologija. Pagrindiniai skaičiavimų reikalavimai. STR 2.05.19:2005

9. Natural England Commissioned Report NECR181 „Green bridges“ literature review, 2015.
10. Lietuvos automobilių kelių direkcija.
11. www.viacon.lt [interaktyvus] [žiūrėta 2019-03-02]
12. http://www.google.lt/maps [interaktyvus] [žiūrėta 2019-03-02]
13. (http://www.sort.org/show_article.php?article_id=173).

POSIBILITIES TO INSTAL AND THE ANALYSIS OF GREEN VIADUCTS DESIGN SOLUTIONS IN ROADS OF LITHUANIA

Summary

During the past year, traffic accidents have increased in Lithuania, where the main perpetrators are animals from frogs until bison. The intensity 2500-10000 vehicles per day increase these accidents into high level. Animals trying to cross the roads and approximately 60% of them where killed of accidents with vehicles. If intensity is less than 2500 vehicles per day, possibility to survive increasing. The animals are frightening away from trying cross the roads if intensity is more than 10 000 vehicles per day. In order to avoid as much as possible, the painful events that affect not just the animals themselves but also people who die, more effective environmental measures must be provided. Looking at global practice, the most effective tool is the "green viaduct". As there are no such environmental measures in Lithuania, this article will consider the design solutions for the installation of “green viaduct”.

Key words: traffic accidents, road, green bridge, environment, construction, program, animals, water.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Benas Berkmonas
Mokslo laipsnis ir vardas: inžinierius, lektorius
Darbo vietą ir pozicija: Kauno technikos kolegija, kelių inžinerijos programa
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Kelių inžinerijos programa.
Telefonas ir el. pašto adresas: 37068412923, benas.berkmonas@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Regina Motienė
Mokslo laipsnis ir vardas: inžinierė, 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: Benas Berkmonas
Science degree and name: Master, Lecturer
Workplace and position: Kaunas Technical College, Lecturer at Road engineering program.
Author‘s research interests: road engineering
Telephone and e-mail address: +37068412923, benas.berkmonas@edu.ktk.lt

Author name, surname: Regina Motienė
Science degree and name: Master, Lecturer
Workplace and position: Kaunas Technical College, Lecturer at Road engineering program.
Author‘s research interests: road engineering
Telephone and e-mail address: +37069944575, regina.motiene@edu.ktk.lt

PIGMENTO FE_2O_3 ĮTAKA SMULKIAGRŪDŽIO BETONO SAVYBĖMS

Vincas Gurskis[1,2], Tautvydas Vitkauskas[1]
[1]Vytauto Didžiojo universitetas, [2]Kauno technikos kolegija

Anotacija

Gaminant spalvotus betonus naudojami pigmentai. Svarbu žinoti kaip pigmentai ir jų skirtingi kiekiai veikia betono mišinio ir betono savybes. Tyrimu buvo vertinama raudonos spalvos Fe_2O_3 pigmento įtaka smulkiagrūdžio betono mišinio konsistencijai, sukietėjusio betono lenkimo ir gniuždymo stipriui, vandens įgeriamumui,. Šiuo tikslu bandymams buvo pagaminti šešių sudėčių betono bandiniai, kuriuose pigmento kiekis kito nuo 0 iki 5 % cemento masės. Bandymai buvo atlikti pagal standartines metodikas.

Tyrimo rezultatai parodė, kad didžiausiu tankiu, lenkimo, gniuždymo stipriu, mažiausiu vandens įgeriamumu pasižymi smulkiagrūdis betonas, kuriame pigmentas sudaro 2-3 % nuo cemento masės.

Reikšminiai žodžiai: pigmentai; betonas; įgeriamumas; stipris.

Įvadas

Cementinis betonas – plačiausiai naudojama statybinė medžiaga, pasižyminti eile teigiamų savybių, tačiau yra nuobodžiai pilkos spalvos. Šiam trūkumui sumažinti naudojami dažantieji priedai – pigmentai. Pigmentai – tai gamtiniai ir dirbtiniai neorganiniai ir organiniai dažikliai, įmaišomi į kitas medžiagas, pvz., rišiklius, ir suteikiantys joms ilgalaikę spalvą. Jie turi atitikti standarto LST EN 12878:2014 reikalvimus. Mokslinėse publikacijose (Hospodarova ir kt., 2015, Ivanauskas, Grigonis, 2009, Ruzavin, 2019 ir kt.) nurodoma, kad spalvotuose betonuose naudojami pigmentai turi pasižymėti atsparumu atmosferos ir šarmų poveikiui, juose negali būti tirpių druskų, dėl kurių susidaro paviršinės dėmės, jie turi būti tiek dispersiški, kad lengvai, be gumulėlių išsimaišytų betono mišinyje ir minimaliai padidintų vandens sąnaudas, turi būti panašaus tankio kaip ir cementas, kad neatsiskirtų iš betono mišinio, juose negali būti nuodingų, kenksmingų junginių, turi būti ekonomiški. Straipsnyje (Ruzavin, 2019) pažymima, kad neorganinės kilmės pigmentai, ypač geležies oksidų pagrindu, pasižymi geresniu spalvos išlaikymu, ilgaamžiškumu nei organinės kilmės pigmentai.

Betonų su pigmentais savybes analizavo V. Hospodarova ir kt. (2015). Šie autoriai tyrimuose naudodami tik 5 % pigmentų nuo rišamosios medžiagos išvadose teigia, kad spalvoto pigmento panaudojimas betone neturi neigiamos įtakos sukietėjusio betono fizikinėms savybėms ir stiprumui.

Lietuvos mokslininkų publikacijoje (Ivanauskas, Grigonis, 2009) pateikiami savaime sutankėjančio betono su pigmentais tyrimų rezultatai, kuriais nustatyta, kad naudojant iki 6 % Fe_2O_3 pigmento sumažėja betono gniuždymo stipris, atviras poringumas bei vandens įgeriamumas.

Straipsnyje (Eštoková et al., 2020) pateikiama informacija, kad spalvoto pigmento ir lakiųjų pelenų derinys turi sinergetinį poveikį, nes padidėja betono gniuždymo stipris ir 15 % sumažėja vandens absorbcija.

L.Hatami ir M. Jashidi (2017) nurodo, kad pigmentai daro įtaką pradinei ir galutinei betono struktūrai, keičia oro kiekį betono mišinyje, todėl priklausomai nuo pigmento, kai kuriais atvejais gali atlikti oro įsiurbimą.

Publikacijoje (Sausa et al., 2020) teigiama, kad ištyrus trijų sudėčių betono bandinius, kuriuose panaudota 0, 3 ir 6 % geležies oksido pigmento, rekomenduojamas pigmento kiekis – 3 %, nes esant tokiam kiekiui gniuždymo stipris sumažėjo mažiausiai. Be to, teigiama, kad silpnesniam betonui pigmentas daro didesnę neigiamą įtaką.

Literatūroje analizuojama skirtingų pigmentų įtaka betono savybėms. R. Moradpour ir kt. (2013, p. 263) tyrė keraminių pigmentų poveikį cementui. Šie tyrėjai pažymi, kad keraminiai nano pigmentai, didina betono gniuždymo stiprį, vandens nepralaidumą, be to lengviau kontroliuojamos korozijos problemos. S. A. Yildizel ir kt. (2016) atliko tyrimą, kuriuo vertino skirtingų spalvų pigmentų savybes ir jų poveikį betonui. Atlikto tyrimo duomenimis, rudos, geltonos ir juodos spalvos pigmentai labiau didina gniuždymo stiprį, negu raudonos spalvos pigmentai. Tyrimo metu pagaminti skiediniai su raudonu pigmentu pasižymėjo mažesnėmis stiprumo reikšmėmis, nes nustatyta, kad raudonas pigmentas skiedinyje padidina porų kiekį ir vandens absorbciją. Remiantis šio tyrimo rezultatais galima teigti, kad pigmentų panaudojimas, išskyrus raudoną pigmentą, prisideda prie tolygaus skiedinio stiprumo, atsparumo ir nepralaidumo vandeniui didėjimo.

Įvertinus tai, kad Lietuvoje raudonos spalvos pigmentas spalvoto betono gamyboje naudojamas dažnai ir literatūroje nurodytus neigiamus atsiliepimus apie šį pigmento poveikį betonui nuspręsta atlikti tyrimus su mūsų šalyje betono gamybai naudojamomis medžiagomis. Be to, spalvoti betonai dažniausiai naudojami mažų matmenų dirbinių (pvz., trinkelių, čerpių) gamybai tyrimams pasirinktas smulkiagrūdis betonas.

Tyrimo tikslas – nustatyti smulkiagrūdžio betono savybių pokyčius naudojant raudonos spalvos pigmentą – geležies oksidą Fe_2O_3.

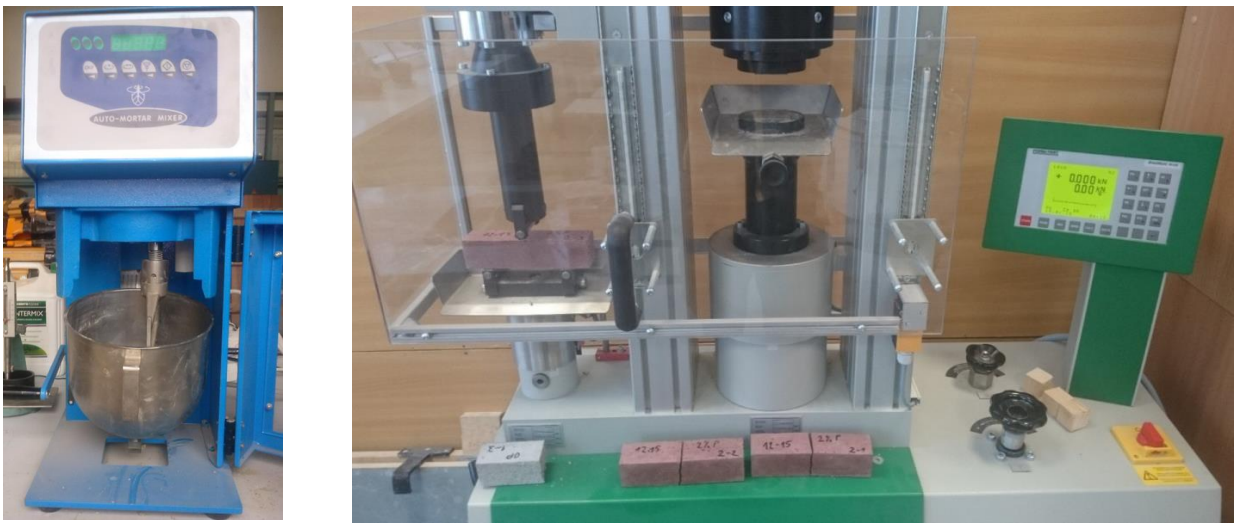
Tyrimų objektas ir metodika

Tyrimo objektu buvo pasirinktas smulkiagrūdis betonas. Bandymams buvo pagaminti šešių sudėčių betono bandiniai. Gaminant betono bandinius buvo naudojamos šios medžiagos:

- cementas CEM II/A-LL 42,5 N;
- raudonos spalvos pigmentas – geležies oksidas – Fe_2O_3 (naudota 0, 1, 2, 3, 4 ir 5 % nuo cemento masės);
- superplastiklis naftalinformaldehidinės dervos pagrindu Stachement NN;
- smėlis (frakcija 0/4 mm)
- vanduo.

Naudota tokia pradinė (be pigmento) mišinio sudėtis: viena masės dalis cemento, trys dalys smulkaus užpildo (0 ... 4 mm smėlio), vandens ir cemento santykis v/c = 0,5, superplastiklis nenaudotas. Kitose sudėtyse naudotas pigmentas ir, siekiant gauti pastovų v/c ir panašią mišinio konsistenciją, naudotas superplastiklis, kurio kiekis didėjo, didinant pigmento kiekį.

Smulkiagrūdžiai betono mišiniai buvo maišomi laboratorinėje priverstinio maišymo maišyklėje (1 pav.) pagal standarto LST EN 196–1:2016 metodiką. Patikrinus betono mišinio konsistenciją, kuri nustatyta pagal kūgio įsmigimo gylį, buvo pagaminta po 6 vnt. prizmių formos bandinių (40×40×160 mm) su skirtingu pigmento kiekiu. Bandiniai buvo pagaminti specialiose plieninėse formose, mišinį tankinant vibraciniu prietaisu. Po paros laiko iš formų išimti betono bandiniai buvo įvyniojami į 3-4 sluoksnių pakavimui naudojamą polietileninę plėvelę ir kietinami 28 paras 20± 2 °C temperatūroje. Sukietėjusio betono tankis nustatytas pagal LST EN 12390-7:2019 pateiktą metodiką. Nustatant betono mechanines savybes naudota universali lenkimo, gniuždymo mašina (1 pav.).



1 pav. Priverstinio maišymo maišyklė ir lenkimo ir gniuždymo stiprio bandymo mašina

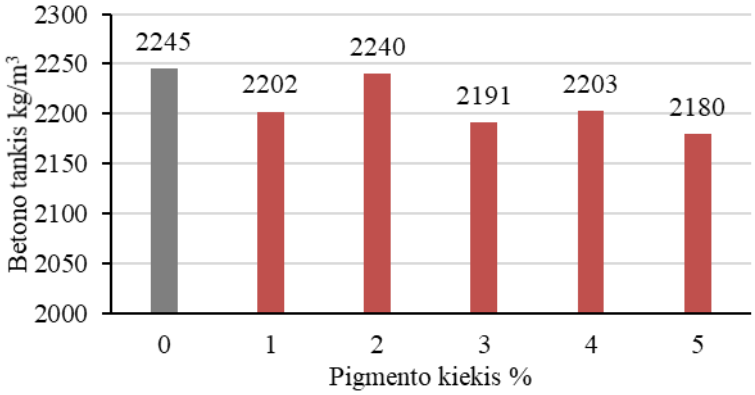
Vandens įgeriamumo nustatymo metodika pateikta LST EN 13369:2018 F priede bei LST 1413.10:1997. Panaudota 18 prizmių 40×40×160 mm formos bandinių. Bandiniai buvo laikomi 20 ± 5 °C temperatūros vandenyje kol jų masė paros laikotarpiu nepakito daugiau kaip 0,1 %. Po to bandiniai buvo išimami iš vandens, nušluostomi ir pasveriami ir džiovinami ventiliuojamoje krosnelėje 105± 5 °C temperatūroje iki pastovios masės arba kol jų masė paros laikotarpiu nepakinta daugiau kaip 0,1 %. Išdžiovinti bandiniai vėl pasveriami bei apskaičiuojamas jų vandens įgeriamumas.

Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

Pagaminus smulkiagrūdžio betono mišinį nustatyta, kad Fe_2O_3 miltelių, daugiau kaip tris kartus didesnio nei cementas dispersiškumo, pigmentas mažina mišinio plastiškumą, todėl jį kompensuoti reikalingos plastifikuojančios įmaišos, kurių kiekis didėja, didėjant pigmento kiekiui. Gaminant mišinius buvo stengtasi pagaminti vienodo plastiškumo mišinius. Pagal kūgio įsmigimo gylį nustatytas plastiškumas skyrėsi nežymiai – nuo 70 iki 83 mm. Dėl pigmentų naudojimo plastiškumo sumažėjimas kompensuotas

superplastikliu, kurio sąnaudos nežymiai kito nuo 0 (kontroliniam be pigmentų mišiniui) iki 0,22 % (mišiniui, kai pigmento kiekis 5 %) cemento masės.

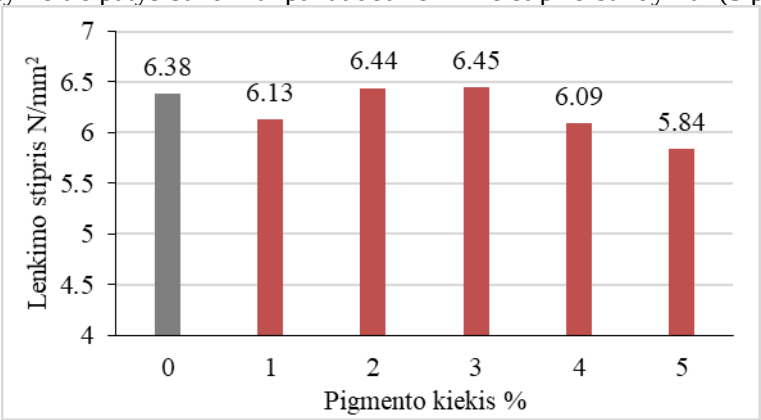
Po 28 parų kietėjimo laiko bandiniai buvo išimti iš polietileninės plėvelės, nustatoma jų masė, matmenys ir apskaičiuojamas tankis (2 pav.).



2 pav. Smulkiagrūdžio betono tankio priklausomybė nuo Fe_2O_3 pigmento kiekio

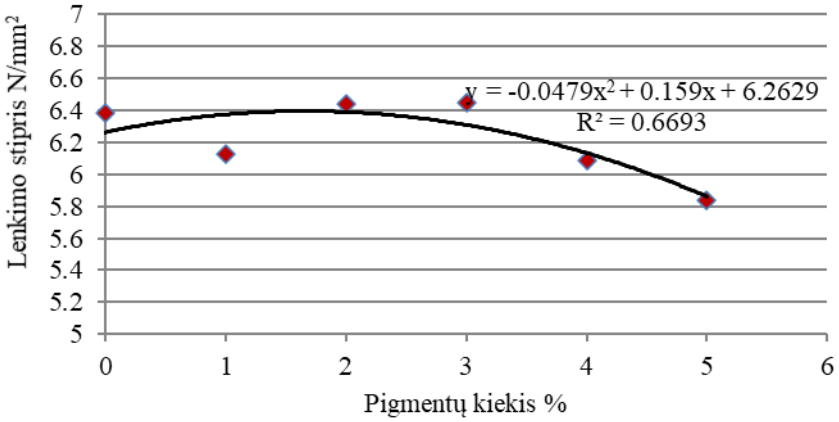
Gauti tankio rezultatai rodo, kad Fe_2O_3 pigmentas smulkiagrūdžio betono tankio, kai jo yra 2 %, beveik nekeičia, esant kitiems pigmento kiekiams betono tankis yra nežymiai mažesnis. Didžiausias – 2,9 % tankio sumažėjimas gautas kai pigmento kiekis sudaro 5 % cemento masės.

Po tankio nustatymo tie patys bandiniai panaudoti lenkimo stiprio bandymui (3 pav.).



3 pav. Smulkiagrūdžio betono lenkimo stipris esant skirtingam Fe_2O_3 pigmento kiekiui

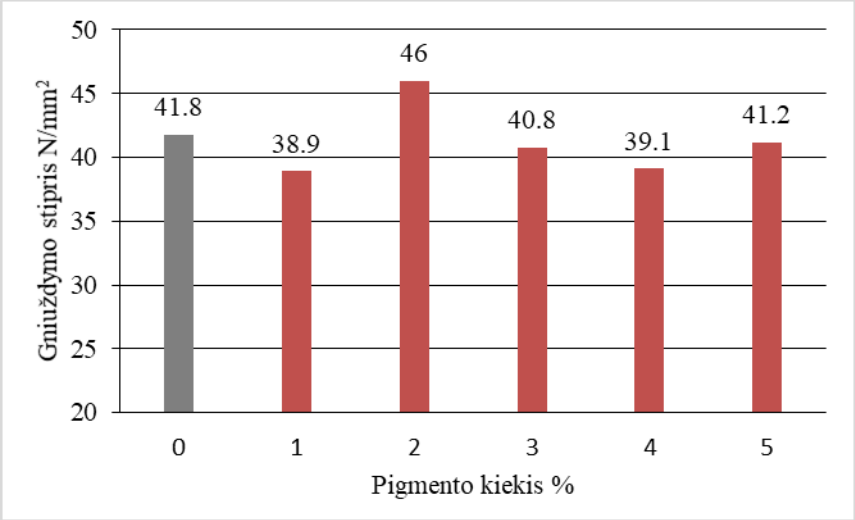
Fe_2O_3 pigmentų įtaka lenkimo stipriui yra panaši į įtaką tankiui, tačiau gautos ir didesnės, ir mažesnės nei kontrolinių bandinių stiprio reikšmės. Didžiausias lenkimo stipriu – pasižymėjo bandiniai naudojant 2 ir 3 % pigmento nuo cemento masės, o mažiausias stipris – 5,8 N/mm^2 nustatytas esant 5 % raudono pigmento kiekiui. Lenkimo stiprio kitimas gali būti aprašomas pakankama gerą ryšį su faktiniais duomenimis turinčia (korealiacijos koeficientas 0,82) eksponentine lygtimi (4 pav.), iš kurios galima spręsti kad lenkimo stiprio požiūriu optimalus pigmento kiekis apie 2 %.



4 pav. Smulkiagrūdžio betono lenkimo stiprio priklausomybė nuo Fe_2O_3 pigmento kiekio

Po lenkimo bandymo likusios prizmių puselės (5 pav.) panaudotos gniuždymo stiprio bandymui (6 pav.).

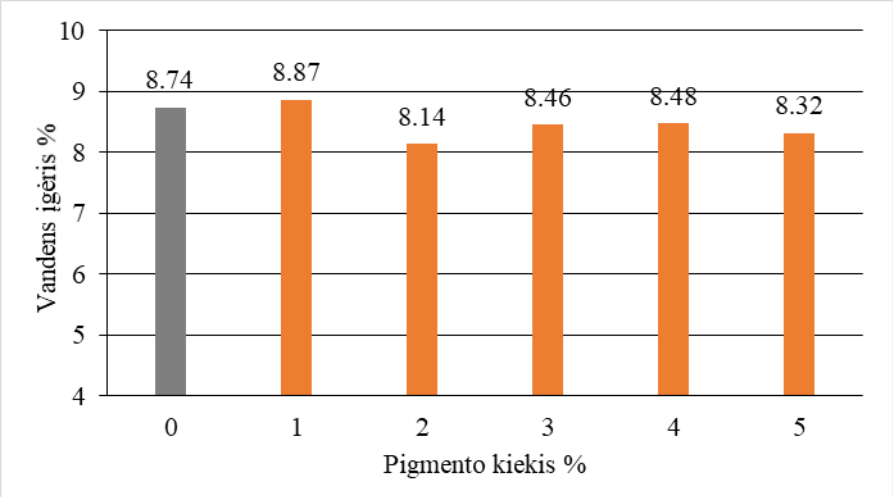
5 pav. Prizmių formos bandiniai po lenkimo bandymo



6 pav. Smulkiagrūdžio betono gniuždymo stipris esant skirtingam Fe_2O_3 pigmento kiekiui

Didžiausias 46 N/mm^2 betono gniuždymo stipris, nustatytas esant 2 % pigmento, jis yra 10 % didesnis nei kontrolinių bandinių stipris, o mažiausias – 38,9 N/mm^2 arba 7 % mažesnis nei kontrolinio gautas, kai pigmento kiekis siekia 1 % cemento masės.

Raudonos spalvos pigmento įtaka smulkiagrūdžio betono vandens įgeriamumui nustatyta naudojant likusius bandinius (po tris kiekvienos sudėties) (7 pav.).



7 pav. Smulkiagrūdžio betono vandens įgeriamumas esant skirtingam Fe_2O_3 pigmento kiekiui

Įgeriamumo tyrimo rezultatai rodo, raudonos spalvos Fe_2O_3 pigmentas vandens įgeriamumo keičia nežymiai. 1,5 % didesniu nei kontroliniai bandiniai įgeriamumu pasižymėjo betonas esant 1 % pigmento, kitais atvejais įgeriamumas yra mažesnis nei kontrolinių bandinių, o esant 2 % pigmento jis yra 6,9 % mažesnis. Tiek kontrolinių, tiek su pigmentu pagamintų bandinių vandens įgeriamumas gavosi gan didelis, todėl galima prognozuoti, kad tokios sudėties betonas pasižymės nepakankamu atsparumu šalčiui. Siekiant šį rodiklį padidinti reikėtų gaminant visų sudėčių betoną naudoti efektyviausias polikarboksilines plastifikuojančias įmaišas. Taip būtų sumažintas v/c santykis, vandens įgeriamumas bei pasiektas didesnis atsparumas šalčiui.

Išvados

1. Siekiant gauti betoną su vizualiai patrauklesniu paviršiumi naudojami dažantys priedai – pigmentai, kurie, tiek remiantis literatūros apžvalga, tiek mūsų tyrimais, keičia betono savybes.
2. Geležies oksido Fe_2O_3 pigmentas mažina betono mišinio plastiškumą, todėl siekiant išlaikyti pastovų vandens ir cemento sąnaudų santykį v/c ir panašią mišinio konsistenciją, naudotinos plastifikuojančios įmaišos, kurių kiekis didėja, didinant pigmento kiekį.
3. Ištyrus smulkiagrūdį betoną, kuriame panaudota 0-5 % Fe_2O_3 pigmento, labai aiškios įtakos betono savybėms nenustatyta, tačiau nežymiai didesnis tankis gautas, kai pigmento naudojama 2 %, lenkimo stipris – kai pigmento naudojama 2-3 %; gniuždymo stipris – kai pigmento naudojama 2 %, mažiausias vandens įgėriamumas gautas, kai pigmento naudojama 2 %.
4. Apibendrinus visus tirtus rodiklius nustatyta, kad optimalus raudonos spalvos pigmento Fe_2O_3 kiekis smulkiagrūdžiame betone yra 2-3 %.

Literatūra

1. Eštoková A., Václavík V., Dvorský T. and Števulová N. 2020. Effect of Colour Pigment on Selected Properties of Fly Ash Concrete. Part 1: Compressive Strength and Water Absorption. Key Engineering Materials (Volume 838), p. 67-73.
2. Hatami, L., Jashidi, M. 2017. Influence of Pigment Content and Cement Type on Appearance and Performance of Colored Self-Compacting Mortars (C-SCMs). International Journal of Civil Engineering, vol.15, p. 727-736.
3. Hospodarova, V., Stevulova, N., Junak, J. 2015. Color pigments in concrete and their properties. Pollack Periodica, vol.10(3), p. 143-151.
4. Ivanauskas E., Grigonis D. 2009 Pigmentų įtakos savaime sutankėjančio betono savybėms tyrimai. Mokslas – Lietuvos ateitis, 1 tomas, Nr. 5. Science – Future of Lithuania 2009, Vol. 1, No. 5. Statyba Civil Engineering, p. 10-14.
5. Yildizel, S.A., Kaplan, G., Ozturk, U. 2016. Cost Optimization of Mortars Containing Different Pigments and Their Freeze-Thaw Resistance Properties. Advances in Materials Science and Engineering, vol.
6. LST 1413.10:1997 Statybinis skiedinys. Bandymo metodai. Drėgnumo ir vandens įgeriamumo nustatymas.
7. LST EN 12390-7:2019 Sukietėjusio betono bandymai. 7 dalis. Sukietėjusio betono tankis.
8. LST EN 12878:2014. Pigmentai statybinėms medžiagoms cemento ir (arba) kalkių pagrindu dažyti. Techniniai reikalavimai ir tyrimo metodai.
9. LST EN 13369:2018 Bendrosios surenkamųjų betoninių gaminių taisyklės. F priedas.
10. LST EN 196-1:2016 Cemento bandymų metodai. 1 dalis. Stiprio nustatymas.
11. Moradpour, I., Ahmadi, S.B., Parhizkar, T., Ghodsian, M., Nassaj, E.T. 2013. Study of the Effects of Ceramic Nano-Pigments in Cement Mortar Corrosion Caused by Chlorine Ions. International Journal of Civil and Environmental Engineering Vol:7, No:3, p. 263-268.
12. Ruzavin A.A. 2019. Bazinių geležies oksido pigmentų panaudojimas gaunant įvairių atspalvių dekoratyvinius betonus. (Применение базовых железооксидных пигментов для получения широкого ряда оттенков декоративных бетонов). Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture, vol. 19, no 2, pp. 44-49. https://vestnik.susu.ru/building/article/view/9065/7311.
13. Sousa G.M, Oliveira K.R., Lima Gomes A. J. 2020. Compressive strength of colored concrete with iron oxide in the city of Teófilo Otoni in Minas Gerais. Vol 1 No 1: International Journal of Geoscience, Engineering and Technology. http://www.geovales.com/index.php/Journal/article/view/17

INFLUENCE OF PIGMENT Fe_2O_3 ON PROPERTIES OF FINE-GRAINED CONCRETE

Summary

Pigments are used in the production of colored concretes. It is important to know how pigments and their different amounts affect the properties of concrete mix and concrete. The study evaluated the influence of red Fe_2O_3 pigment on the consistency of fine-grained concrete mix, bending and compressive strength of hardened concrete, water absorption. For this purpose, concrete samples with six compositions were prepared for the tests, in which the pigment content varied from 0 to 5% by weight of the cement. The tests were performed according to standard methodologies.

The results of the study showed that fine-grained concrete with the highest density, bending, compressive strength and the lowest water absorption, in which the pigment makes up 2-3% of the cement mass.

Key words: pigments; concrete; absorption; strength.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Vincas Gurskis.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: Vytauto Didžiojo universiteto Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakulteto Hidrotechninės statybos instituto docentas, VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, statybos inžinerijos krypties studijų programų komiteto docentas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybinės medžiagos, hidrotechnikos statinių techninė būklė.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 682 10129, vincas.gurskis@vdu.lt, vincas.gurskis@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Tautvydas Vitkauskas.
Mokslo laipsnis ir vardas: – magistras.
Darbo vieta ir pozicija: Vytauto Didžiojo universiteto Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakultetas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybinės medžiagos.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 682 10129, tautvydas.vitkauskas@gmail.com

A COVER LETERS AUTHORS

Author name, surname: Vincas Gurskis.
Science degree and name: Doctor, Associated Professor.
Workplace and position: Vytautas Magnus University Faculty of Water and Land ManagementInstitute of Hydraulic Engineering; Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Associated Professor of Civil Engineering Study Field Study Program Committee.
Author‘s research interests: building materials, technical condition of hydraulic structures.
Telephone and e-mail address: +370 682 10129, vincas.gurskis@vdu.lt, vincas.gurskis@edu.ktk.lt

Author name, surname: Tautvydas Vitkauskas.
Science degree and name: master.
Workplace and position: master student of Vytautas Magnus University Faculty of Water and Land Management.
Author‘s research interests: building materials.
Telephone and e-mail address: +370 677 96280, tautvydas.vitkauskas@gmail.com

VĖŽPIEVIO MAŽŲ TVENKINIŲ KASKADOS MORFOSTRUKTŪROS POKYČIŲ TENDENCIJOS

Petras Milius
Kauno technikos kolegija

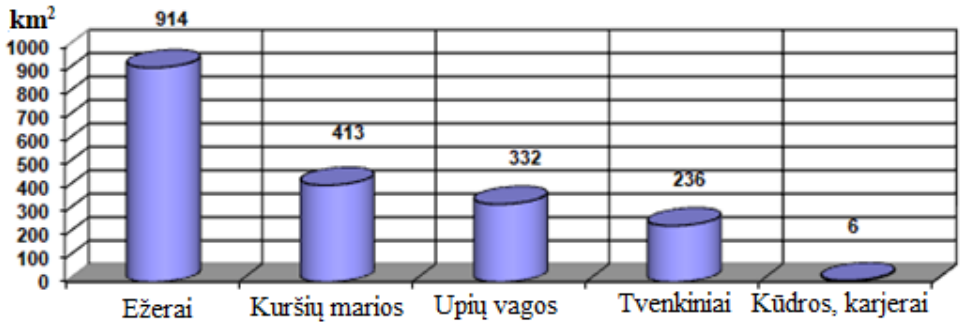
Anotacija

Tvenkiniai sudaro dalinai uždaras ekosistemas, kurių teršimas sukelia ilgalaikius pakitimus. Norint prognozuoti ekosistemos komponentų pokyčius labai svarbūs yra mažų tvenkinių monitoringo duomenys. Ryšių bei procesų tarp atskirų tvenkinio ekosistemų komponentų nustatymas, medžiagų srautų judėjimo ekosistemoje įvertinimas, leidžia apskaičiuoti pastarųjų balansą, įgalina įvertinti vidinius procesus, vykstančius tvenkinyje. O tai suteikia galimybę sukurti išsamią informacijos sistemą. Maži kaskados tvenkiniai bei juose vykstantys procesai mažai detaliai tyrinėti. Tokia informacija suteikia galimybę išryškinti pagrindines tvenkinių raidos tendencijas ir suprasti kaip ir kokie ekosistemos komponentai pakis priklausomai nuo antropogeninio poveikio pobūdžio ir kaip tai atsilieps visai ekosistemos būklei.

Reikšminiai žodžiai: tvenkinys, morfostruktūra, nešmenys, uždumblėjimas, užžėlimas

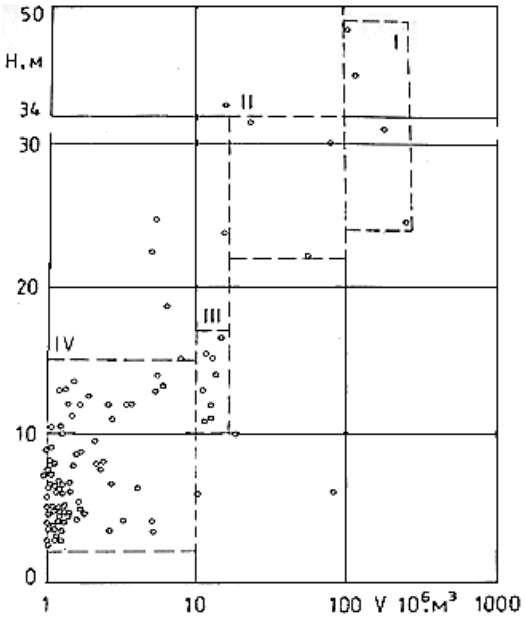
Įvadas

Šalies hidrografinį tinklą sudaro įvairūs vandentakiai, ežerai ir tvenkiniai bei kiti vandens telkiniai (1 pav.).



1 pav. Lietuvos paviršinių vandens telkinių plotai, km²
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Upių, ežerų ir tvenkinių kadastre yra įregistruoti 1034 tvenkiniai, kurių plotas yra didesnis nei 0,5 ha (Lietuvos..., 2008). Didesnių kaip 500 ha – 4, o didesnių kaip 1000 ha – 3 tvenkiniai (2 pav.). Pagal upių, ežerų ir tvenkinių kadastro objektų 2018 m. vasario mėn. registracijos duomenis tvenkiniai užima 23619,395 ha Lietuvos teritorijos ploto.



2 pav. Lietuvos tvenkinių grupavimas pagal jų dydį
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Pirmos ir antros grupių tvenkinių pilnas tūris siekia nuo 25 iki 100 mln m^3 ir daugiau, o patvankos aukštis svyruoja nuo 22 iki 48 m. Tačiau didžiausią dalį iš bendro tvenkinių skaičiaus sudaro maži ir vidutinio dydžio (pagal slėgio aukštį) trečios ir ketvirtos grupės tvenkiniai, kurių bendra tūris daugelio atvejų neviršija 10 mln m^3 (1 lentelė).

1 lentelė

Tvenkinių pasiskirstymas pagal bendrą tūrį priklausomai nuo patvankos aukščio

Grupė	Pilnas tūris, mln m^3	Patvankos aukštis, m	Vandens paviršiaus plotas, km^2	Baseino plotas, km^2	Lyginamasis baseinas	Sąlyginė vandens kaita
I	>100	24-48	9-70	90-200	3,8-718,1	0,06-0,2
II	25-100	22-34	7-40	200-500	9,1-37,6	0,6-1,7
III	10-25	10-17	2-30	40-2000	13,8-364,3	0,4-27,9
IV	1-10	2-15	0,3-5	2-5000	2,3-6597,6	0,2-476,6

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Maži tvenkiniai – tai melioracinės paskirties geotechninės sistemos dalis, kurios pagrindinis tikslas buvo aprūpinti drėkinimo sistemas vandeniui, iš dalies rekreacijai ir žvejybai bei pastaruoju metu panaudojami energetikai (Urbanavičienė ir kt.,2016). Didžioji dalis tvenkinių ir jų hidrotechnikos statinių apleisti arba tinkamai neprižiūrimi. Jų tarnavimo laikas siekia 30 – 40 metų ir daugiau, o dėl medžiagų senėjimo bei kitų priežasčių didėja galimų avarijų tikimybė (Raseinių.., 2019).

Skirtingos geomorfologinių rajonų ir jų upių baseinų fizinės – geografinės sąlygos, dirvožemiai ir jų eroduotumas (Verstraeten, Poesen, 2002), dirvą sudarančių uolienų mechaninė sudėtis, geomorfologiniai ypatumai, kritulių režimas, žemės ūkio naudmenų sudėtis, jų išsidėstymas ir kita žmogaus veikla susijusi su žemių naudojimu sudaro potencialias sąlygas aktyvių erozijos procesų pasireiškimui, kurie apsprendžia kietojo nuotėkio dydį, patenkantį į mažus tvenkinius (Krasa et al. 2005; Foster, 2010). Sedimentacinio balanso skaičiavimais nustatyta, kad alochtoniniai nešmenys sudaro 70 – 90 % suminio nešmenų kiekio, patenkančio į mažus tvenkinius ir yra pagrindiniai sedimentacinio proceso produktai. Dugniniai nešmenys sudaro 4 – 9 %, o autochtoniniai atitinkamai 1,6 – 23,3 % susiskaidant makrofitams ir iki 3,4 % atmirštant fitoplanktonui. Vidutiniai daugiamečiai uždumblėjimo moduliai (santykis tarp vidutinio daugiamečio dugninių nuosėdų kiekio ir tvenkinio baseino ploto) svyruoja nuo 20 iki 384 t/km^2 per metus. Mažų tvenkinių uždumblėjimo intensyvumas siekia iki 2,4 % pirminio pilno tūrio per metus (Milius, Marculanienė, Gaižauskienė, 1983).

Mažų tvenkinių užžėlimas plinta nuo aukštutinės dalies link užtvankos formuojantis vandens augalų bendrijoms su charakteringu juostuotumu, akvatorijos dinaminio aktyvumo sumažėjimu ir paskesniu intensyviu dugno uždumblėjimu. Užžėlimo intensyvumą ir pobūdį, aukštesniųjų vandens augalų rūšinę sudėtį, išsivystymą ir paplitimo mastą nulemia atskirų vandens telkinio dalių nevienodos ekologinės sąlygos ir ūkinės veiklos antropogeniniame landšafte įtaka (Makrofitų..., 2013). Skirtingų Lietuvos geomorfologinių rajonų mažų tvenkinių užžėlimas siekia nuo 38 iki 80 % paviršiaus ploto. Metinė vandens augalų orasausė produkcija sudaro iki178 t per metus.

Tvenkiniai pažeidžia upių ekosistemos natūralų hidrologinį balansą, ypač kompleksas tvenkinių, įrengtų vienos upės baseine (Tumas,2003; Česonienė ir kt. 2017) . Norint gauti visapusišką informaciją apie kaskadinių mažų tvenkinių būklę, įvertinant ilgalaikius pokyčius, būtini tvenkinių komplekso ilgalaikiai tyrimai.

Darbo tikslas.

Išaiškinti ir ištyrinėti Kauno rajono Vėžpievio upelio mažų tvenkinių komplekso morfostruktūros formavimosi gamtines sąlygas bei fizinius – geografinius dėsningumus, vertinti sedimentacijos procesų eigą, nustatyti pagrindines nuosėdų kaupimosi tendencijas priklausomai nuo tarpusavyje susijusių ir vienas kito vystymąsi sąlygojančių užžėlimo bei uždumblėjimo procesų mažuose kaskados tvenkiniuose.

Tyrimų objektas.

Vėžpievio mažų tvenkinių kompleksas pastatytas Kauno rajono Noreikiškių apylinkėje ant Vėžpievio upelio, kuris yra kairysis Nemuno intakas (Kauno..., 2019). Upelio ilgis 4,6 km, o baseino plotas 8,2 km^2 (3 pav.).

3 pav. Vėžpievio upelio mažų tvenkinių komplekso išdėstymo schema
Šaltinis: Lietuvos respublikos upių, ežerų ir tvenkinių kadastras

Vėžpievio upelis mažas, didžiausias pavasario polaidžio metu susidarantis nuotėkio tūris siekia 1500 tūkst.m^3 (vidutinis nuotėkio tūris 975 tūkst.m^3). Maksimalus vandens kiekis, kurį galima išnaudoti įvertinus visų trijų tvenkinių reguliavimo galimybes, yra 270 tūkst.m^3 (2 lentelė).

2 lentelė

Vėžpievio upelio mažų tvenkinių kaskados morfometriniai rodikliai bei pagrindinės hidrologinės charakteristikos (50% tikimybės metai)

Tvenkinio eilės Nr.	Tvenkinio įrengimo metai	Atstumas nuo žiočių km	Tvenkinio plotas km^2	Baseino plotas km^2	Vidutinis gylis m	Bendras tūris 10^3 m^3	Naudingas tūris 10^3 m^3	Pritekėjimas iš aukščiau esančio tvenkinio 10^3 m^3	Pritekėjimas nuo skaičiuojamo baseino 10^3 m^3
1	1973	3,3	0,020	4,6	1,8	36	-	-	-
2	1987	2,7	0,038	5,2	9	200	56	922,0	144,0
3	1973	2,3	0,038	5,5	15	250	130	1015,0	61,0
4	1970	2,0	0,029	6,3	10	235	100	1020,0	164,0

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Pagrindinis Vėžpievio upelio mažų tvenkinių komplekso vandens naudotojas yra UAB Agrodar. Auginamų daržovių uždarame grunte laistymui vanduo imamas iš ketvirtojo tvenkinio, o trečiasis ir antrasis papildo ketvirtojo tvenkinio vandens tūrį. Vidutinis metinis pritekančio vandens tūris į antrą, trečią bei ketvirtą tvenkinius atitinkamai siekia 1066, 1076 ir 1184 tūkst. m^3, o vidutiniai debitai atitinkamai sudaro 0,034, 0,036 ir 0,0410 m^3/s.

Tyrimų metodika.

Dugninių nuosėdų sluoksnio storio matavimai buvo atliekami profiliavimo metodu. Prieužtvankinėse bei centrinėse tvenkinių dalyse buvo sudaromi skersiniai profiliai ir štanginiu zondu su ant galo pritvirtintu metaliniu cilindru (vidinis skersmuo 50 mm) atliekami dumblo sluoksnio storio matavimai tuo pačiu paimant nesuardytos struktūros pavyzdžius nuosėdų tūrio masei nustatyti (Milius, Juodis, Darbutas, 2006). Skendinčių nešmenų sedimentacijos intensyvumo įvertinimui buvo panaudoti cilindriniai 150 mm skersmens ir 500 mm aukščio sedimentaciniai indai, nuleisti ant trečio ir ketvirto tvenkinių dugno. Pagal dugninių nuosėdų sluoksnio storio natūrinius matavimų duomenis, vidutinį daugiametį tvenkinių vandens drumstumą ρ, g/m^3 ir uždumblėjimo modulį S, t/km^2 konkrečiam tvenkinio baseino plotui apskaičiavome atitinkamai pagal formules (Milius, Marculanienė, Gaižauskienė, 1983):

$$\rho = \frac{V_n \gamma 10^6}{t W_i} \quad \text{ir} \qquad (1)$$

$$S = \frac{V_n \gamma}{F_b t}, \qquad (2)$$

čia V_n - nuosėdų tūris, m^3; γ- vidutinė nuosėdų tūrio masė, t/m^3; t- tvenkinio eksploatavimo laikas, metai; W_i - vidutinis metinis pritekančio vandens tūris, m^3; F_b - tvenkinio baseino plotas, km^2.

Rezultatai.

Tiriamų mažų tvenkinių duburyse pagrinde akumuliuojami alochtoniniai nešmenys, kurie sudaro iki 90% suminio nešmenų kiekio. Tai tvenkinių baseinuose vykstančios žemės erozijos produktai, formuojantys kietąjį nuotėkį, kurie kartu su paviršiniu nuotėkiu patenkantį į tvenkinius. Be to, tvenkiniuose susidaro autochtoniniai nešmenys susiskaidant ir pūvant pakrantėse augančių medžių ir krūmų lapams bei vandens augalijos biomasei. Organinių medžiagų kiekis nedidelis ir svyruoja 1,6-14% ribose. Tai pagrindiniai sedimentacinio proceso produktai, formuojantys didesnėje tyrinėjamų mažų tvenkinių dugno ploto dalyje antrinius mineralinius gruntus, sudarytus iš smėlėto bei priemolinio pilko dumblo. Nustatyta, kad vidutinė nešmenų tūrio masė siekia $\gamma = 0,200 - 0,320$ t/m^3. Dugninėms nuosėdoms charakteringas smulkiagrūdėtumas (smulkios 0.25-0,05 mm nuosėdų dalelės sudaro iki 70 %).

Pirmasis kaskados tvenkinys (3 pav.) atlieka sėsdintuvo vaidmenį, stabdančio Vėžpievio upelio tranzitinių nešmenų pratekėjimą į tolimesnius tvenkinius. Skendintys nešmenys netolygiai pasiskirsto tvenkinio ilgio ir gylio atžvilgiu. Esant sekliam ir neilgam patvenktam bjefui (vidutinis gylis 1,8 m, o tvenkinio ilgis tik 0,4 km), nuosėdos daugiausia akumuliuojasi tvenkinio centrinėje ir prieužtvankinėje dalyje, duburio viduryje. Didžiausiasias sluoksnio storis, susikaupęs per 46 eksploatacijos metus, atitinkamai siekia 0,75-1,32 m. Vidutinis nuosėdų sluoksnio storis sudaro 0,74 m, o jo didėjimo intensyvumas siekia 1,6 cm per metus.

Ištekančio į antrą ir tolimesnius Vėžpievio upelio kaskados tvenkinius kietojo nuotėkio dydis tiesiogiai priklauso nuo pirmojo tvenkinio hidrologinio režimo, vandens tėkmės prieužtvankinėje dalyje nešmenų transportavimo pajėgumo ir pralaidos tipo. Kaskados mažuose tvenkiniuose esant įrengtoms šachtinėms bei sifoninei vandens pertekliaus pralaidoms, ištekančių nešmenų kiekį nulemia paviršinio nuskaidrinto vandens sluoksnio drumstumas, o esminis nuotėkis iš aukščiau esančio tvenkinio būna tik pavasario polaidžio metu. Todėl žemiau pirmojo tvenkinio esančių kaskados tvenkinių vandens drumstumą (97-149 g/m^3) ir nuosėdų sluoksnio storį tik iš dalies formuoja tranzitiniai nešmenys.

Pagrindinis grunto dalelių kiekis priteka su paviršiniu nuotėkiu nuo antro ir trečio tvenkinių šoninių baseinų bei nuplaunamų stačių duburio viršvandeninių šlaitų lietaus liūčių metu. Šlaitai įvairiose kaskados tvenkinių krantų ruožuose skiriasi nevienoda konfiguracija ir statumu. Tirtiems mažiems tvenkiniams būdingas pastovus vandens lygio režimas, nenusistovėjęs bangavimas bei nedidelė sąlyginė vandens kaita (4-5 kartai per metus). Tvenkinių krantai dinamiškai pasyvūs, t.y. jiems būdinga nusistovėjusi dinaminė pusiausvyra. Nors jie statūs, tačiau apaugę medžiais ir krūmais todėl nėra veikiami abrazijos.

Kaskados antras ir trečias tvenkiniai gilūs (2 lentelė), o povandeniniai šlaitai statūs. Todėl tvenkiniuose nėra plačiai išsivysčiusi dugninė, skendinčiais bei plūduriuojančiais lapais vandens augalija, pakrantės zonose stebimi higrofitų bei makrofitų augalijos plotai.

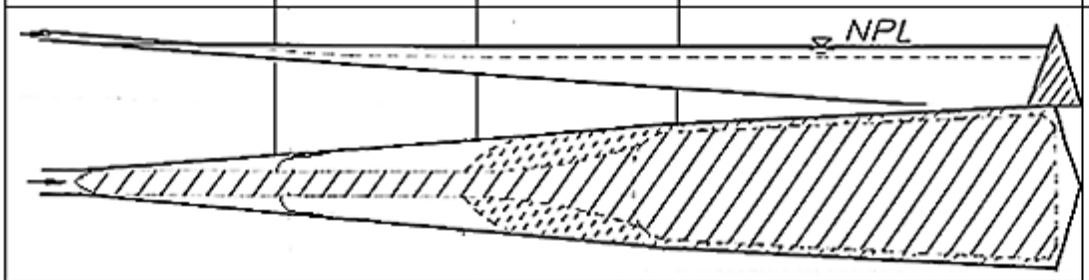
Nešmenų sedimentacijos procesas vyksta diferencijuotai atskirose kaskados tvenkinių akvatorijos dalyse. Nešmenims charakteringas nedidelis rupumo pokyčių diapazonas nuo aukštutinės dalies link užtvankos, nes esant trumpiems patvenktiems bjefams (antrojo, trečiojo ir ketvirtojo tvenkinių ilgiai atitinkamai siekia 0,56, 0,34 ir 0,4 km) neišsiskiria skirtingo hidrodinaminio aktyvumo atskiri hidrografiniai rajonai. Nežiūrint į tai, kad žymiai sumažėja bendras nešmenų kiekis žemyn link užtvankos, įvairios nešmenų frakcijos nusėda daugiau mažiau vienu metu. Dugninės nuosėdos daugiausiai kaupiasi duburio viduryje, kur jų sluoksnio didžiausias storis, susidaręs per 32-46 eksplotacijos metus, siekia 0,97-1,63 m. Vidutinis nuosėdų sluoksnio storis atitinkamai sudaro 0,48-0,92 m, o jo didėjimo intensyvumas siekia 1,5-2,0 cm per metus.

Morfometriniai ir hidrodinaminiai šių mažų tvenkinių savitumai, užtvindomų teritorijų pobūdis sąveikoje su specifiniu Vėžpievio upelio hidrologiniu režimu apsprendžia krantų vystymasi, užžėlimą vandens augalais, uždumblėjimą bei vandens kokybės formavimosi linkmę. Nustatyta, kad stabilios sedimentacijos ir užžėlimo vandens augalais procesas vyksta diferencijuotai atskirose tvenkinių akvatorijos hidrologinių zonų morfologinėse dalyse (3 lentelė): upinėje (kintančios patvankos aukštutinėje), pereinamojoje (vidurinėje) ir ežero (ežero pavidalo prieužtvankinėje). Kiekvienoje iš jų formuojasi stambiagrūdėti smėlėto bei priemolinio pilko dumblo, dumbluoto smėlio ir smėlio antriniai gruntai. Mažų tvenkinių užžėlimas plinta nuo aukštutinės dalies link užtvankos formuojantis vandens augalų bendrijoms su charakteringu juostuotumu, akvatorijos dinaminio aktyvumo sumažėjimu ir paskesniu intensyviu dugno uždumblėjimu. Šie procesai ypač ryškiai pasireiškia pirmajame šio komplekso tvenkinyje.

Pagal tirtų mažų tvenkinių ekosistemos komponentų pokyčius nustatyta, kad akvalinių landšaftų nuoseklų pasikeitimą sąlygoja pradinio (po tvenkinio užliejimo) krantų performavimo, gruntinių kompleksų susidarymo, uždumblėjimo bei paskesnio užžėlimo procesų evoliucinė (stadijinė) raida.

3 lentelė

Tvenkinių akvatorijos hidrografinio rajonavimo, uždumblėjimo ir užžėlimo vandens augalais schema (modelis)

Upinė		Pereinamoji	Ežero	Hidrologinės zonos
Aukštutinė (kintančios patvankos)		Vidurinė (tarpinė)	Prieužtvankinė (ežero pavidalo)	Morfologinės dalys
Vientiso užžėlimo		Mišraus užžėlimo	Fragmentinio užžėlimo	Geobotaniniai rajonai
Švendrų - Gigrofitų	Hidrogigrofitų	Švendrų - lūgnių - plūdžių	Švendrų - plūdžių	Juostuotumo tipas
Viršvandeniai - švendrai, nendrės; panirę po vandeniu - Myriophyllum sp., plūduriuojantys - Nuphae lutea, Lemna rūšys	Viršvandeniai - nendrės, švendrai; plūduriuojantys - Polygonum a.; panirę po vandeniu - Myriophyllum sp.	Viršvandeniai - švendrai; plūduriuojantys - Nuphae lutea; panirę po vandeniu - Myriophyllum sp.	Viršvandeniai - švendrai; panirę po vandeniu - Potamogetn rūšys	Geobotanines juostos
				Hidrodinaminės zonos Pasyvioji Pusiau pasyvioji Aktyvioji
Priemolio ir smėlėto pilko dumblo, dumbluoto smėlio		Dumbluoto smėlio	Smėlio	Dominuojantys antriniai gruntai

Šaltinis:sudaryta autoriaus

Mažų tvenkinių evoliucinio vystymosi procese galima išskirti keturias gamtines stadijas, kurių metu tvenkinių morfometriniai ypatumai nulemia vidinių procesų vystymosi kryptį ir greitį (4 lentelė).

Tvenkinio 10-15 metų trukmės kūrimosi stadijoje vyrauja duburio užnešimo procesas dėl intensyvaus abrazinio krantų performavimo. Vyksta laipsniškas krantų linijos ištiesinimas ir nešmenų nusėsdinimas įlankose, formuojasi ir vystosi atabradas. Užžėlimo stadijoje pastebimos augalijos pradinis formavimosi procesas, t.y. erdvinis vandens augalijos įsikūrimas. Tvenkinio viršutinėje bei pakrančių seklumų zonose pasirodo ir vystosi įvairiarūšės vandens augalijos juostos, sudarančios du geobotaninius rajonus: ištisinio (difuzinio) bei fragmentinio užžėlimo.

4 lentelė

Tvenkinių vystymosi stadijos

Gamtinė tvenkinių evoliucijos stadija (metai)	Tvenkinio vidinių ir pakrantės procesų vystymosi etapai			
	Krantų ir duburio formavimas	Duburio uždumblėjimas	Vandens augalijos formavimas	Hidrobiologinio proceso vystymasis
Kūrimosi (10-15)	Kūrimasis	Užnešimas	Pradinis formavimas (teritorinis pasiskirstymas)	Reorganizavimas ir stabilaus hidrobiologinio režimo kūrimasis
Vandens telkinio galutinio formavimo (15-25)	Stabilizacija	Uždumblėjimas	Stabili būklė	Santykinė hidrobiologinio proceso stabilizacija
Ežero pavidalo (25-50)				
Tvenkinio nykimo arba pelkinio masyvo (>50)	Nykimas		Laipsniškas nykimas	Distrofikacija (distrofinis vandens telkinys)

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Antras ir trečias kaskados tvenkiniai pagal dabartinę būklę yra galutinio, t.y. ežero pavidalo formavimosi stadijoje. Duburio performavimo procesai pamažu užgęsta ir krantai stabilizuojasi. Vandens augalijos vystymesi išsiskiria pastovios būklės stadija. Intensyviai vystosi duburio uždumblėjimo procesas – dumblingų nuosėdų, upių nuotėkiu transportuojamų nešmenų bei organinių nuosėdų kaupimasis pradinėje, o taip pat ir likusiose tvenkinio duburio dalyse (4 lentelė)..

Tolimesniame virš 50 metų tvenkinių vystymosi procese galimas pirmojo tvenkinio laipsniškas nykimas. Tai tvenkinio virtimas pelkiniu masyvu su ryškiai išreikšta upės vaga dėka nuosekliai pasireiškiančių visų vidinių procesų, t.y. tolimesnio nešmenų kaupimosi prieužtvankinėje dalyje ir nuoseklaus užžėlimo pelkine augalija. Šioje stadijoje žymiai padidėja upės kietojo nuotėkio vaidmuo, o akumuliaciniai procesai sustiprinami užžėlimo procesų dėka.

Tokiu būdu, mažų tvenkinių, kaip akvalinių landšaftų vystymosi pasekoje, vyksta gamtinių ir antropogeninių landšaftų pasikeitimas pagal schemą: upė – tvenkinys – ežero pavidalo vandens telkinys – pelkinis masyvas su išsivysčiusia upės vaga.

Išvados

1. Alochtoniniai nešmenys sudaro iki 90% suminio nešmenų kiekio, patenkančio į mažus Vėžpievio upelio tvenkinius. Uždumblėjimo intensyvumas sudaro 0,2-0,8% pirminio pilno tūrio per metus, o vidutiniai metiniai uždumblėjimo moduliai siekia 4,9-30,6 t/km^2 per metus.
2. Stabilios sedimentacijos procesas vyksta diferencijuotai atskirose mažų tvenkinių akvatorijos dalyse. Susidaro smėlėto bei priemolinio pilko dumblo antriniai gruntai, kurių vidutinis sluoksnio storis siekia 0,48-0,92 m, o jo didėjimo intensyvumas sudaro 15-2,0 cm per metus.
3. Vėžpievio mažų tvenkinių kaskados morfostruktūros pokyčius sąlygoja pradinio krantų performavimo, gruntinių kompleksų susidarymo, uždumblėjimo bei paskesnio užžėlimo procesų stadijinė raida. Galima išskirti keturias gamtines stadijas, kurių metu tvenkinių morfometriniai ypatumai sąlygoja vidinių procesų vystymosi kryptį ir greitį: kūrimosi (10-15 metų), galutinio formavimosi (15-25 metų), ežero pavidalo (25-50 metų) ir tvenkinio nykimo (virš 50 metų).

Literatūra

1. Česonienė, L.; Pliuraitė, V.; Dumbrauskas, A. ir kt. Rizikos vandens telkinių būklės tyrimų, taršos šaltinių ir kitų priežasčių, lemiančių rizikos vandens telkinio būklę, identifikavimas, būklės gerinimo priemonių parinkimas II DALIS EŽERAI IR TVENKINIAI ATASKAITA 2017 Akademija 518 p.
2. Verstraeten,G.; Poesen,J. Using sediment deposits in small ponds to quantify sediment yield from small catchments: possibilities and limitations. Earth Surface Processes and Landforms, 10.1002/esp.439 (2002). Wiley Online Library.
3. Foster, Ian D.L. Lakes and Reservoirs in the Sediment Cascade, Sediment Cascades, (345-376), (2010). Wiley Online Library.
4. Krasa,J; Dostal, T; Van Rompaey, A.; Vaska,J. and Vrana, K. Reservoirs' siltation measurements and sediment transport assessment in the Czech Republic, the Vrchlice catchment study, CATENA, 10.1016/j.catena.2005.08.015, 64, 2-3, (348-362), (2005).
5. Kauno rajono tvenkiniai (2019): [interaktyvus]. Prieiga per internetą: https://lt.wikipedia.org/wiki/.
6. Lietuvos respublikos upių, ežerų ir tvenkinių kadastras. Vilnius, 2008.
7. Makrofitų tyrimų ežeruose ir tvenkiniuose metodika. Vilnius, 2013.
8. Milius, P.; Marculanienė, J; Gaižauskienė, J. Mažų Vidurio Lietuvos žemumos tvenkinių kompleksiniai tyrimai. Vandens telkinių apsauga ir racionalus jų panaudojimas. Vilnius, 1983. P.42-67.
9. Milius, P.; Juodis, J., Darbutas, A. Graužės upelio tvenkinių vystymosi tendencijos. Vandens inžinerija: Šiuolaikiniai tyrimų metodai ir technologijos, 2006.
10. Raseinių rajono apleistų hidromazgų gelžbetoninių konstrukcijų pagrindiniai defektai ir pažaidos. Šadzevičius, R.; Ramukevičius, D.; Blankienė, O. Inžinerinės ir edukacinės technologijos. 2019 (2), p. 29-34.
11. Tumas, R. Vandens ekologija. Kaunas: Naujasis lankas, 2003. 352 p.
12. Urbanavičienė, D; Nedzveckas, G.; Ivanauskaitė, D.; Gailiušis B. ir kt. Hidroelektrinių daromos žalos vandens ir susijusioms ekosistemoms vertinimo ir neigiamo poveikio mažinimo bei kompensavimo priemonių nustatymo metodikų parengimas. Lietuvos energetikos institutas. Galutinė ataskaita. 2016, 38 p.

CHANGES IN THE MORPHOSTRUCTURE OF THE SMALL POND CASCADE OF VĖŽPIEVIS

Summary

Ponds form partially closed ecosystems whose pollution causes long-term changes. In order to predict changes of the ecosystem components, small ponds monitoring data is essential. Identification of connections and processes between the individual components of pond ecosystems and evaluation of the movement of material flows in the ecosystem, allows to calculate the balance of the latter and enables to assess internal processes taking place inside the

pond. This provides an opportunity to create a comprehensive information system. Small cascade ponds and the processes happening in them have been studied in little detail. Such information gives an opportunity to highlight the main tendency in the development of ponds and understand how and which components of the ecosystem will change depending on the nature of the anthropogenic impact and how this will affect the overall state of the ecosystem.

Key words: pond, morphostructure, sediments, siltation, overgrowth

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Petras Milius.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.
Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, Inžinerijos mokslų fakultetas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: tvenkinių monitoringas, hidrotechnikos statinių deformacijos ir pažaidos.
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61149432, petras.milius@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Petras Milius.
Science degree and name: Doctor, Associated Professor.
Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Associated Professor.
Author's research interests: Pond Monitoring, Deformations and Damages of Hydraulic Structures.
Telephone and e-mail address: +370 61571161, petras.milius@edu.ktk.lt

ŠILUTĖS RAJONO POLDERIŲ PYLIMŲ IR SIURBLINIŲ TECHNINĖS BŪKLĖS ĮVERTINIMAS

Petras Milius
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Apie 30 % Šilutės rajono žemės ūkio naudmenų ploto yra Nemuno žemaslėnyje. Iki 1980 m. jų apsaugai nuo potvynių buvo įrengti 25 polderiai nuosavybės teise priklausantys valstybei:12 žiemos tipo polderių (iš jų vanduo šalinamas ištisus metus) ir 13 vasaros tipo polderių (iš jų vanduo šalinamas augalų vegetacijos metu, per pavasario ar rudens potvynius). Vėliau buvo atliekami tik esamų polderinių sistemų tobulinimo darbai. Dėl nepakankamos priežiūros naudojant ir prižiūrint polderius neįgyvendinami statinių techninės priežiūros reikalavimai, atsiranda įvairūs eksploatavimo normų pažeidimai. Tokiu būdu susiduriama su tam tikromis polderių hidrotechnikos statinių pažaidų ir deformacijų remonto ar rekonstravimo problemomis. Norint įvertinti aplinkos veiksnių įtaką polderių techninei būklei, saugai, patikimumui ir ilgaamžiškumui, reikia praktiškų, išsamių ir moksliškai pagrįstų polderių hidrotechnikos statinių techninės būklės įvertinimo tyrimų. Straipsnyje analizuojami Šilutės rajono dviejų vasaros ir trijų žiemos tipo polderių hidrotechnikos statinių techninės būklės įvertinimo tyrimų rezultatai. Dėl pastebėtų reikšmingų defektų ir pažaidų polderių techninė būklė kinta nuo patenkinamos iki labai blogos būklės.

Reikšminiai žodžiai: žiemos polderis, vasaros polderis, pylimas, siurblinė, defektai, pažaidos

Įvadas

Pirmieji polderiai įrengti Olandijoje, kai buvo pradėti dirbti žemi, Šiaurės jūros potvynių metu periodiškai užliejami pajūrio žemės plotai. Polderis – nuo nuolatinio ar periodinio užliejimo apsaugota pylimais, nusausinta ir sukultūrinta teritorija. Vandens perteklius iš tokios teritorijos ištekėti savitaka praktiškai negali, todėl jį reikia pašalinti mechaniniu būdu, t. y. siurblinių pagalba. Potvynių kontrolė – labai svarbus klausimas Olandijai. Maždaug du trečdaliai jos teritorijos yra pažeidžiama potvynių. Eilę metų vykdomas tinkamas polderių panaudojimas padėjo padidinti Olandijos sausumos teritoriją vykdant vandens lygių kontrolę (Polder..., 2012).

Lietuvoje polderiai pradėti įrenginėti pirmaisiais praėjusio šimtmečio metais Minijos ir Nemuno upių žemaslėnyje. Kaliningrado srityje (Rusijos teritorija) pradėjus reguliuoti Gilijos upę ir pastačius aukštus pylimus dešiniajame Nemuno krante pablogėjo potvynio praleidimo sąlygos Lietuvos teritorijoje t.y. padidėjus vandens kiekiams pavasarinių potvynių metu buvo užliejama apie 30 tūkst. ha (Dainiuvienė, 2001). Susirūpinta dėl potvynių daromos žalos užliejamoms teritorijoms, todėl pradėta statyti polderines sistemas Nemuno žemupyje. Polderių įrengimas paspartėjo po didelio 1925 m. pavasario potvynio, kai buvo užlietas Šilutės miestas. Nemuno deltos regione buvo įrengti 8 polderiai ir pastatytos 8 siurblinės. Nuo 6 dešimtmečio pabaigos polderių ir siurblinių buvo rengiama vis daugiau (Rainys, 1973). Tai susiję su 1959 m. pradėta kurti mechanizuota žolės miltų gamybos baze Nemuno žemaslėnio užliejamose pievose (Petronis, 2018). Per 12 metų buvo įrengta 20 polderių, rekonstruotos ir pastatytos 25 siurblinės. Žolės miltus gamino 12 specializuotų ūkių, šienaujama apie 10 000 ha sukultūrintų pievų net 3–4 kartus per sezoną, pastatyta 17 žolės miltų gamybos įmonių. Per metus buvo pagaminama 30 000–40 000 tonų žolės miltų, skirtų kombinuotų pašarų gamybai (Dainiuvienė, 2001). 1990 m. Lietuvai atkūrus nepriklausomybę žemės ūkio reformos laikotarpiu pakito polderių naudojimas. Nuo 1991 m. pasikeitė polderių vandens lygio reguliavimo poreikiai (Mališauskas, 1999), pievose imta ruošti tik šieną, nustota tręšti mineralinėmis trąšomis, žolyną pradėta šienauti kartą per vasarą (Dainuvienė, 2001).

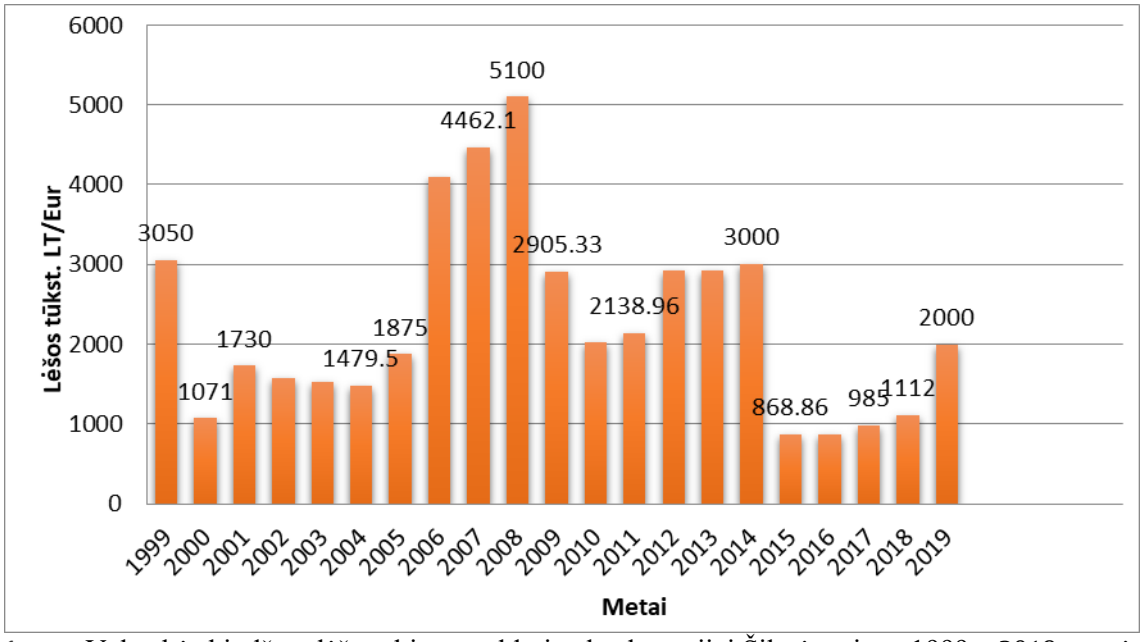
Polderiai pagal jų apsaugojimo nuo užliejimų garantiją skirstomi į du tipus: žiemos, arba neužliejamus visus metus, ir vasaros – neužliejamus tik vegetacijos periodo potvynių (Ascila ir kt.,2002; Dumbrauskas, 2010). Apsaugai nuo potvynių įrengta 12 žiemos polderių, kurie apima virš 5 tūkst. ha plotą ir saugo Šilutės miestą ir 36 kaimus nuo apsėmimo ištisus metus. Vanduo iš jų išpumpuojamas tiktai siurblinėmis. Žemės ūkio veikloms naudojamų teritorijų (pievų, ganyklų ir kt.) apsaugai nuo vasaros liūčių augalų vegetacijos metu įrengta apie 20 tūkst. ha plotą apimančių 13 vasaros polderių, kurie užliejami ir vanduo iš jų išpumpuojamas tik pavasario ir rudens potvynių metu (Pagrindiniai..., 2019). Įrengiant polderines sistemas nebuvo atsižvelgta į gamtosauginius reikalavimus, kadangi polderių įrengimas buvo grindžiamas ūkiniais ir ekonominiais motyvais (Ribokas, 2013). Bendrą 25 tūkst. ha polderių plotą apjuosia 255 km pylimų, iš jų 42 km – iš durpių. Šilutės rajono savivaldybės administracijos 2017 metų duomenimis *rajone yra 38 siurblinės, iš jų vasaros polderiuose – 22, o žiemos – 16* (Pagrindiniai ..., 2019).

Apgyvendintų teritorijų apsauga nuo potvynių yra prioritetinė, kad būtų tinkama ir patikima garantija ištisus metus. Todėl žiemos tipo polderiams turi būti skiriamas didesnis dėmesys, užtikrinant kuo geresnę pylimų ir siurblinių priežiūrą, remontą ir eksploataciją, o tai susiję su didesniu piniginių lėšų skirimu palyginus su vasaros tipo polderiams skiriamų lėšų dydžiu. Tačiau per pastarąjį dešimtmetį iš valstybės

biudžeto gaunamos dotacijos polderių hidrotechnikos statinių remontui ir priežiūrai buvo nepakankamos, kad būtų galima užtikrinti tinkamą polderių eksploatavimą ir atlikti hidrotechnikos statinių remonto ar renovavimo darbus (Dėl valstybei ...,2013).

Vasaros tipo polderiai statyti tik ūkininkavimo sąlygoms pagerinti įrengiant kultūrines pievas ir ganyklas (Katutis, 2005; Katutis ir kt., 2011). Didžioji jų teritorijos dalis buvo naudojama joje augančios žolės miltų, kaip pašaro gyvuliams, gamybai. Sunykus ūkinėms bendrovėms, polderių teritorijos buvo nebenaudojamos jokioms žemės ūkio veikloms. Polderių hidrotechnikos statiniai buvo apleisti dėl lėšų trūkumo eksploatacinėms išlaidoms, taip pat dėl teritorijos panaudojimo ūkinėms veikloms intensyvumo trūkumo. Šiuo metu gerėjant ūkininkavimo sąlygoms Lietuvoje, intensyviau išnaudojamos polderių pievos galvijų ganymui, gyvulių pašaro ruošimui ir biokuro gamybai (Kryževičienė; Žaltauskas, 2005; Skuodienė ir kt., 2011).

Polderiams eksploatuoti, remontuoti, rekonstruoti reikalingos didelės investicijos. Tik per pastaruosius ketverius metus polderių sistemų eksploatacijai ir rekonstravimui iš Valstybės investicijų programos skirtos lėšos padidėjo nuo 985 iki 2000 tūkst. Eur (1 pav.).



1 pav. Valstybės biudžeto lėšos skirtos polderių eksploatacijai Šilutės rajone 1999 – 2019 metais
Šaltinis: pagal https://www.silute.lt/veiklos-sritys/zemes-ukis duomenis sudaryta autoriaus

Siekiant efektyviau išnaudoti polderių teritoriją ūkinėms veikloms yra aktualu atlikti polderių techninės būklės vertinimą ir nustačius jų būklę imtis visų reikiamų priemonių jų patikimumui ir funkcionalumui pagerinti.

Tyrimo tikslas

Įvertinti polderių hidrotechnikos statinių patikimumą lemiančių elementų techninę būklę, nustatyti pažaidas ir išmatuoti deformacijas. Rekomenduoti priemones polderių patikimumo elementų defektams pašalinti.

Tyrimų objektas – Šilutės rajono teritorijoje esantys Alkos ir Smalkų vasaros polderiai bei Traksėdžių, Kintų ir Rugulių žiemos polderiai (Pagrindiniai ...,2019) (2 pav.).

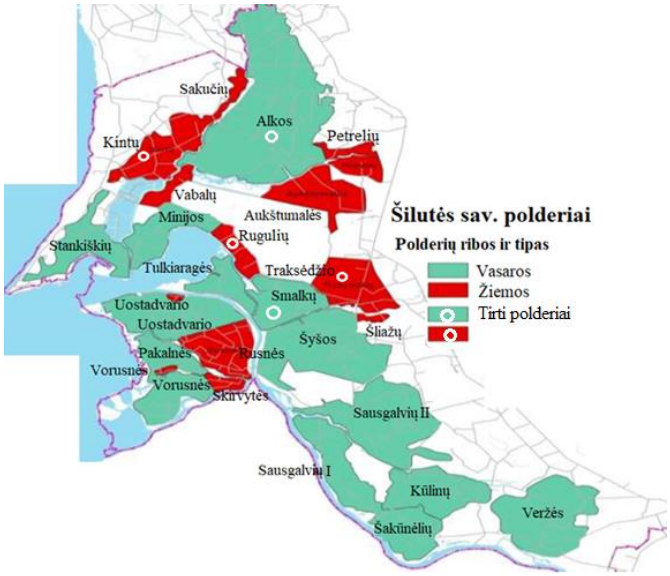
Alkos vasaros tipo polderis įrengtas 1964 m., jo plotas 4575 ha. Polderyje pastatytos keturios siurblinės: Alkos, Klumbių, Sakučių ir Grumblių bei trys šliuzai reguliatoriai. Kiekvienoje siurblinėje sumontuota po du ašinius siurblius. Alkos polderyje supilta 38,6 km pylimų iš jų 8,6 km durpiniai.

Traksėdžių žiemos tipo polderis buvo pastatytas Šilutės miesto apsaugai nuo užliejimo. Polderio pylimai užtikrina apsaugą nuo retesnių nei šimtmetinių potvynių. Traksėdžių žiemos tipo polderis įrengtas 1926 m., jo plotas 946 ha, o aptarnaujamas plotas siekia 1960 ha. Polderyje įrengtos trys siurblinės: Trakėdžių, su dviem ašiniais siurbliais, Traksėdžių II ir Traksėdžių III siurblinės, turinčios po du panardinamus KRS2-89 markės siurblius. Traksėdžių polderyje įrengta 6,7 km mineralinio grunto pylimų.

Kintų žiemos tipo polderis buvo pastatytas Kintų miestelio apsaugai nuo užliejimo. Šis žiemos tipo polderis įrengtas 1968 m., jo plotas 1204 ha. Polderyje pastatyta viena Kintų siurblinė su dviem ašiniais 06-55 markės siurbliais ir trys šliuzai reguliatoriai. Kintų žiemos polderyje supilta 11,1 km mineralinio grunto pylimų

Smalkų vasaros tipo polderis įrengtas 1949 m. Jo plotas siekia 876.9 ha. Polderyje pastatytos dvi siurblinės ir vienas šliuzas reguliatorius: Smalkų, su trim 05-47 markės ašiniais siurbliais ir Smalkų sraigtinė siurblinė su trim sraigtiniais YBA-1550-8030PS markės siurbliais. Smalkų vasaros polderyje supilta 10,8 km pylimų, iš jų 1,7 km sudaro durpiniai pylimai.

Rugulių žiemos tipo polderis įrengtas 1974 m., jo plotas 355 ha. Polderyje pastatyta viena Rugulių siurblinė su trim 05-47 markės ašiniais siurbliais ir vienas šliuzas reguliatorius. Rugulių žiemos polderyje supilta 8 km pylimų, iš jų 0,7 km durpinių.



2 pav. Funkcionuojanti Šilutės rajono polderinė sistema bei tyrimams pasirinkti polderiai
Šaltinis: https://www.silute.lt/veiklos-sritys/zemes-ukis

Tyrimų metodika

Polderių hidrotechnikos statinių techninės būklės įvertinimui buvo taikomi vizualinių apžiūrų ir natūrinių tyrimų metodai. Atliekamų tyrimų metu nustatytos polderių hidrotechnikos statinių konstrukcijose atsiradusios pažaidos ir deformacijos (plyšiai betono paviršiuje, nudėvėtas armatūros apsauginis betono sluoksnis ir armatūros korozija, plyšiai pasislinkusiose gelžbetonio plokštėse, atraminių sienučių poslinkis, problemiškos polderių pylimų vietos ir pan.) buvo fotografuojamos ir išmatuotos naudojant liniuotę, matavimo juostą, nivelyrą bei gulsčiuką. Matavimai buvo atliekami nuodugniai, kad gauti tikslų bei realią esamą padėtį patvirtinantį rezultatą.

Atliekant statinių techninės būklės vertinimą, buvo vadovautasi polderių patikimumą sąlygojančiais elementais, kurie užtikrina teritorijų apsaugą potvynių ir poplūdžių metu. Polderių hidrotechnikos statinių būklė vertinta pagal:

- pylimų elementų techninės būklės įvertinimo kriterijus**:** ketera, išorinis pylimo šlaitas, vidinis pylimo šlaitas, vidinio šlaito papėdės apsauginė juosta, perteklinio vandens įtekėjimo ir ištekėjimo šliuzai reguliatoriai vasaros pylimuose;
- polderio siurblinės elementų techninės būklės įvertinimo kriterijus**:** vandens ėmykla, siurblių įrengimo statinys su siurbliais, vandens išleistuvas (Melioracijos ...,2014).

Polderių elementų techninė būklė buvo įvertinta pagal melioracijos techninį reglamentą MTR 1.10.03: 2014 naudojant defektyvumo balus (Bu) dešimties balų skalėje: 0 balų – ideali būklė, 10 balų – kritinė būklė. Jei kuris nors iš polderio hidrotechnikos statinių pagrindinių elementų įvertinamas nuo 8,1 iki 10 defektyvumo balų, viso polderio būklė įvertinama tuo pačiu balu. Tais atvejais kai labai blogos būklės elementų nėra, bendras statinio būklės balas nustatomas apskaičiuojant atskirų polderio elementų defektyvumo balų vidurkį. Pažaidos ir jų dydžiai vertinti pagal kriterijus, nurodytus MTR 1.10.03: 2014 (1 priedas).

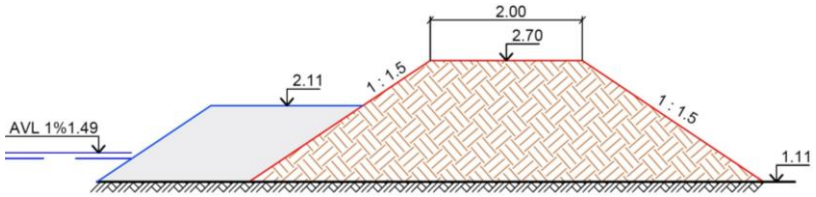
Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Šilutės rajono polderinė sistema pradėta rengti 1961 metais (Dainiuvienė, 2001), o tai reiškia, kad pylimų amžius ir kai kurių siurblinių veikimo trukmė yra 59 ir daugiau metų. Didesni ar mažesni šios sistemos atnaujinimo, kokybės gerinimo darbai visą laikotarpį iki pastarojo dešimtmečio nebuvo tinkamai atliekami, todėl dėl medžiagų senėjimo ir kitų priežasčių daugėja gedimų ir didėja avarijų tikimybė.

Vertinant tiriamuose polderiuose hidrotechnikos statinių techninės priežiūros reikalavimų įgyvendinimą (Statybos..., 2016), buvo nustatyti įvairūs eksploatavimo normų pažeidimai. Visų tipų polderių pylimai apaugę krūmais ir medžiais, žolė nešienaujama. Didelė žala vasaros polderiams padaryta bebrų, nes nesant pakankamai lėšų pylimų priežiūrai ir nereguliuojant biotopinio bebrų populiacijos pasiskirstymo polderiuose, padaugėjo jų kolonijų. Šilutės rajone net 42 km pylimų supilta iš durpių, o dauguma jų vasaros polderiuose. Šie pylimai nėra tokie atsparūs kaip mineraliniai, todėl bebrai savo urvais juos tiesiog perskrodžia (Girčius, 2014). Apžiūrint vasaros polderių pylimus 100 m ruožuose rasta nuo 5 iki 10 urvų ir gilių įgriuvų, kurie per potvynius tampa vandens išgraužomis ir pirminio ardymo židiniais (3 pav.). Nereti atvejai kai durpinius pylimus padega, o išdegę protarpiai potvynio metu pralaužiami.

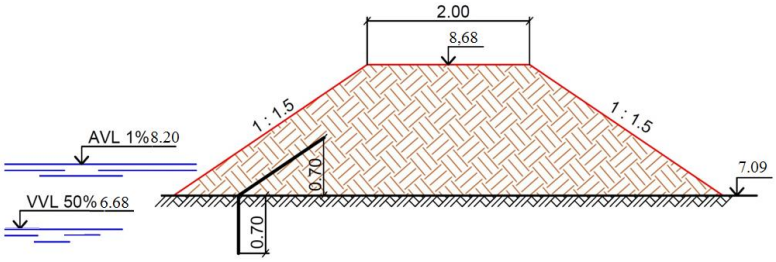
3 pav. Graužikų neigiamas poveikis Alkos ir Smalkų polderių pylimams

Renovuojant durpinius pylimus kapitalinio remonto ar rekonstravimo metu, kad apsaugoti šlaitus nuo bebrų neigiamo poveikio, būtina iš vandens telkinio pusės supilti apsaugines bermas iš mineralinio grunto (4 pav.).



4 pav. Mineralinio grunto bermos pylimų išorinių šlaitų apsaugai nuo bebrų ir kitų graužikų
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Jei supilti apsauginės bermos nėra galimybės (pylimo šlaitas arti vandens telkinio), tokiu atveju tikslinga panaudoti vielinius tinklus įkasant juos pylimo šlaite giliau nei vasaros vandens lygis vandens telkinyje (5 pav.).



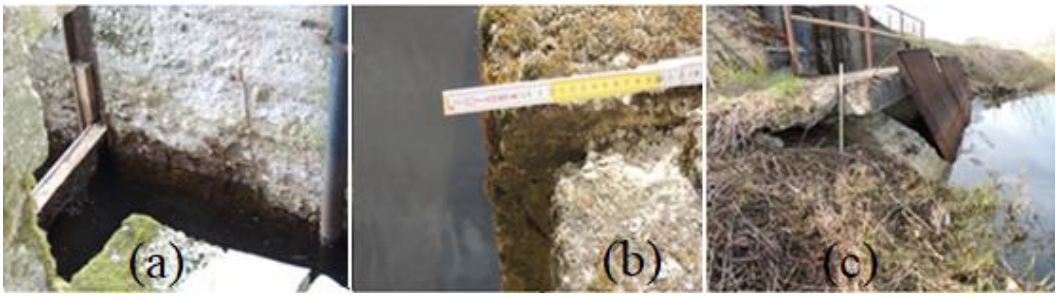
5 pav. Vielos tinklų įlaidai polderių išorinių pylimų šlaitų apsaugai nuo graužikų
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Visų tipų polderių siurblinių reguliuojančiųjų rezervuarų ir nuleidžiamųjų griovių šlaitų tvirtinimo gelžbetoninės plokštės paplautos ir pasislinkusios. Tarp jų susidarę 2 – 7, o vietomis net 11 cm pločio plyšiai, kuriuose vešliai sužėlusi žolinė augalija, auga pavieniai krūmai, netgi medžiai. Kai kurios plokštės suskilusios arba suirusios.

Smalkų ir Alkos vasaros polderių siurblinių gelžbetoninių elementų (ramtų, taurų, atraminių sienelių) armatūros apsauginis betono sluoksnis nutrupėjęs, matyti rūdijanti armatūra (6 pav.). Atraminės sienutės pasislinkusios 5 – 7 cm į reguliuojamojo rezervuaro pusę (Girčius, 2014). Dalis nešmenų sulaikymo grotų

priežiūros tiltelio gelžbetoninių plokščių paplautos ir sulūžusios, kraštai apirę, apsauginės grotos deformuotos ir išgriuvusios (6 pav.).

Mažiau gadinami žiemos polderių pylimai lėkštesniais šlaitais, kurių viršuje įrengti keliai. Bebrų ir kitų graužikų esminės žalos padarinių nenustatyta, rasti tik 1-3 urvai ar jų įgriuvos 100 m bare. Tačiau pylimų šlaitai apaugę medžiais ir krūmais, o žolė nešienaujama, todėl jų būklė vertinama kaip patenkinama arba bloga.



6 pav. Alkos polderio Klumbių siurblinės tauro (a) ir atraminės sienutės (b) pažaidos bei deformacijos; Alkos siurblinės gelžbetoninių elementų ir apsauginių grotų deformacijos (c).

Kintų ir Rugulių polderių vandens siurblinių atraminių sienučių, ramtų ir taurų betoniniuose paviršiuose matosi 0,7 – 2,5 cm plyšiai, armatūros apsauginis betono sluoksnis nutrupėjęs, matyti rūdijanti armatūra. Traksėdžių siurblinės betoninių ir gelžbetoninių elementų paviršiai paveikti karbonizacijos proceso, išplitusi betono biologinė korozija. Armatūros apsauginis betono sluoksnis nepažeistas, atviros armatūros nesimato. Tačiau pačios siurblinės pastatas prastos būklės, matosi plyšiai laikančiosiose konstrukcijose (7 pav.). Plyšių plotis atitvarose vietomis siekia 1 – 4 cm, kurie galimai atsirado dėl pastato pamatų deformacijos bei siurblių sukeliamos vibracijos.

7 pav. Plyšiai Traksėdžių siurblinės pastato sienose

Apibendrinant gautus polderių pylimų, vandens siurblinių ir jų nuleidžiamųjų griovių bei reguliuojančiųjų rezervuarų techninės būklės vertinimo rezultatus, galima teigti, jog tirti polderiai buvo menkai prižiūrimi, todėl jų būklė yra bloga arba patenkinama (lentelė 1).

Lentelė 1

Polderių techninės būklės įvertinimo rezultatai (balais)

Polderių patikimumą sąlygojantys elementai	Polderiai				
	Alkos	Smalkų	Traksėdžio	Kintų	Rugulių
pylimų elementų techninė būklė:					
pylimo ketera	7,2	7,4	4,5	6,1	6,2
pylimo šlaitas	8,7	7,5	4,2	6,5	6,1
pylimo papėdė ir drenažas	6,5	6,2	6,1	6,1	6,1
Bendra techninė pylimų būklė	**8,7**	**7,5**	**4,2**	**6,5**	**6,1**
Sausinimo siurblinių ir šliuzų reguliatorių techninė būklė	6,8	6,4	6,2	7,0	6,6
Nuleidžiamųjų griovių ir reguliuojančių rezervuarų techninė būklė	7,9	8	6,1	6,1	7,7
Bendra polderių hidrotechnikos statinių techninė būklė	**8,7**	**7,3**	**5,5**	**6,5**	**6,8**

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Labai blogos (kritinės) būklės yra Alkos vasaros tipo polderis, kuris įvertintas 8,7 balo (1 lentelė). Stebimos žymios polderio pylimų ir kitų statinių deformacijos. Įgyvendinant Lietuvos kaimo plėtros 2014-2020 metų programos „Parama žemės ūkio vandentvarkai“ priemones (Lietuvos..., 2015) numatyta rekonstruoti 4 km pylimų bei atlikti hidrotechnikos statinių kapitalinio remonto darbus.

Smalkų vasaros polderio bendra hidrotechnikos statinių techninė būklė bloga (7,3 balo). Nustatytos pažaidos ir deformacijos žymiai sumažinančios polderio elementų patikimumą. Todėl polderyje atliktas kapitalinis remontas, įvykdyti 3,5 km pylimų projektinio aukščio atstatymo ir praplatinimo darbai. Siurblinėse kapitalinio remonto darbai apėmė skydų automatizacijos įrengimą, pastato apšiltinimą ir elektros instaliacijos pakeitimą.

Kintų ir Rugulių žiemos polderių hidrotechnikos statinių techninė būklė bloga (įvertinta atitinkamai 6,5 ir 6,8 balo). Polderiuose atliktas paprastasis, o labiausiai deformuotų elementų ir kapitalinis remontas. Rugulių polderyje įvykdyti 2,403 km pylimo kapitalinio remonto darbai, atliktas polderio siurblinės rekonstravimas su elektrotechnine dalimi. Kintų polderyje daugiau atlikti melioracijos sistemų (griovių, rinktuvų ir sausintuvų) rekonstravimo darbai.

Traksėdžių polderio hidrotechnikos statinių bendra techninė būklė patenkinama (vidutiniškai įvertinta 5,5 balo). Nustatytos ir išmatuotos deformacijos bei pažaidos turi nežymią įtaka polderio statinių patikimumui, todėl gali būti atliekamas paprastasis remontas. Pagal 2014-2020 metų Europos Sąjungos fondų investicijų veiksmų programos 5 prioriteto „Aplinkosauga, gamtos išteklių darnus naudojimas ir prisitaikymas prie klimato kaitos“ priemonę „Potvynių rizikos valdymas“ šiuo metu įgyvendinamas Traksėdžių žiemos polderio rekonstravimo projektas (Šilutės..., 2019). Bus rekonstruota 6,9 km pylimų, polderio siurblinių pastatai su vidaus įranga, o taip pat baigti įtekėjimo ir ištekėjimo dalių kapitalinio remonto darbai.

Išvados

1. Dėl lėšų trūkumo ir nepakankamos priežiūros tirtų polderių būklė yra patenkinama arba bloga. Pylimai apaugę krūmais, piktžolėmis. Ypač prasta būklė yra pylimų, kurie supilti iš durpinio grunto, kuriuose gyvena įvairūs graužikai – bebrai, ondatros ir kiti. Tokia padėtis yra Sausgalvių ir Alkos polderiuose, kur 100 m pylimo randama iki 10 bebrų urvų. Techninė pylimų būklė vertinama 4,2 – 7,5 balo.
2. Siurblinių hidrotechnikos statinių būklė bloga, juose daug įvairaus pobūdžio pažaidų ir deformacijų. Betoniniuose statinio elementų paviršiuose matomi įtrūkimai, susidarę iki 2,5 cm dydžio plyšiai, gelžbetoninių elementų armatūros apsauginis betono sluoksnis nutrupėjęs, matosi rūdijanti armatūra, stebimi iki 7 cm atraminių sienučių poslinkiai. Siurblinėse esanti įranga (elektrotechnine dalis, varikliai, siurbliai) yra pasenusi, kuri neužtikrina efektyvaus perteklinio vandens pašalinimo iš polderių. Techninė pylimų būklė vertinama 6,2 – 7,0 balo.
3. Polderių priežiūrai, remontui ir rekonstravimui skiriamos negausios valstybės lėšos, todėl jas privaloma naudoti būtiniausiems priežiūros ir naudojimo darbams atlikti: laiku pumpuoti vandenį po pavasario potvynio, skubiai taisyti pylimų pralaužas, remontuoti pylimų, ypač jų viršaus, išgraužas ar suslūgusias vietas atstatant projektinį aukštį.
4. Po žemės reformos Šilutės rajone, galutinai nusistovėjus pievų savininkų valdoms ir plotams, vasaros polderių priežiūra, modernizavimas bei remontas turėtų būti atliekamas žemės naudotojų lėšomis, tik taip būtų taupiai ir tikslingai naudojamos biudžeto lėšos.

Literatūra

1. Ascila, R.; Dumbrauskas, A.; Punys, P. Nemuno deltos užliejimo hidrologiniai aspektai. 2002. Vandens ūkio inžinerija, Nr. 18(40), p. 3–12.
2. Dainiuvienė, A. Polderiai: Mokslas ir gyvenimas. Vilnius, 2001. Nr. 5.
3. Dėl valstybei nuosavybės teise priklausančių melioracijos statinių ir melioracijos sistemų naudojimo, būklės vertinimo ir melioracijos darbų finansavimo taisyklių patvirtinimo. Žin. 2013, Nr. 31-1539.
4. Dumbrauskas, A. Nemuno deltos polderių užliejimo ir gruntinio vandens lygio įtakos polderių dirvožemio dangai įvertinimas. Žemės ūkio, maisto ūkio, ir žuvininkystės mokslinių tyrimų ir taikomosios veiklos programa. 2010, p. 14-54.
5. Girčius, M. Šilutės rajone esančio Smalkų vasaros tipo polderio techninės būklės vertinimas. Studentų mokslinė konferencija „Jaunasis mokslininkas 2014“, Kaunas, Akademija, 2014.
6. Katutis, K. Gamtinių sąlygų ir pievų naudojimo įtaka žolių rūšių kaitai Alkos ir Aukštumalės polderių salpiniuose durpžemiuose: Ekologija, Nr.2. 2005, p. 40–53.
7. Katutis, K.; Dumbrauskas, A.; Rudzianskaitė, A. Ūkininkavimo Nemuno žemupio salpos pievose ypatumai: Kaimo raidos kryptys žinių visuomenėje. 2011, p. 237–250.
8. Kryževičienė A.; Žaltauskas A. Daugiamečių žolių auginimas ir panaudojimas biokurui: Žemės ūkio mokslai. 2005(1), p.40-49.

9. Lietuvos kaimo plėtros 2014–2020 metų programos priemonės „Investicijos į materialųjį turtą“ veiklos „Parama žemės ūkio vandentvarkai“ įgyvendinimo taisyklės, 2015. LR ŽŪM, Nr. 3D-578.
10. Melioracijos techninis reglamentas MTR 1.10.03:2014 Polderių techninė priežiūra ir naudojimas. Pagrindiniai reikalavimai, 2014. LR ŽŪM, Nr. 3D-452.
11. Mališauskas P. Vandens režimas polderiuose ir pievų naudojimas: Lietuvos žemės ūkio universiteto ir vandens ūkio instituto mokslo darbai, 1999. Nr. 11(29) p.12-18.
12. Pagrindiniai duomenys apie melioruotas žemes Šilutės rajone 2019 m. sausio 1d. [interaktyvus]. Prieiga per internetą: https://www.silute.lt/veiklos-sritys/zemes-ukis.
13. Petronis, A. Nemuno žemupio užliejamo slėnio sukultūrinimas: Žemėtvarka ir hidrotechnika, 2018. Nr.173, p. 40-48.
14. Polder model. 2012 m rugsėjo 26 d. [interaktyvus]. Prieiga per internetą: http://socialsystemsloes.blogspot.com/2012/09/polder-model.html.
15. Rainys, A. Kai kurie Nemuno deltos užliejimo pavasarinių potvynių metų aspektai: Hidrometeorologiniai straipsniai, 1973. Nr.6, 39–44.
16. Ribokas, G. Kai Kurie mažiau palankių ūkininkauti teritorijų žemės ūkio intensyvumo aspektai: Geografijos metraštis. 2013, p. 62-71.
17. Skuodienė, R., Repšienė, R., Katutis, K., Butkutė-Dawidowitsch, R. Daugiametės žolės – kietam biokurui: Mano ūkis. 2011, Nr.8, p.40-41.
18. Statybos techninis reglamentas STR 1.03.07:2017 Statinių techninės ir naudojimo priežiūros tvarka. Naujų nekilnojamojo turto kadastro objektų formavimo tvarka. Vilnius, 2016.
19. Šilutės rajono savivaldybė (2019) [interaktyvus]. Prieiga per internetą: https://www.silute.lt/silutes-rajone-pradetas-vykdyti-silutes-rajono-savivaldybes-polderiniu-sistemu-rekonstrukcijos-investiciju-projektas/

THE EVALUATION OF TECHNICAL CONDITION OF POLDERS EMBANKMENTS AND PUMPING STATIONS IN ŠILUTĖ DISTRICT

Summary

About 30% of the agricultural land area of Šilutė district is in the lower Nemunas valley. In order to protect them from tides 25 state-owned polders were built until 1980: 12 winter type polders (from which water is removed all year round) and 13 summer type polders (from which water is removed throughout plant vegetation, during spring or autumn floods). Later on, only the improvement of the existing polder systems was carried out. Due to insufficient maintenance of the polders while using and maintaining them, structural maintenance requirements are not implemented, various violations of operating norms occur. This leads to certain problems such as damage to hydraulic constructions of the polders, deformation repair or reconstruction difficulties. In order to assess the impact of environmental factors on polders technical condition, safety, reliability and durability, practical, comprehensive and scientifically based studies on the technical condition of polders hydraulic constructions are needed. The article analyses results of a technical condition evaluation study of two summer and three winter type polders hydraulic constructions in Šilutė district. Due to the significant defects and damages observed, the technical condition of the polders varies from satisfactory to very poor.

Key words: winter polder, summer polder, embankment, pumping station, defects, damages

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Petras Milius.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.
Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, Inžinerijos mokslų fakultetas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: tvenkinių monitoringas, hidrotechnikos statinių deformacijos ir pažaidos.
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61149432, petras.milius@ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Petras Milius.
Science degree and name: Doctor, Associated Professor.
Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Associated Professor.
Author‘s research interests: Pond Monitoring, Deformations and Damages of Hydraulic Structures.
Telephone and e-mail address: +370 61149432, petras.milius@ktk.lt

PASTATŲ ATITVARŲ GAISRINĖS SAUGOS PREVENCINĖS PRIEMONĖS EUROPOS SĄJUNGOJE

Jolanta Šadauskienė[1], Violeta Medelienė[2], Ramunė Žurauskienė[3]
[1] Kauno technologijos universitetas, [2] Kauno technikos kolegija, [3] Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Praktika rodo, kad viena dažniausiai pasitaikančių grėsmių yra gaisro atvejai. Ypatingai tai susiję su pastatų išorine tinkuojama sudėtine termoizoliacine sistema kai šilumos izoliacinio sluoksnio sudėtyje yra naftos produktų. Straipsnio tikslas – išanalizuoti pastato atitvarų gaisro saugumo reikalavimus įvairiose Europos šalyse, identifikuoti tinkamas gaisro prevencijos priemones renovuotiems pastatams. Straipsnyje pateikiamos rekomendacijos gaisrinės saigos reikalavimams Lietuvoje.

Reikšminiai žodžiai: gaisrinė sauga, fasadų tinkuojama sistema, renovacija.

Įvadas

Saugumas yra vienas pagrindinių Europos Sąjungos tvarios visuomenės prioritetų. Tačiau nelaimingų atsitikimų, stichinių nelaimių ir teroristinių išpuolių grėsmės ir pasekmės ženkliai padidina visuomenės socialinio ekonominio gyvenimo nesaugumą. Praktika rodo, kad viena dažniausiai pasitaikančių grėsmių yra gaisro atvejai. Statistiniai duomenys teigia, kad apie 49,5 % gaisrų įvyksta gyvenamuosiuose namuose (Brushlinsky, 2018: 23). Todėl visuomenės saugumo užtikrinimui gyvenamuosiuose namuose turi būti taikomos gaisro prevencijos priemonės.

Šiai problemai spręsti ES pastaruoju metu kuria strategines ir veiksmo programas, kuriose suformuotos darbo grupės nagrinėja gaisro atvejus pastatuose, ieško būdų mažinti šios grėsmės tikimybę ir teikia pasiūlymus vyriausybėms. Ataskaitose didelis dėmesys skiriamas šilumos izoliacinėms medžiagoms, kurių sudėtyje yra naftos produktų (polistireninis putplastis arba EPS, ekstrūdinis polistirenas arba XPS, standžios poliuretano putos ir kt.) panaudojimui pastatų konstrukcijose (Beitel, 2014: 2-11; Werther, 2014: 2-8). Literatūros šaltiniai kaip didžiausią grėsmę nekontroliuojamam gaisrui atsirasti pastatuose identifikuoja polimerinių (plastmasinių) medžiagų panaudojimą šiltinant pastatus, kai pastato sienos šiltinamos išorine tinkuojama sudėtine termoizoliacine sistema (ITSTS) su termoizoliacine polimerine medžiaga (TPM) arba pastato sienos yra surenkamos iš daugiasliuoksnių plokščių su TPM viduje (Sowriraajan, 2011: 120-130; Smolka, 2015: 45-59; Deamsa, 2011: 436-444; Nishio, 2013: 12).

Nepaisant to, kad TPS sudėtyje esantis antipirenas, šiek tiek sumažina jų degumą, tačiau nuo sudegimo neapsaugo (Antonatus, 2013: 65; Žukas, 2001a: 56-61; Kolbrecki, 2015: 35). Svarbus faktorius, darantis tiesioginę įtaką žmonių saugumui gaisro metu, yra dūmai, liepsnojantys lašai ir atliekos (Žukas, 2001b: 17). Statistiniai duomenys rodo, kad tik 18 % žmonių žūva nuo tiesioginio gaisro, kiti 82 % – nuo dūmų, kurių sudėtyje yra polimerinių medžiagų, išsiskiriančių TPM degimo procese. Dūmuose esančios nuodingos dujos taip pat kelia tiesioginę grėsmę žmonių, esančių dideliu atstumu nuo gaisro židinio, gyvybei ir sveikatai. Tiršti dūmai sunkina evakuaciją. Degantys lašai ir atliekos gali sužeisti žmones evakuacijos metu, taip pat skatina ugnies išplitimą į kitus aukštus ar aplinkinius pastatus, nutolusius nuo gaisro židinio (Stec, 2010: 498-506).

Šis klausimas tapo ypač aktualiu tose ES šalyse, kuriose žmogaus saugumas yra vienas iš darnumo prioritetų. Dauguma ES valstybių pradėjo naudoti pasyviosios gaisrinės saugos sistemas, kuriose nedegūs šilumos izoliacijos sluoksniai tarp degių TPM medžiagų sudaro užtvaras gaisro plitimui (Giletich, 2013: 7-10; Mikkola, 2013: 34; Yan, 2013: 12; Xin, 2013: 4). Analizuojant gaisro atvejus Lietuvoje nustatyta, kad klausimas dėl šilumos izoliacinės medžiagos rūšies (medžiagos iš sintetinių ar natūralių medžiagų) panaudojimo nėra akcentuojamas. Todėl šio darbo tikslas išanalizuoti pastato atitvarų gaisro saugumo reikalavimus įvairiose Europos šalyse, identifikuoti tinkamas gaisro saugos priemones naujai statomiems ir renovuotiems pastatams.

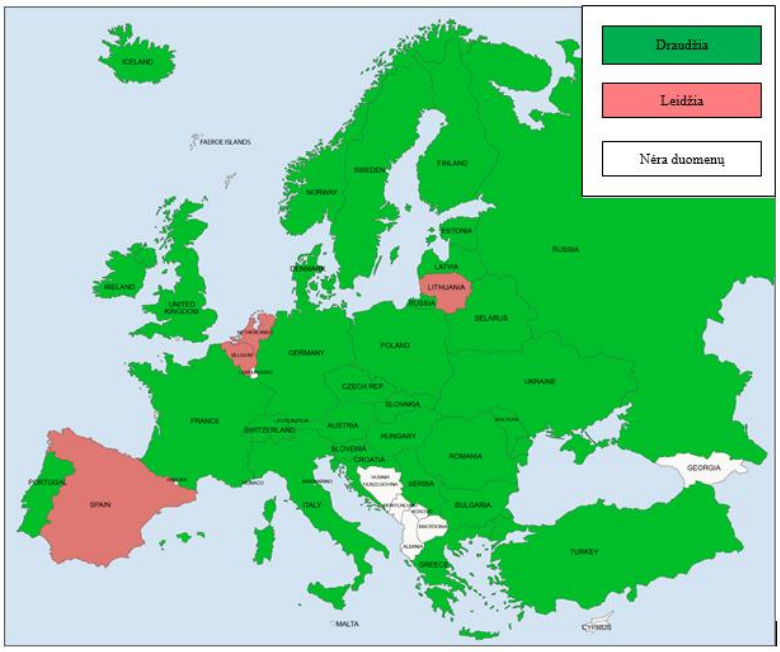
Gaisrinės saugos problemos pastatų renovacijoje

Renovuojant pastatus, gaisrinės saugos problemos yra ypač aktualios. Lietuvos statistikos departamento duomenimis nuo 2013 m. yra atnaujinti 2088 daugiabučiai (Lietuvos ūkio sektorių finansavimo po 2020 m. vertinimas: Energijos efektyvumas ir būsto renovacija, 2019: 5). Praktika rodo, kad namų bendrijos dėl ekonominių sumetimų pastato šiltinimui renkasi ITSTS su TPM (polisterinenis putplastis (EPS)) termoizoliacinę medžiagą. Didinant šiluminius reikalavimus pastatų atitvaroms, šilumos izoliacinio sluoksnio storis didėja, tuo pačiu sauga gaisro atveju mažėja. Vykdant pastatų renovaciją reikia ne tik tenkinti energetinius ES reikalavimus, bet ir atsižvelgti į saugios ir tvarios visuomenės interesus. Sparčiai didėjanti renovacijos dinamika Lietuvoje, didina nelaimingų atsitikimų tikimybę ateityje.

~~Taip pat~~ Šiltinant pastatus ITSTS sistema su TPM šilumos izoliacine medžiaga nesaugus yra ir pats renovacijos procesas. Gaisro grėsmė yra didelė iki tol, kol sienų sistema iki galo neįrengta, t.y. mūro sienos tik apklijuotos TPM plokštėmis ir neuždengtos armuojamuoju tinkleliu bei tinko sluoksniu. Tokios sistemos įrengimas užtrunka kelias savaites.

ES valstybių normatyvinių reikalavimai dėl gaisro saugos priemonių panaudojimo ITSTS sistemose

Susidomėjimas gaisro saugos klausimu kilo ne tik Vokietijoje, bet ir kituose šalyse, kuriuose žmogaus saugumas yra vienas iš darnumo prioritetų. 2011 m. gegužę Europos Komisija ir Europos Laisvosios Prekybos Asociacija (ELPA), norėdamos apibrėžti saugumo standartizavimo gaires ir išanalizuoti dabartinę saugumo standartų aplinką, surengė mandatą M / 487 Europos standartizacijos organizacijoms: CEN, CENELEC ir ETSI, kurios priėmė standartas CEN / TS 16850:2015 apimantį visas visuomenės pastatų saugumo problemas. Vienas iš klausimų yra cheminės, biologinės, radiologinės ir branduolinės grėsmės apsauga (CBRBE). Cheminių medžiagų, išsiskiriančių degant TPM, poveikis žmogaus gyvybei yra prilyginamas kaip pavojingas ir vertinamas kaip vienas iš grėsmių. Tuo pagrindu dauguma ES valstybių parengė konstrukcines priemones, kurias taikant fasadai su ITSTS sistema ir TPM šilumos izoliacijos sluoksniu būtų atsparesni gaisrui (Kumm, 2013: 356-367, Lamberto, 2013: 245-256, Stromgren, 2013: 45-58, Yoo, 2013: 124-135). 1 paveiksle pateiktas Europos šalių žemėlapis, kuriame pateikta, kurių ES šalių nacionaliniai pastatų gaisrinės saugos reikalavimai leidžia arba draudžia - įrengti ITSTS sistemas, kurios reaguoja į B-s3, d0 degumo klasę arba renovuoti gyvenamąjį daugiaaukštį namą (12 aukštų /> 36 m aukščio) be papildomų ugniai atsparių elementų ar testavimų (pvz., priešgaisrinės užtvaros, konstrukciniai sprendimai, didelio masto bandymai ir kt.).



1 pav. Europos šalių, kurių nacionaliniuose dokumentuose yra numatyti pastatų su ITSTS sistemomis priešgaisriniai reikalavimai, žemėlapis.
Šaltinis: sudaryta autorių

Nacionalinių normatyvinių dokumentų apžvalgos rezultatai rodo, kad nėra bendro ES susitarimo dėl šilumos izoliacinių medžiagų panaudojimo pagal degumo klasę ITSTS sistemose. Europos Sąjungoje nustatyta bendra statybos medžiagų degumo vertinimo metodika, bet kai kuriose šalyse (Vokietijoje, Jungtinėje Karalystėje, Švedijoje), tradiciškai galioja ir nacionaliniai reikalavimai. Pavyzdžiui, Lietuvoje ir daugelyje kitų ES valstybių medžiagos degumo klasei nustatyti užtenka laboratorinių tyrimų. Tuo metu Vokietijoje, Jungtinėje Karalystėje, Švedijoje medžiagų degumas išbandomas specialiuose poligonuose, sukėlus "gaisrą" didelio gabarito modelyje. Priklausomai nuo taikomo bandymo metodo ar nacionalinių gaisrinės saugos reikalavimų, degūs šilumos izoliaciniai (TPM) gaminiai gali atitikti įvairius gaisrinės saugos standartus ir klasifikacijas. Pavyzdžiui, šiuo metu kai kuriose šalyse (pvz., Rytų Europoje) degi šilumos izoliacija gali būti naudojama iki 25 m aukščio daugiaaukščių pastatų išorinių sienų atitvarose. Kitur, pvz., Vokietijoje, daugiaaukščiuose pastatuose naudoti degias šilumos izoliacines medžiagas (TPM) iš

viso draudžiama. Statybos Produkcijos Sertifikavimo Centro pateiktoje ataskaitoje (SPSC ataskaita, 2001: 3-45) minima, kad nustatant statinio gaisringumą turėtų būti vertinamos ne atskiros medžiagos, bet ir visa sistema pagal degumo laipsnį, klases, kurias pagal bendrą ES sistemą turi atitikti įvairios paskirties pastatai. Pagal atskirų medžiagų degumo charakteristikų bandymus negalima spręsti apie ITSTS sistemos elgseną gaisro metu.

Dar vienas veiksnys mažinantis gaisro saugumą yra griežtėjantys energinio efektyvumo reikalavimai ir tuo pačiu žymiai didėjantys šilumos izoliacijos gaminių storiai pastato fasadų ir stogų konstrukcijose. Suomijos gaisrinės saugos ekspertų atliktas tyrimas (Mikkola, 2015: 3-98) parodė, kad 1976 – 2010 m. išorinių sienų šilumos izoliacinio sluoksnio iš polistireninio putplasčio (EPS) ir poliuretano (PIR) medžiagos gaisro apkrova grindų ploto vienetui (MJ/m^2) padidėjo 10±3 %. Tuo tarpu atitvarose su šilumos izoliaciniu sluoksniu iš mineralinės vatos fasadų gaisro apkrovos padidėjimas siekė 1,7 %.

Dar didesnis gaisro apkrovos padidėjimas susijęs su padidėjusiais šilumos izoliacijos storiais plokščiųjų stogų konstrukcijose: stogų šilumos izoliacijos iš polistireninio putplasčio (EPS) ir poliuretano (PIR) sluoksnio gaisro apkrova grindų ploto vienetui (MJ/m^2) 1976 – 2010 m. padidėjo 35 %. Tuo tarpu stogo konstrukcijoje su šilumos izoliaciniu sluoksniu iš mineralinės vatos gaisro apkrova siekė 7%.

Pasyvios gaisrinės saugos prevencijos priemonės naujai statomiems ir renovuotiems pastatams

Gaisrinės saugos prevencijos klausimas ITSTS sistemose tapo svarbus tose ES šalyse, kuriuose žmogaus saugumas yra vienas iš darnumo prioritetų. Analizuojant normatyvinius dokumentus, ieškant sprendimų kaip padidinti gaisrinę saugą, vykdant mokslinius tyrimus buvo parengtos konstrukcinės sistemos, kurios vadinamos pasyviosiomis gaisrinės saugos sistemomis. Šių sistemų principas- integruoti nedegius šiluminės izoliacijos sluoksnius į degių šilumos izoliacinių sluoksnio paviršiaus plotą (2 pav.).

2 pav. Pastatas Kaune, Šilainių mikrorajone su ITSTS sistema, kurioje yra įrengta pasyvios gaisrinės saugos priemonė

Šaltinis: sudaryta autorių

Siekiant užkirsti kelią ugniai persimesti iš patalpos vidaus į ITSTS sistemos šiltinamąjį sluoksnį per langus ir duris, būtina izoliuoti angokraščius su nedegia termoizoliacine medžiaga (mineraline akmens ar stiklo vata). Vadovaujantis mokslinių tyrimų rezultatais, rekomenduojama įrengti minėtas gaisrines užtvaras virš angos 200 mm ~~aukščio~~ ir pratęsti po 300 mm į šonus nuo angokraščių.

Antras būdas, kai ugnies židinys yra pastato išorėje, ugnies plitimas ITSTS sistemos šiltinamuoju sluoksniu aukštyn fasado plokštuma užkertamas, įrengiant gaisrinės saugos juostas iš nedegių termoizoliacinių medžiagų. Šios gaisro užtvaros įrengiamos viso pastato perimetru, instaliuojant horizontalias nedegių medžiagų juostas tarp degių fasadą dengiančių medžiagų. Pastaroji gaisrinės saugos priemonė yra svarbi aukštiems pastatams. Horizontalių gaisrinės saugos juostų skaičius priklauso nuo pastato aukščio ir termoizoliacinio sluoksnio storio.

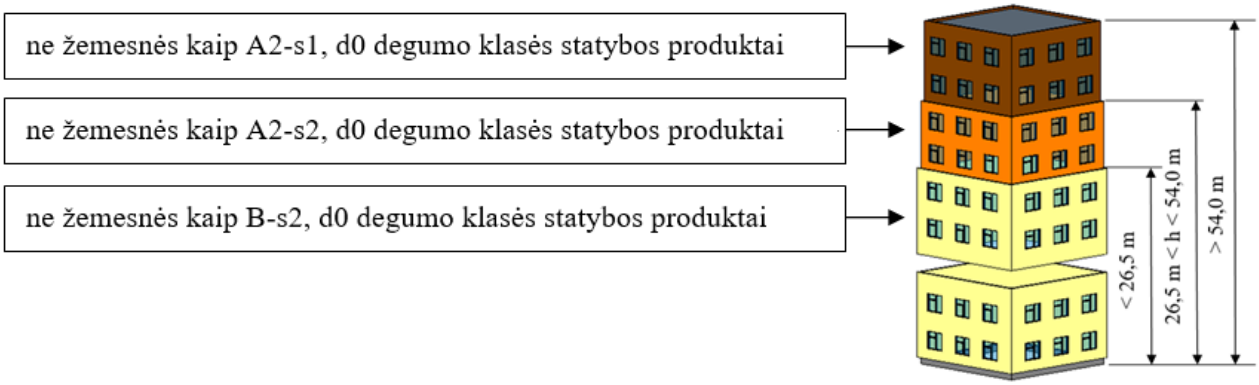
Rekomendacijos Lietuvos gaisrinės saugos norminiams reikalavimas

Pažangios tarptautinės patirties perėmimas ir standartų harmonizacija taptų svariu indėliu formuojant energetikos ir visuomenės bei aplinkos saugumo politiką ne tik Lietuvoje, bet ir visos Europos kontekste. Todėl vadovaujantis literatūros analize siūloma papildyti Lietuvoje galiojančius gaisrinės saugos pagrindinius reikalavimus tokiais papildomais reikalavimais:

- Per visą statinio rekonstravimo, modernizavimo (atnaujinimo) arba kapitalinio remonto laikotarpį turi būti užtikrinami ne žemesni gaisrinės saugos reikalavimai, kurie buvo nurodyti Statinio projekte. Jeigu

kuriuo nors metu statinio gaisrinės saugos lygis sumažėja, reikia imtis atitinkamų priemonių gaisro kilimo rizikai mažinti bei informuoti suinteresuotus asmenis apie gręsiančius pavojus.

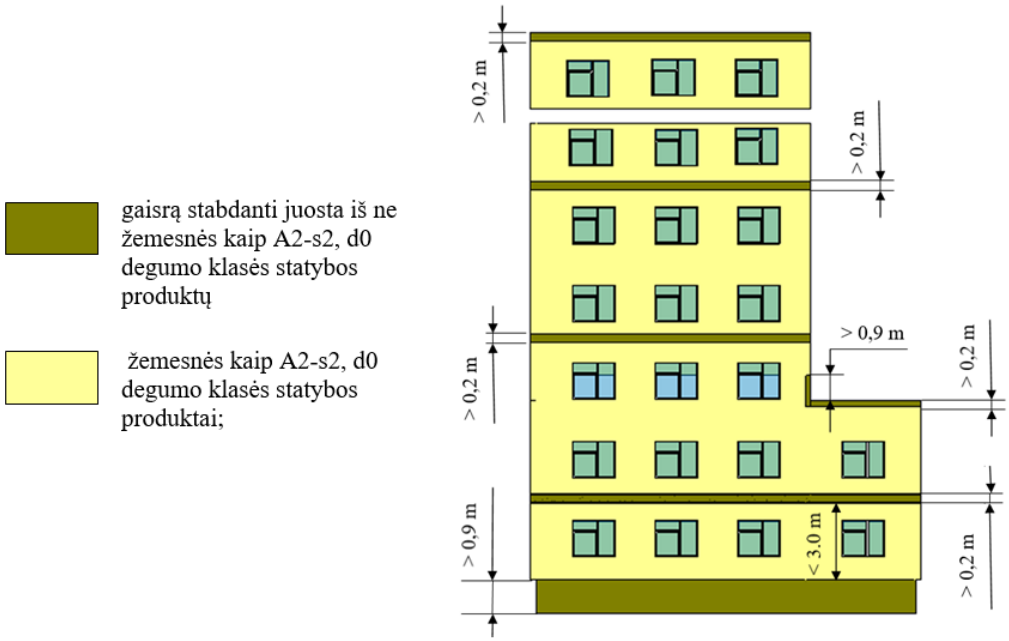
- Vieno aukšto statiniams, kuriuose gali būti ne daugiau kaip 100 žmonių, reikalinga numatyti atsparumo ugniai reikalavimus ir stogui (šiuo metu tokių reikalavimų nėra). Gaisro atveju kyla reali grėsmė likusiems asmenims bei gaisrą gesinantiems ugniagesiams dėl stogo įgriuvimo pastato viduje.
- Dėl dūmingumo grėsmės, kuris kelia pavojų žmonių gyvybei ir sunkina gelbėjimo darbus, statybos produkto klasė turi būti B- s2. Todėl konstrukcijoms įrengti naudojami ne žemesnės kaip B–s2, d2 degumo klasės statybos produktai.
- Statinio laikančiųjų konstrukcijų atsparumas ugniai skaičiuojamas trimis sudėtingumo lygiais: elemento, konstrukcijos ir statinio. Sudėtingesnio lygio skaičiavimų rezultatai taikomi žemesnio sudėtingumo lygio konstrukcijoms, t.y atsparumo ugniai reikalavimai turi būti užtikrinti visoms konstrukcijoms bei elementams.
- I ir II atsparumo ugniai laipsnio pastatų lauko sienų sistemoms (išorinei tinkuojamai sudėtinei termoizoliacinei sistemai) (toliau – ITSTS) arba išorinei vėdinamai termoizoliacinei sistemai (toliau – IVTS) įrengti draudžiama naudoti žemesnės kaip B–s2, d0 degumo klasės statybos produktus. II atsparumo ugniai laipsnio pastatų įtraukimas bei dūmingumo klasės mažinimas grindžiamas siekiu apriboti gaisro plitimą ir pavojingus gaisro veiksnius, užtikrinti saugų žmonių išėjimą iš gaisro apimto pastato, palengvinti ugniagesių atliekamus gelbėjimo ir gesinimo veiksmus ir sumažinti gaisro žalą pastatui.
- I ir II atsparumo ugniai laipsnio pastatų lauko sienų ITSTS arba IVTS sistemoms įrengti naudojamų statybos produktų degumo klasės parenkamos pagal aukščiausio aukšto grindų altitudę (3 pav.):
  - labai aukštiems statiniams turi būti naudojami ne žemesnės kaip A2-s1,d0 degumo klasės statybos produktai;
  - aukštiems statiniams turi būti naudojami ne žemesnės kaip A2-s2,d0 degumo klasės statybos produktai;
  - kitiems statiniams turi būti naudojami ne žemesnės kaip B-s2,d0 degumo klasės statybos produktai



3 pav. Pastatų lauko sienų ITSTS arba IVTS sistemoms įrengti naudojamų statybos produktų degumo klasės pagal aukščiausio aukšto grindų altitudę

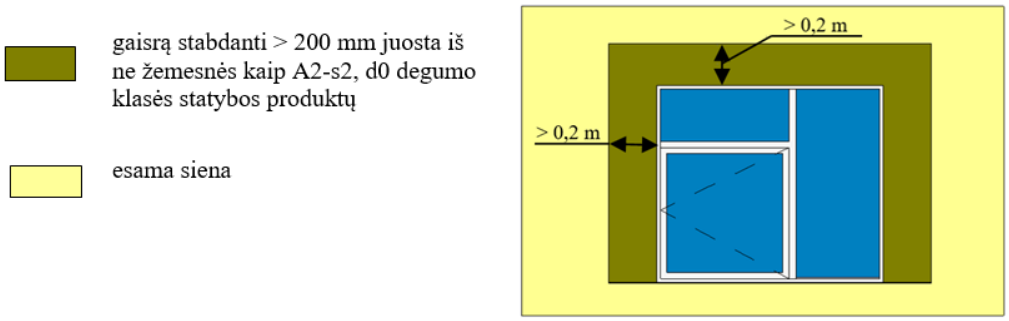
Šaltinis: sudaryta autorių

- I ir II atsparumo ugniai laipsnio pastatų lauko sienų ITSTS arba IVTS sistemoms naudojant žemesnės kaip A2-s2, d0 degumo klasės statybos produktus, reikia įrengti papildomas gaisrą stabdančias juostas iš ne žemesnės kaip A2-s2, d0 degumo klasės statybos produktų (4 pav.):
  - pirmoji (cokolio) juosta pradedama montuoti nuo cokolio viršaus ir turi būti ne mažesnė kaip 900 mm aukščio;
  - sekanti (pirmojo aukšto) juosta, ne siauresnė kaip 200 mm, įrengiama sienos dalyje ties pirmojo ir antrojo aukštų perdanga, bet ne aukščiau kaip 3 m nuo pirmosios (cokolio) juostos;
  - įrengus pirmojo aukšto juostą, toliau gaisrą stabdančios juostos, ne siauresnės kaip 200 mm, montuojamos kas antrame pastato aukšte (dalyje ties perdanga);
  - paskutinioji (užbaigiamoji) juosta, ne siauresnė kaip 200 mm, įrengiama viršutinėje (aukščiausioje) pastato sienos dalyje;
  - gretimai esant blokuotiems pastatams aukštesnio pastato sienoje įrengiama ne mažesnė kaip 900 mm aukščio juosta, skaičiuojant nuo virš besiribojančių horizontalių pastatų konstrukcijų altitudės.



4 pav. Gaisrą stabdančių juostų lauko sienose išdėstymas
Šaltinis: sudaryta autorių

- Lauko sienų angų (langų ir durų) srityse, ne siauresnės kaip 200 mm juostos išdėstomos iš trijų pusių angoje (5 pav.).



5 pav. Gaisrą stabdančių juostų angų srityse išdėstymas
Šaltinis: sudaryta autorių

- I ir II atsparumo ugniai laipsnio pastatų lauko sienų ITSTS arba IVTS sistemų fragmentams galima naudoti C-s2, d1 degumo klasės statybos produktus, jei tai sudaro iki 30 proc. kiekvienos atskiros lauko sienos bendro ploto, ir D-s2, d2 degumo klasės statybos produktus, jei tai sudaro iki 15 proc. kiekvienos atskiros lauko sienos bendro ploto. Tokie sienų fragmentai su skirtingomis degumo klasės statybos produktais turi būti aiškiai pažymėti statinio projekte.

Išvados

1. Siekiant užtikrinti visuomenės ir gyventojų saugumą gyvenamuosiuose pastatuose, kurių išorinės konstrukcijos apšiltintos ITSTS sistema su degia termoizoliacinė medžiaga (TPM), turėtų būti įrengtos pasyvios gaisrinės saugos sistemos iš nedegių termoizoliacinių medžiagų.
2. Siekiant vykdyti visuomenės ir gyventojų saugumo politiką turėtų būti įteisintas gaisro saugos prevencinių priemonių panaudojimas ITSTS sistemose Europos Sąjungos mastu. Pažangios tarptautinės patirties perėmimas ir standartų harmonizacija taptų indėliu formuojant energetikos ir visuomenės bei aplinkos saugumo politiką ne tik Lietuvoje, bet ir visos Europos kontekste.
3. Nustatant statinio gaisringumą turėtų būti vertinamos ne atskiros medžiagos, bet visa ITSTS sistema pagal degumo laipsnį, klasę, kurios pagal bendrą ES sistemą turi atitikti įvairios paskirties pastatai.

Literatūra

1. Antonatus E. Fire safety of etics with EPS material properties and relevance for fire safety during transport, construction and under end use conditions in external thermal insulation component systems. MATEC Web of Conferences 9, 02008; 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.1051/matecconf/20130902008
2. Beitel J. J., Fischer M. D., Hirschler M. M., Ross L. A. Questions and Answers on Issues Raised During CA AB 127 Working Group. December 2014. Prieiga internaetu: http://osfm.fire.ca.gov/codedevelopment/pdf/wgfsbim/QandAReport.pdf
3. Brushlinsky N.N., Ahrens, M., Sokolov S.V., Wagner P. World Fire Statistics. CTIF, Nr. 23, 2018. Prieiga internetu: https://www.ctif.org/sites/default/files/2018-06/CTIF_Report23_World_Fire_Statistics_2018_vs_2_0.pdf
4. CEN/TS 16850:2015. Societal and Citizen Security - Guidance for managing security in healthcare facilities.
5. Daemsa D., Rathib D. Fire Performance of New Polyurethane Building Insulation Applications in India. Proceedings of Fire Science and Technology Research & its Implementations. 2011.
6. Giletich A. N., Kosachev A. A., Kosachev A. A. Fire hazard analysis of façade systems in reconstructing buildings. MATEC Web of Conferences 9, 05001, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.1051/matecconf/20130905001
7. Kolbrecki A. Model of fire spread out on outer building surface. Technical Sciences. 2015; 63(1):56-69. DOI: http://dx.doi.org/10.1515/bpasts-2015-0015
8. Kumm M., Söderström J., Lönnermark A. EPS insulated façade fires from a fire and rescue perspective. MATEC Web of Conferences 9, 05003, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.1051/matecconf/20130905003
9. Lamberto M., Cancelliere P. The Italian National Guidelines for the fire safety of facades. MATEC Web of Conferences 9, 01005, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.1051/matecconf/20130901005
10. Lietuvos ūkio sektorių finansavimo po 2020 m. vertinimas: Energijos efektyvumas ir būsto renovacija, II tarpinės vertinimo ataskaitos 7 priedas, 2019. Prieiga internetu: http://lrv.lt/uploads/main/documents/files/Energijos%20efektyvumas%20ir%20b%C5%ABsto%20renovacija(1).pdf
11. Mikkola E., Hakkarainen T., Matala A. Fire safety of EPS ETICS in residential multi-storey buildings. Research report. 2013. Prieiga internetu: http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2013/VTT-R-04632-13.pdf
12. Mikkola E. Fire loads and fire safety in buildings. Part 2: Protection of fire loads within building structures. Research report. 2015.
13. Nishio Y., Yoshioka H., Noguchi T., Ando T., Tamura M.. Experimental study on fire propagation over combustible exterior facades in Japan. MATEC Web of Conferences 9, 04001; 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.1051/matecconf/20130904001
14. Smolka M., Mózer V., Tofiło P. Fire Performance of Composite-Panel Separation Walls. Applications of Structural Fire Engineering, 2015; 15-16 October, Dubrovnik, Croatia. DOI: http://dx.doi.org/10.14311/asfe.2015.062
15. Sowriraajan A. V., Dixit C. S. B. Improvement of Fire Safety in Rooms with Existing Expanded Polystyrene Roof Insulation. Proceedings of Fire Science and Technology research & its Implementations, 2011.
16. SPSC ataskaita. Natūriniai lengvų stogo konstrukcijų ir iš lauko apšiltintų fasadų konstrukcijų natūriniai gairiniai bandymai. Bandymų ataskaita. SPSC. 2001.
17. Stec A., Hull T. R. Assessment of the fire toxicity of building insulation materials. Energy and Buildings, 2011 43(2-3).
18. Strömgren M., Albrektsson J., Johansson A., Almgren E. Comparative analysis of façade regulations in the Nordic countries. MATEC Web of Conferences 9, 01003, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.1051/matecconf/20130901003
19. Werther N., Friquin K., Tulamo T. SmartTES. Innovation in timber construction for the modernization of the building envelope. Fire safety. Book 5, 2014. Prieiga internetu: http://www.tesenergyfacade.com/downloads/smarttes_b5_Firesafety.pdf
20. Xin H., Zhaopeng N., Lei P., Ping Z. Experimental study of fire barriers preventing vertical fire spread in ETISs. MATEC Web of Conferences 9, 04003, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.1051/matecconf/20130904003
21. Yan Z., Zhao Ch., Liu Y., Deng X., Ceng X., Liu S., Lan B., Nilsson R., Jeansson S. Experimental study and advanced CFD simulation of fire safety performance of building external wall insulation system. MATEC Web of Conferences 9, 03005, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.1051/matecconf/20130903005
22. Yoo Y. H., Chae S. U., Kim H. Y., Kim W. H. Study on prevention of spread of vertical fire along finishing materials for external wall of high-rise buildings. MATEC Web of Conferences 9, 05004, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.1051/matecconf/20130905004
23. a. Žukas A., Mačiulaitis R., Beganskienė A., Kareiva A. Polistireno degimo produktų kokybinis įvertinimas. Cheminė technologija 2001; 4(21).
24. b. Žukas A., Nyderis A. Degimo produktų gaisrinio pavojingumo vertinimas: dūmų susidarymas ir toksiškumas. Šiuolaikinės statybinės medžiagos, konstrukcijos ir metodai. 7-oji tarptautinė konferencija. Vilnius, Lietuva, gegužė 16-18, 2001.

PREVENTIVE FIRE SAFETY MEASURES OF BUILDINGS IN THE EUROPEAN UNION

Summary

Security is one of the European Union's key priorities for a sustainable society. In practice, one of the most common threats is fire. Particularly related to the external plasterable composite thermal insulation system of buildings when the thermal insulation layer contains petroleum products. The aim of the article is to analyze the fire safety requirements of building envelopes in different European countries, to identify appropriate fire prevention measures for renovated buildings. The article provides recommendations for fire safety requirements in Lithuania.

Key words: fire safety, facade plastering system, renovation.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jolanta Šadauskienė
Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, docentė
Darbo vietą ir pozicija: KTU, Statybos ir architektūros fakultetas, docentė.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: šiluminė fizika, medžiagų technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 682 82661, jolanta.sadauskiene@ktu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Violeta Medelienė.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, docentė
Darbo vietą ir pozicija: KTK, Statybos inžinerijos studijų programa, docentė.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybos procesų ir pastatų statybos technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 615 29197, violeta.medeliene@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Ramunė Žurauskienė
Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, docentė
Darbo vietą ir pozicija: VGTU, Statybinių medžiagų ir gaisrinės saugos katedra, docentė
Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybinės medžiagos, gaisrinė sauga
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 631 89130, ramune.zurauskiene@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Name, surname: Jolanta Šadauskienė
Degree and title: doctor, associate professor
Position: KTU, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Associate Professor.
Area of research: thermal physics, materials technologies, engineering research methodology.
Phone and email e-mail address: +370 682 82661, jolanta.sadauskiene@ktu.lt

Name, surname: Violeta Medelienė.
Degree and title: doctor, associate professor
Position: University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Associate Professor.
Area of research: construction processes and building construction technologies, engineering research methodology.
Phone and email e-mail address: +370 615 29197, violeta.medeliene@edu.ktk.lt

Name, surname: Ramunė Žurauskienė
Degree and title: doctor, associate professor
Position: VGTU, Department of Building Materials and Fire Safety, Associate Professor
Area of research: building materials, fire safety
Phone and email e-mail address: +370 631 89130, ramune.zurauskiene@vgtu.lt

LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ INFRASTRUKTŪROS FINANSAVIMAS: PROBLEMINIAI ASPEKTAI

Kęstutis Vitkauskas
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Straipsnyje nagrinėjama Lietuvos automobilių kelių infrastruktūros finansavimo sistemą ir jos įtaka kelių tinklo kokybei. Tyrime nagrinėjami kelių priežiūros finansavimo šaltiniai, lėšų paskirstymas valstybinės ir vietinės reikšmės keliams. Kelių infrastruktūra turi tiesioginės ir netiesioginės įtakos ekonomikai, todėl, norint užtikrinti tinkamą jos plėtrą ir priežiūrą, turi būti skiriama pakankamai lėšų šiems tikslams įgyvendinti. Tačiau keliams skirto finansavimo nepakanka**,** ir esama finansavimo sistema yra neefektyvi dėl šioje srityje kylančių problemų. Išanalizavus kelių finansavimo sistemą, identifikuotos pagrindinės problemos, trukdančios užtikrinti racionalų lėšų paskirstymą ir investicijų įsisavinimą keliams: finansavimo nepakankamumas ir netolygumas, neefektyvi kelių apmokestinimo sistema, neracionalus Kelių priežiūros ir plėtros programos (KPPP) lėšų paskirstymas valstybinės ir vietinės reikšmės keliams bei šalies regionams. Pateikti siūlymai, kaip būtų galima gerinti kelių infrastruktūros finansavimo sistemą ateityje.

Reikšminiai žodžiai: kelių infrastruktūra, kelių priežiūra, kelių tinklo finansavimas

Įvadas

Visuotinai sutariama, kad gerai išvystyta automobilių kelių struktūra būtinas komponentas vertės kūrimo procese, todėl jos reikšmė globalioje ekonomikoje tik auga. Aukštas kelių kokybės užtikrinimas yra būtina sąlyga nacionalinei raidai ir atskirų (ypač kaimo vietovių) bendruomenių visaverčiam dalyvavimui visuomenės gyvenime.

Lietuvos valstybinių automobilių kelių tinklas susiformavęs ir praktiškai per pastaruosius du dešimtmečius mažai keitėsi. Bendras Lietuvos automobilių kelių tinklas siekia 84,5 tūkst. km. Valstybinės reikšmės kelių tinklo tankumas 1000 gyventojų – 6,3 km, 1000 km^2 šalies teritorijos – 326,6 kilometro. Pagal šiuos parametrus Lietuva nenusileidžia kitoms ES valstybėms (Statistikos departamentas, 2019).

Kelių tinklui Lietuvoje, kaip tranzito šalyje, tenka ypač svarbus vaidmuo kuriant materialines vertybes, racionaliai išdėstant teritorijoje gamybines jėgas, tenkinant gyventojų susisiekimo poreikius. Paslaugų eksporto srityje Lietuvos automobilių kelių transportas sudaro didžiausią dalį paslaugų – 28,7 proc., automobilių keliais pervežama 62,3 proc. visų krovinių (LR KPPP 2 priedas, 2015). Naujų verslo įmonių kūrimasis kelių tinklo zonoje kuria naujas darbo vietas, didina gaunamas pajamas. Visi šie ir kiti procesai būtų neįmanomi be efektyvios transporto sistemos ir reikiamos transporto infrastruktūros, suteikiančios galimybes geriau panaudoti vietos ir tarptautinės rinkos potencialą. Ypač tai aktualu dabar, kai, išsiplėtus Europos Sąjungai, atsiveria sienos, gausėja partnerystės ryšių ir bendrų projektų (Smalinskas, 2004).

Lietuvoje automobilių kelių tinklo priežiūrai skiriamas finansavimas ir ypač tinkamas lėšų panaudojimas tradiciškai jau tapo kelininkų ir politikų diskusijų objektu (Veteranai, 2009). (Pavyzdžiui, Lietuvos valstybinių kelių (LVK) skaičiavimu, 2016 m. Kelių priežiūros ir plėtros programai (toliau – KPPP) buvo skirta 50 mln. eurų mažiau nei buvo numatyta, o 2017 m. – apie 30 mln. eurų mažiau. Tokią situaciją LVK prezidentas V. Sutkus įvardijo kaip „principinę kelių infrastruktūros finansavimo problemą“ (Sergijenko, 2018:1).

Straipsnio *tikslas* – teisės aktų, specialiosios literatūros analizės pagrindu identifikuoti galimas kelių infrastruktūros plėtros finansavimo problemas ir pasiūlyti jų sprendimo variantus.

Tikslui pasiekti keliami uždaviniai: 1) apžvelgti Lietuvos automobilių kelių sistemą ir jos teisinį reglamentavimą; 2) išnagrinėti kelių priežiūros ir plėtros programos finansavimo šaltinius ir lėšų paskirstymą; 3) Identifikuoti automobilių kelių infrastruktūros plėtros problemas.

Kelių infrastruktūros reikšmę ekonominiam ir socialiniam visuomenės vystymuisi Lietuvoje daugiausia nagrinėjo A. Mačiulis, A. V. Vasiliauskas, G. Jakubauskas, V. Lingaitis. Užsienio mokslinių darbų šiomis temomis daugiausia buvo rasta tarptautinių organizacijų publikacijose, tokių kaip Jungtinių Tautų, Europos Komisijos. Atlikus literatūros analizę, siekiant įvertinti kelių infrastruktūros reikšmę visuomenės gyvenimo kokybei, galima daryti išvadą, kad ši tema Lietuvos ir užsienio autorių analizuota mažai.

1. Lietuvos automobilių kelių sistema ir jos teisinis reglamentavimas

Lietuvos Respublikos keliai, atsižvelgiant į transporto priemonių eismo pralaidumą, socialinę ir ekonominę jų reikšmę, skirstomi į *vietinės reikšmės* ir *valstybinės reikšmės* kelius (1 lentelė).

1 lentelė.

Lietuvos valstybinių kelių ilgis ir dangų rūšis.

Dangos	Valstybinės reikšmės keliai, km							
	Magistraliniai		Krašto		Rajoniniai		Iš viso	
	2009 m.	2019 m	2009 m.	2019m.	2009 m.	2019 m.	2009 m.	2019 m.
Asfalto dangos / km.	1666,93	1 690,529	4939,35	4 927,68	6978,11	8 192,06	13584,39	14 810,27
Cementbetonio	72,12	59,930	0	0	1,34	1,366	73,46	61,296
Grindiniai		0,251	0	0	7604,08	6,689	7604,08	6,940
Žvyro dangos	0,42	0	0	0	7,01	6 359,12	7,43	6 359,124
Iš viso km.	**1 738,47**	**1 750,710**	**4 939,35**	**4 927,68**	**14590,59**	**14 559,24**	**21268,41**	**21 237,63**

Šaltinis: LR Vyriausybės 2018 m. lapkričio 14 d. nutarimas Nr. 1132 „Dėl LR Vyriausybės 1999 m. birželio 9 d. nutarimo Nr. 757 „ Dėl valstybinės reikšmės automobilių kelių sąrašo patvirtinimo“ pakeitimo. TAR, 2018-11-21, Nr. 18759

Valstybinės reikšmės keliai išimtine nuosavybės teise priklauso valstybei. Juos turto patikėjimo teise įstatymų ir kitų teisės aktų nustatyta tvarka valdo, naudoja ir jais disponuoja Susisiekimo ministerijos įsteigtos valstybės įmonės ar jos įgaliota Lietuvos automobilių kelių direkcija.

Vietinės reikšmės kelių projektavimo, tiesimo, statybos, rekonstravimo, taisymo ir priežiūros užsakovo funkcijas vykdo jų savininkai ir valdytojai. Vietinės reikšmės keliai ir gatvės nuosavybės teise priklauso savivaldybėms, o vidaus keliai – valstybei, savivaldybėms, kitiems juridiniams ar fiziniams asmenims - miškų, nacionalinių parkų, valstybės saugomų teritorijų, pasienio, karjerų savininkams. Gatvių, kurios nėra valstybinės reikšmės kelių tąsa, projektavimo, tiesimo ir priežiūros (remonto) darbus organizuoja ir užsakovo funkcijas atlieka savivaldybės. Gatvių, kurios yra valstybinės reikšmės kelių tąsa, minėtų darbų tvarką nustato ir jų vykdymą organizuoja Vyriausybė.

Kelių priežiūros specialistų nuomone nors Lietuvos automobilių kelių tinklas yra susiformavęs ir jo tankumas atitinka vartotojų poreikius, tačiau neatitinka techninių parametrų, netenkina didėjančių transporto srautų poreikių ir neatitinka ES transporto infrastruktūros išsivystymo lygio [2015-2020 m. KPPP]. Pavyzdžiui, 2015 m. kelių dangos kokybės ekspertizė parodė, kad net 27 proc. kelių dangos laikytina blogos kokybės. *Globalaus konkurencingumo ataskaitos* duomenys: jei 2014 m. Lietuva pagal kelių infrastruktūros kokybę reitinge užėmė 34-ąją vietą (iš 148 valstybių), tai 2018 m. smuktelėjo iki 37-osios vietos (Prabilo apie kelininkų problemas, 2018).

Lietuvos kelių infrastruktūros priežiūra įgyvendinama remiantis ES ir nacionaliniais teisės aktais, nustatančiais automobilių kelių sektoriaus plėtros strategines kryptis ir tikslus. *LR kelių įstatymas (1995)* apibrėžia automobilių kelių plėtojimo, priežiūros ir naudojimosi jais pagrindinius teisinius aspektus. 1995 m. priėmus *LR Kelių fondo įstatymą* buvo įsteigtas *Lietuvos kelių fondas*, kurio tikslas – sukaupti ir naudoti lėšas automobilių kelių tinklui plėsti ir modernizuoti (LR Kelių fondas, 1995). 2002 m. įsigaliojus *LR Kelių priežiūros ir plėtros programos finansavimo įstatymui* (toliau - *Kelių priežiūros finansavimo įstatymas*) (LR Kelių priežiūros, 2002), iki to veikusį Kelių fondą pakeitė *Kelių priežiūros ir plėtros programa* (toliau - KPPP). Transporto ir kelių tyrimo instituto paruoštoje KPPP nurodoma, kad programos lėšos yra naudojamos šiems strateginiams tikslams: 1) gerinti eismo saugumą valstybinės reikšmės keliuose, 2) užtikrinti susisiekimą išsaugant ir nebloginant kelių tinklo būklės bei eksploatacinių savybių, 3) švelninti poveikį aplinkai ir mažinti socialinę atskirtį, 4) mažinti kelių naudotojų išlaidas, trumpinant kelionės laiką (Transporto, 2001: p. 11). KPPP finansavimo ir administravimo vykdytoja yra Vyriausybė arba jos įgaliota institucija.

Kelių priežiūros ir plėtros valstybės politikos kryptis nustato Seimas, *Susisiekimo ministerija* formuoja kelių priežiūros ir plėtros valstybės politiką, organizuoja, koordinuoja ir kontroliuoja jos įgyvendinimą, tvirtina valstybinės reikšmės kelių plėtros, modernizavimo ir veiklos užtikrinimo programas, kelių projektavimo normatyvinius dokumentus. *Lietuvos automobilių kelių direkcija* prie Susisiekimo ministerijos (toliau - LAKD) organizuoja ir koordinuoja valstybinės reikšmės kelių atkūrimą, priežiūrą ir plėtrą. LAKD lėšos yra skiriamos ir administruojamos *LR biudžeto sandaros įstatymo* ir kitų teisės aktų nustatyta tvarka. LAKD įgyvendina 11 valstybinės reikšmės kelius prižiūrinčių valstybės įmonių savininko teises ir pareigas. LAKD, vykdydama savo funkcijas, dalyvauja įgyvendinant *2015–2020 m. LR valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programą*, dalyvauja įgyvendinant *Nacionalinę susisiekimo plėtros 2014–2022 m. programą, 2014–2020 m. nacionalinės pažangos programą, 2014–2020 m. Europos Sąjungos fondų investicijų veiksmų programą*, Lietuvos Respublikos teritorijos bendrojo plano įgyvendinimo priemonių planą, Nacionalinės darnaus vystymosi strategijos įgyvendinimo priemonių planą, Nacionalinės

klimato kaitos valdymo politikos strategijos tikslų ir uždavinių įgyvendinimo tarpinstitucinį veiklos planą ir kt.

Kelių transporto politikos srityje pagrindinės ES nuostatos yra išdėstytos 2000 m. *Lisabonos strategijos plėtros dalyje* (Lisbon European, 2000) ir Baltojoje knygoje „*Europos transporto politika 2010: metas spręsti*“, akcentuojančioje investicijų perkėlimą į draugiškesnes aplinkai (jūrų, geležinkelio) transporto rūšis (Commission of, 2001). ES Tarybos direktyvoje 96/53/EB (1996 m. liepos 25 d.) bei 2015 m. balandžio 29 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyvoje (ES) 2015/719 nustatyti ES nacionaliniam ir tarptautiniam vežimui naudojamų kelių transporto priemonių didžiausi leistini matmenys ir tarptautiniam vežimui naudojamų kelių transporto priemonių didžiausia leistina masė.

ES teisės normų įgyvendinimas yra tik vienas iš daugelio faktorių, darančių įtaką Lietuvos kelių infrastruktūrai. Stiprėjantys ekonominės integracijos procesai vidaus rinkoje ir su tuo susijęs kelių transporto paslaugų poreikis – pagrindiniai veiksniai skatinantys politikos šioje srityje optimizavimą.

2. Kelių priežiūros ir plėtros programos finansavimo šaltiniai

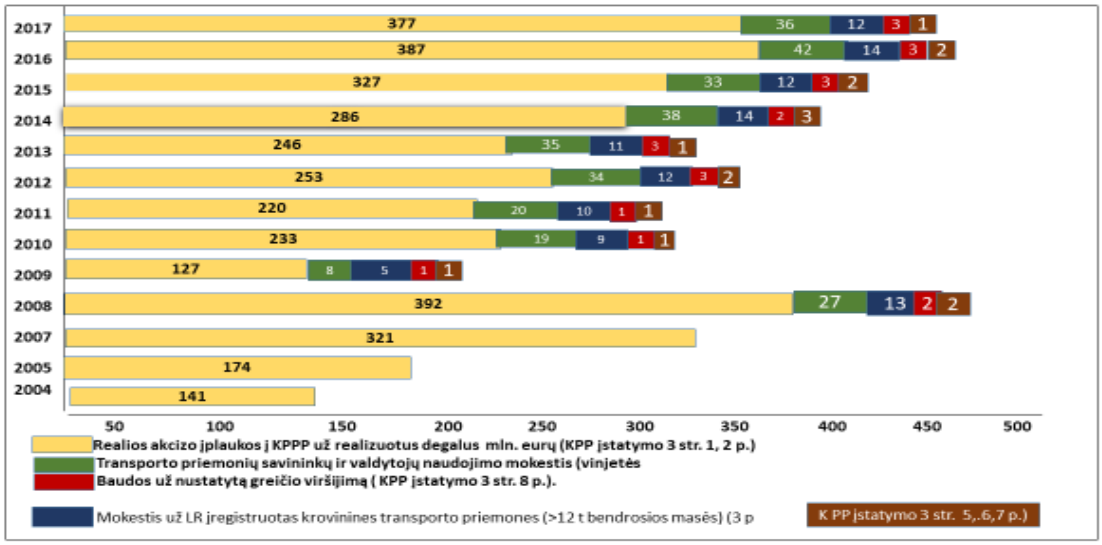
Lietuvos valstybės keliai ir jų priežiūra finansuojami iš dviejų pagrindinių šaltinių: 1) Biudžeto surinktų lėšų, kurios tvirtinamos kaip Kelių priežiūros ir plėtros programa; 2) Europos Sąjungos skiriamos paramos.

Finansavimas iš valstybės biudžeto. Lietuvos kelių tinklo finansavimas yra paremtas *Kelių priežiūros ir finansavimo įstatymu*, kurio 3 str. išvardyti lėšų šaltiniai: 1) Dalis akcizo pajamų, gautų už realizuotą benziną, dyzelinius degalus ir energetinius produktus, kurie pagaminti iš biologinės kilmės medžiagų ar su jų priedais ir skirti naudoti kaip variklių degalai; 2) Dalis akcizo pajamų, gautų už realizuotas suskystintas dujas, skirtas automobiliams (toliau - abu šaltiniai bus įvardijami kaip *Pajamos už akcizus*); 3) Mokestis už LR įregistruotas krovinines transporto priemones; 4) Kelių naudotojo mokestis; 5) Mokestis už naudojimąsi keliais važiuojant didžiagabaritėmis ir sunkiasvorėmis transporto priemonėmis; 6) Mokestis už eismo ribojimą; 7) Fizinių, juridinių asmenų, kitų organizacijų, jų padalinių ir užsienio valstybių tikslinės lėšos; 8) Lėšos iš baudų už greičio viršijimą, užfiksuotą stacionarią fiksavimo įranga.

Vertinant kiekvieno šių šaltinių reikšmę bendrame KPPP biudžeto formavimo kontekste, pastebimi skirtingi iš jų gaunamų įplaukų dydžiai. Pavyzdžiui, įplaukos iš *pajamų už akcizus* kasmet sudaro iki 85 proc. viso į KPPP biudžeto, iš *kelių naudotojo mokesčio* - 8-10 procentų, o įplaukos KPPP biudžetą iš likusių kitų pajamų šaltinių neviršija 7- 8 procentų (*2 lentelė*).

2 lentelė.

Faktinės įplaukos į KPPP iš Kelių priežiūros ir finansavimo įstatyme nustatytų šaltinių, mln. EUR.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Kelių direkcijos ataskaitas

Tikėtina, kad toks netolygus finansinių įplaukų pasiskirstymas, susiklosčius atitinkamomis aplinkybėmis, gali ženkliai apriboti biudžeto formavimo galimybes ir apsunkinti strateginį kelių priežiūros planavimą. Galima sakyti, kad panaši situacija atsitiko 2005 metais kai buvo atsisakyta vieno iš pagrindinių programos finansavimo šaltinio – atsiskaitymų nuo realizavimo pajamų (įplaukų). Paminėtina, kad *Kelių priežiūros ir finansavimo įstatyme* (2000 metų redakcija) įtvirtinti *atskaitymai nuo realizavimo pajamų* 2000

– 2005 metais buvo pagrindinis programos finansavimo šaltinis: gautos iš jo lėšos sudarė nuo 44 iki 48 % visų KPPP įplaukų. Šį mokestį mokėjo juridiniai asmenys, vertęsi prekybos veikla (iki 3 % nuo pajamų), automobiliams skirtų suskystintų dujų realizavimu (iki 0,5 % nuo pajamų), kredito įstaigos (išskyrus Lietuvos banką) iki 1 % nuo pajamų, gautų už maržas ir kitas paslaugas. *Mokestis visuomenėje buvo vertinamas gana nepalankiai, kadangi* nuo apyvartos renkamas mokestis prieštaravo apmokestinimo principams: jį mokėjo net tos įmonės, kurios neturėjo nei vienos transporto priemonės. Taip pat tai prieštaravo ES teisei. LR Seimas, įvertinęs šias aplinkybes, *2005 m. šį finansavimo šaltinį panaikino ir* tai sumažino įplaukas į programos biudžetą. Susidariusi situacija reikalavo ieškoti naujų būdų kaip papildyti sumažėjusį KPPP biudžetą.

Siekdama kompensuoti šių lėšų praradimą, Vyriausybė pasuko ne alternatyvių finansavimo šaltinių paieškos keliu, bet reguliuodama gaunamų pajamų už akcizą dalį. Jeigu 2000 metais buvo numatyta į KPPP pervesti 32 % gaunamų pajamų už akcizą ir šis dydis buvo daugmaž stabilus iki 2004 metų, tai vėliau išryškėjo šio procento didinimo tendencija: nuo 2004 m. iki 2005 m. gegužės 1 d. į KPPP buvo pervedama 40 % nuo surenkamų akcizų, nuo 2005 m. gegužės 1 d. - 50 %, nuo 2006 m. sausio 1 d. – 60 %, nuo 2006 m. liepos 1 d. – 70 %, o nuo 2008 m. sausio 1 d. – 80 % akcizo pajamų. Tiesa, nuo 2009 metų pervedama akcizo pajamų dalis sumažėjo iki 55 % (tokį staigų kritimą žemyn lėmė ekonomikos nuosmukis bei žymiai padidintas pats akcizas už degalus), tačiau 2014 metais į KPPP biudžetą pervesta 65 % pajamų nuo akcizų. 2018 metais – sumažinta iki 48 proc. Pagal *Kelių priežiūros ir finansavimo įstatymą* (2019 m. redakcija) KPPP finansuoti skiriama 50 proc. (nuo 2021 m. – 52 proc.) akcizo pajamų, gautų už realizuotą automobilių kurą, nors 2013 metais LR susisiekimo ministras akcentavo, kad iš akcizo pajamų į KPPP fondą turėtų būti pervedama ne mažiau kaip 80 proc. lėšų ir šiai nuomonei pritarė Lietuvos savivaldybių asociacija (Sinkevičius R, 2013).

Vertinant akcizų pajamų dalies nustatymo politiką, susidaro įspūdis, kad Seime priimant šiuo klausimu sprendimus dažnai pateikiami argumentai arba daromos prognozės, tinkamai neįvertinus realijų. Pavyzdžiui, 2017 m, Seime buvo nutarta akcizo pajamų dalies pervedimo į KPPP dydį sumažinti nuo 65 proc. iki 48 proc., motyvuojant, kad „ net sumažinus šį procentą programos finansavimas netgi šiek tiek išaugs, nes didinamas dyzelino akcizo tarifas bei auga realizuojamo kuro apimtys, taip pat neplanuojama iš kelių priežiūros programos lėšų imti kitoms reikmėms, kaip buvo iki šiol“ (Balčiūnaitė S, 2018). Tuo tarpu 2019 m. Seime jau buvo siūloma akcizo dalies dydį didinti iki 50 proc. kaip vieną iš argumentų nurodant, jog ne maža suma iš KPPP lėšų buvo pervesta kitų programų finansavimui ir tai atsiliepė kelių priežiūros kokybei (Bielevska J. 2019). Tai rodo, kad dažnai sprendimams priimti pasitelkiami ne ekonominį, bet labiau politiniai motyvai. Ir nors formaliai išlaikomas akcizų politikos nuoseklumas – laikomasi tarifų didinimo krypties, tačiau realiai nėra atliekamas išsamus ir sistemingas tokios politikos poveikio vertinimas, sprendimai nėra pakankamai paremti ekonominiais skaičiavimais. Taigi, darytina išvada, kad valstybės sprendimuose trūksta ilgalaikės strategijos ir „šeimininkiško“ požiūrio formuojant nacionalinę KPPP finansavimo politiką.

KPPP biudžetas formuojamas ne tik iš įstatyme įtvirtintų šaltinių įplaukų, bet stengiamasi ieškoti papildomų (alternatyvių) finansavimo galimybių kelių tinklo plėtrai. LAKD 2013 metais pristatė alternatyvų finansavimo šaltinį - viešojo ir privataus sektorių partnerystę, kai fiziniai ar juridiniai asmenys, organizacijos ir jų padaliniai, gali skirti tikslines lėšas valstybinės reikšmės kelių juostoje esantiems objektams įgyvendinti. Daugelio pasaulio valstybių patirtis rodo, kad viešojo ir privataus sektorių bendradarbiavimas gali teikti didelę naudą visuomenei, nes įgyvendinant partnerystės projektus privatus sektorius, naudodamas savo lėšas, patirtį ir iniciatyvą, gali teikti viešąsias paslaugas, gerinti jų kokybę, sukurti ir atnaujinti viešosioms paslaugoms teikti reikalingą turtą. Taigi, privatus sektorius, esant poreikiui, galėtų aktyviau prisidėtų prie automobilių kelių sektoriaus plėtros. Tačiau šio finansavimo būdo naudojimą apsunkina biurokratiniai reikalavimai vertinant visų galimų finansavimo alternatyvų kaštus, t.y. įvairiais aspektais nustatyti finansavimo naudingumą valstybei, todėl, tenka pripažinti, kad kol kas partnerystė kaip alternatyvi KPPP finansavimo galimybė Lietuvoje dar nevaidina tokio vaidmens, kokio iš jos buvo tikėtasi.

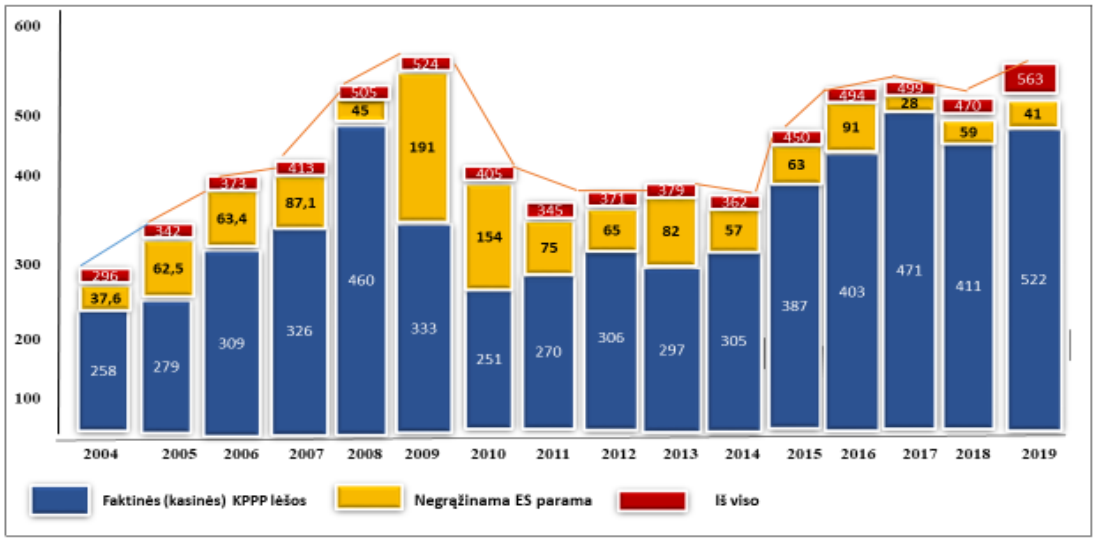
Europos Sąjungos negražinama parama. Lietuvos kelių tinklui finansuoti skiriama ES finansinė parama iš šių fondų: Sanglaudos fondo, Europos regioninės plėtros fondo bei Europos žemės ūkio fondo kaimo plėtrai. Ši parama skiriama konkretiems projektams ir negali būti naudojama Lietuvos atsakingų institucijų nuožiūra, tačiau turint šį papildomą pajamų šaltinį galima atitinkamai perskirstyti Lietuvos biudžeto lėšas (Lietuvos laisvosios rinkos, 2005). Europos Sąjungos suinteresuotumą finansuoti kelių infrastruktūros priežiūrą ir plėtrą Lietuvoje skatino didėjantis poreikis plėsti ir tobulinti tarptautinius transporto koridorius (Via Baltica, IXB ir kitus.). Vertinant ES paramos, kaip finansavimo šaltinio reikšmę, pastebėtina, kad įplaukos iš šio šaltinio vidutiniškai sudarė 22,73 % bendros kelių tinklo finansavimo sumos, tačiau žiūrint ES finansavimo pasiskirstymą per pastarąjį dešimtmetį, atsiskleidžia lėšų mažėjimo

tendencija: 2014 – 2020 m. (lyginant su 2007 – 2013 m. periodu) finansavimas iš ES fondų sumažėjo beveik 2 kartus - nuo 704 mln. eurų iki 390 mln. eurų.[16] Pavyzdžiui, jeigu 2016 m. iš ES fondų buvo panaudota 91,3 mln. eurų , 2018 m. - 72,8 mln. eurų, 2019 m. – 50,3 mln. eurų, tai 2020 m. planuojama panaudoti tik 40,3 mln. (Bielevska J, 2018). Taigi, mažėjančios įplaukos iš ES struktūrinių fondų įtakoja ir bendrą kelių priežiūrai skiriamų lėšų dydį, todėl, siekis išlaikyti pastovų jų augimą arba bent jau tokį pat lygį, iš valstybės reikalauja naujų finansavimo šaltinių paieškos arba įplaukų iš *Kelių priežiūros ir finansavimo įstatyme* nustatytų finansavimo šaltinių didinimo.

Remiantis Kelių direkcijos duomenis, nepaisant ES struktūrinės paramos sumažėjimui, bendras kelių priežiūrai skiriamas finansavimas nesumažėjo, bet turi tendenciją palaipsniui didėti (3 lentelė).

3 lentelė.

KPPP ir ES lėšų finansavimo dinamika, mln. Eur.



Šaltinis: Lietuvos Automobilių kelių direkcijos 2019 m. veiklos ataskaita, p. 2

2004 m. bendras KPPP fondas (valstybės biudžetas ir ES parama) buvo 296,5 mln. eurų, 2009 m. – 458 eurų, 2015 m. – 445mln., 2016 m. - 454 mln., 2018m. – 492 mln. eurų, 2019 m. – 563 mln. eurų. Tačiau klausimas, ar šių lėšų realiai pakanka pasiekti keliamus tikslus – kokybiškai įgyvendinti automobilių kelių priežiūrą?

Vertinant Lietuvos kelių finansavimo formavimo strategiją matome, kad šalyje vyrauja kelių infrastruktūros finansavimo iš bendrųjų mokesčių politika, būdinga valstybėms, kuriose kelių infrastruktūra suvokiama kaip viešoji paslauga naudinga visiems piliečiams, netgi tiems, kurie ja mažai naudojasi ar visai nesinaudoja. Valstybei ši sistema gali būti priimtina dėl santykinai paprasto lėšų administravimo (lėšos surenkamos iš bendros mokesčių sistemos, todėl nereikia atskirai kontroliuoti keliais besinaudojančių subjektų įmokų). Tačiau pagrindinis šio modelio trūkumas tas, jog susiformuoja pasiūlos (infrastruktūros) atotrūkis nuo paklausos (transporto srautų), kadangi naudotojai už šią paslaugą nemoka ir tai suponuoja pasiūlos trūkumą ir spaudimą biudžetui. Daugelyje ES valstybių į kelių infrastruktūrą žiūrima kaip į paslaugą, reikalingą konkretaus vartotojo susisiekimo poreikiui patenkinti. Ši paslauga grindžiama rinkos logika, todėl už ją nustatomas mokestis, atitinkantis paslaugos suvartojimo apimtis, įvertinant kelių susidėvėjimą, taršos ir triukšmo emisiją, kelių transporto poveikį aplinkai bei kitus veiksnius. Įvairių tyrėjų darbuose dažniausiai nurodomi tokie šio modelio pliusai: neperkelia (arba minimizuoja) mokesčių naštos nesinaudojantiems keliais; mažina perskirstymą per biudžetą ir valstybės finansuojamų funkcijų skaičių, skatina racionalų infrastruktūros naudojimą, todėl įmonės ar asmenys gali efektyviau paskirstyti savo išteklius ir kt. Manytina, jog šio modelio („moka vartotojas“) rėmuose Lietuvoje galimi įvairūs kelių finansavimo šaltiniai ir jų deriniai. Pavyzdžiui, mokesčių už kelius sistemą palaipsniui keisti tiesioginiais kelių mokesčiais arba naudotojo mokesčiais (išplečiant bazę), proporcingai sumažinant degalų akcizą ar kitus, kelių naudotojams tenkančius mokesčius.

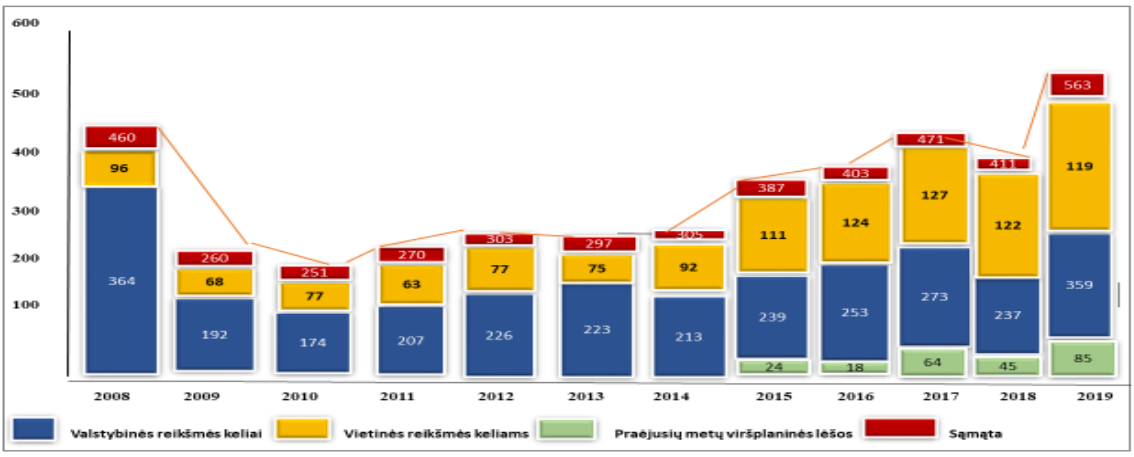
3. KPPP finansavimo lėšų paskirstymas ir naudojimas

Lietuvos automobilių kelių priežiūrai lėšos naudojamos vadovaujantis *Kelių priežiūros ir finansavimo įstatymu,* pagal kurį KPPP lėšos nukreipiamos trimis pagrindinėmis kryptimis: 1) valstybinės reikšmės kelių infrastruktūrai užtikrinti (65 proc. nuo visų lėšų); 2) savivaldybėms vietinės reikšmės kelių (gatvių) priežiūrai ir saugaus eismo sąlygų užtikrinimui (iki 2014 metų šioms reikmėms buvo skiriama 20 proc.

programos lėšų, nuo 2014 m. – 25 proc., o nuo 2015 metų – 30 proc.); 3) metinėje lėšų naudojimo sąmatoje numatomas iki 5 procentų Programos finansavimo lėšų rezervas kitoms valstybės reikmėms, susijusioms su keliais, finansuoti. Įstatyme atskirai numatyta specialiajai vietinės reikšmės žvyrkelių asfaltavimo programai skirti 2 proc. (nuo 2021 m. – 4 proc.) akcizo pajamų, gautų už degalus bei suskystintas dujas. Lėšos skirstomos vadovaujantis LR Vyriausybės patvirtinto *KPPP finansavimo lėšų naudojimo tvarkos aprašo* (toliau – *Kelių tvarkos aprašas*) normomis. IŠ KPPP fondų skiriamos valstybinės ir vietinės reikšmės keliams lėšos 2008-2019 metais buvo palaipsniui didinamos, tačiau ir ne visada proporcingą paskirstomos valstybinės ir vietinės reikšmės kelių infrastruktūrai plėtoti (4 lentelė).

4 lentelė.

Valstybinės ir vietinės reikšmės kelių finansavimas iš KPPP lėšų, mln. EUR



Šaltinis: Lietuvos Automobilių kelių direkcija.
http://lakd.lrv.lt/uploads/lakd/documents/files/finansavimas/bendras2019.pdf

Kelių priežiūrai skirtų lėšų naudojimo teisinio reguliavimo 2000 – 2020 metais analizė leidžia įžvelgti tam tikras lėšų panaudojimo reglamentavimo tendencijas.

Pirma, jeigu *Kelių priežiūros ir finansavimo įstatyme* (2000 m. redakcija) buvo tik bendrai nurodyta, kad „ programos finansavimo lėšos naudojamos automobilių keliams tiesti, modernizuoti, taisyti, prižiūrėti ir saugaus eismo priemonėms įgyvendinti“ (Kelių priežiūros, 2000) deleguojant Vyriausybei teisė nustatyti priemones, kurioms bus skiriamas finansavimas, tai vėliau išryškėjo tendencija šias priemones nustatyti įstatyminėmis normomis. Manytina, kad tokie teisinio reglamentavimo pokyčiai sudarė prielaidas didinti kelių priežiūros finansavimo stabilumą ir skaidrumą.

Antra, nuo 2002 metų sąrašas priemonių, kurioms skiriamas finansavimas iš programos lėšų įstatymo pataisomis kaskart buvo plečiamas. Pavyzdžiui, nuo 2003 m. Programos lėšos pradėtos naudoti keleivių ir transporto priemonių neatlygintino perkėlimo keltais per Kuršių marias išlaidoms kompensuoti, bei Šilutės rajono gyventojų ir jų lengvųjų transporto priemonių neatlygintino perkėlimo užlieta krašto kelio Šilutė–Rusnė atkarpa sąnaudoms kompensuoti. Nuo 2012 metų - valstybinės reikšmės keliuose įrengtai stacionariajai Kelių eismo taisyklių pažeidimų fiksavimo įrangai prižiūrėti ir informacijai apdoroti. 2019 m. Seimas papildė įstatymą (2019 m. gegužės 16 d. redakcija) straipsniu, numatančiu skirti finansavimą darbų kokybės kontrolės priežiūrai vietinės reikšmės kelių objektuose finansuoti bei specialiai vietinės reikšmės žvyrkelių asfaltavimo programai skirti 2 proc. (nuo 2021 m. – 4 proc.) akcizo pajamų. Kaip jau buvo minėta, pats priemonių įtraukimas į įstatymą nėra blogai, tačiau labai svarbu, jog šis „sąrašas“ didėtų proporcingai augančiam KPPP biudžetui. Priešingu atveju, KPPP turimomis lėšomis bus „nepajėgi“ užtikrinti visų įstatyme numatytų priemonių finansavimą taip, kaip iš jos tikimasi. Pastaruoju metu dėl ES finansinės paramos sumažėjimo bei likusios „tradicijos“ dalį programai skirtų lėšų panaudoti kitoms reikmėms, bendras KPPP finansavimo augimas yra sumažėjęs. Šios aplinkybės apsunkina Vyriausybei, atsakingai už Programos finansavimo lėšų naudojimo tvarką, užduotį tinkamai, nieko nenuskriaudžiant, paskirstyti lėšas. Kita vertus, tai gali sudaryti prielaidas pažeisti lėšų skirstymo skaidrumą, kai jos skirstomos vadovaujantis siaurais politiniais motyvais. Pavyzdžiui, visuomenėje kontraversiškai vertinamas su prezidento rinkimais siejamas Rusnės kaskados statybos projekto įgyvendinimas (Rusnės kelio, 2018; Urbonaitė R., 2019). Siekiant išvengti arba maksimaliai sumažinti tokias rizikas pirmiausiai būtina pagrįstai įvertinti, ar iš tiesų visos šiuo metu įstatyme įtvirtintos priemonės yra tiesiogiai susijusios su kelių priežiūros ir infrastruktūros plėtros vystymu, kad turi būti finansuojamos iš KPPP biudžeto. Pavyzdžiui, Kelių

muziejaus išlaikymas ir kelių srities istorinių vertybių įsigijimo bei eksponavimo finansavimas galėtų būti perduotas Kultūros ministerijos jurisdikcijai, bilietų už perkėlimą į Kuršių neriją kompensavimas arba institucijų bendradarbiavimo su užsienio valstybėmis kelių tinklo plėtros srityje finansavimas taip pat galėtų būti skirtas iš kitų fondų. Atitinkamai įvertinus iš KPPP finansuojamų priemonių sąrašą, programos lėšas galima būtų panaudoti tikslingiau.

Nors vietinės reikšmės keliai ir gatvės yra savivaldybių nuosavybė, tačiau jų plėtra ir priežiūra daugiausia finansuojama valstybės lėšomis. Siekiant optimaliau paskirstyti ir įsisavinti vietinės reikšmės keliams skirtas lėšas, 2019 m. buvo priimti keli teisinio reguliavimo pakeitimai. Pirma, *Kelių įstatymo* 16 str. įtvirtinta nuostata leidžianti nepanaudotą atitinkamų metų KPPP finansavimo lėšų dalį, jeigu ji ne mažesnė kaip 25 proc. nepanaudotų programos tų metų lėšų, naudoti vietinės reikšmės keliams ir gatvėms prižiūrėti (LR Kelių įstatymas, 2020). Antra, *Kelių tvarkos apraše* numatyta savivaldybių valdomiems vietinės reikšmės keliams skirti 90 proc. vietinės reikšmės keliams skiriamų programos lėšų. Šios lėšos turės būti skiriamos pagal naujus kriterijus: 1) 50 proc. - pagal nuolatinių gyventojų savivaldybėje skaičių; 2) pagal kelių ilgį, nurodytą savivaldybių patvirtintame kelių sąraše, kuriame taip pat nurodytas kelio numeris ir kelio pavadinimas: 2019 ir 2020 metais – 50 procentų, nuo 2021 metų – 40 procentų, nuo 2022 metų – 25 procentai, nuo 2023 metų – 0 procentų; 3) pagal Nekilnojamojo turto registre įregistruotų kelių ilgį: 2019 ir 2020 metais – 0 procentų, nuo 2021 metų – 10 procentų, nuo 2022 metų – 25 procentai, nuo 2023 metų – 50 procentų (Kelių aprašas, 2019). Taigi, perspektyvoje savivaldybėms lėšos bus skiriamos pagal du kriterijus: gyventojų skaičių ir Nekilnojamojo turto registre įregistruotų kelių ilgį, o tai reiškia, kad iki 2023 m. savivaldybės turi užregistruoti visus joms priklausančių kelius bei gatves.

Teisinio reguliavimo pokyčiai savivaldybėms iškėlė naujas arba paaštrino esamas problemas. Viena iš tokių - vietinės reikšmės kelių teisinės registracijos problema su kuria susiduria daugelis Lietuvos savivaldybių. Jos esmė ta, kad pagal įstatymus valstybinės reikšmės keliai nuosavybės teise priklauso valstybei, todėl ji turi juos tvarkyti ir prižiūrėti. Tačiau dažnai per rajono centrą einančios gatvės yra valstybinės reikšmės kelių atkarpos, todėl šias gatves ir jų šaligatvius taip pat turėtų prižiūrėti valstybė, bet paprastai jų priežiūros našta tenka ir savivaldybei. Tokiu atveju savivaldybėms reikėtų skirti papildomų lėšų arba Kelių direkcija turėtų pirkti paslaugą, kad šaligatviai ir pėsčiųjų takai būtų tinkamai prižiūrimi. Tačiau dėl netinkamos šių kelio atkarpų registracijos lėšų klausimas dažniausiai stringa arba nesprendžiamas. Šios problemos egzistavimą liudija faktas, kad 2018 m. Lietuvoje iš viso buvo apie 1350 tūkst. kilometrų valstybinės reikšmės kelių, neatitinkančių jų funkcinės paskirties, t.y. teisiškai netinkamai įformintų. Kita problema – savivaldybėms priklausančių kelių sąrašo sudarymas. Ši problema tapo ypač aktuali KPPP lėšas pradėjus skirstyti pagal bendrą kelių ilgį, nurodytą savivaldybių patvirtintame vietinės reikšmės kelių sąraše. Atsižvelgiant į tai iš savivaldybių reikalaujama pateikti minėtus kelių sąrašus, tačiau, Kelių direkcijos duomenimis dažnai šių sąrašų pateikimas vėluoja arba jie pateikiami su trūkumais: daliai kelių nesuteikiant pavadinimų ar numerių, savivaldybių patvirtinti kelių ilgiai nesutampa su Statistikos departamento duomenimis, sąrašuose įrašyti ne savivaldybei priklausantys keliai – valstybinės reikšmės, miškų urėdijų valdomi ar einantys per privačias žemes keliai, sąrašuose įrašyti perspektyviniai, realiai neegzistuojantys keliai, kai kuriais atvejais kyla abejonių, ar sąrašuose įrašytas kai kurių kelių ilgis atitinka realų kelio ilgį ir kt. Kelių direkcijos duomenimis 2019 m. savivaldybėms priklausančių kelių sąrašų, kaip netinkamai parengtų, buvo pripažinta net 67 proc. (Šreiberis V, 2019). Pastebėtina, jog Kelių direkcija ir savivaldybės skirtingai įžvelgia šių problemų priežastis. Pirmoji kaltina savivaldybių pasyvumą ir nekompetenciją, pastarosios – teisinį biurokratizmą, varžantį kelių sąrašų sudarymą. Vienareikšmiai įvertinti šių institucijų atsakomybės dydį sunku, tačiau bet kokiu atveju tokia padėtis situacijos neapibrėžtumą ir apsunkina problemų sprendimą.

Kelių priežiūros finansavimo teisinio reglamentavimo ir skirtų lėšų panaudojimo analizė leidžia identifikuoti keletą problemų, kurios, mūsų nuomone, apsunkina kelių infrastruktūros plėtrą ir gali sutrukdyti įgyvendinti KPPP numatytus veiklos tikslus.

Pagrindinė problema yra ta, kad sparčiai intensyvėjant kelių transporto srautams bei augant automobilių skaičiui, kelių techninės būklės priežiūrai ir naujų kelių tiesimui skiriamas finansavimas nesuponuoja galimybių įveikti iškilusius iššūkius, t. y. nepakankamas. Šį teiginį patvirtina *„2015 – 2020 m. LR valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programoje“* keliamų tikslų ir jų įgyvendinimo sąlygų analizė. Programoje, laikantis darnios plėtros principų, buvo keliami uždaviniai: modernizuoti ir plėtoti valstybinės reikšmės automobilių kelių tinklą, užtikrinti jo funkcines savybes, gerinti eismo saugą, apsaugoti ir gerinti supančios aplinkos kokybę bei visuomenės sveikatą ir kt. Tikslams pasiekti, buvo sudaryti trys galimi finansavimo scenarijai, kurių kiekviename pateikti skirtingi programos finansavimo dydžiai ir pagal juos atitinkamai paskaičiuoti prognozuojami programos tikslų įgyvendinimo rezultatai. Pagal *pirmąjį* scenarijų buvo skaičiuojama, kad 2015-2020 metais KPPP finansavimui kasmet bus skiriama 482,16 mln.

eurų, pagal *antrąjį* – 591,8 mln. eurų ir *trečiąjį* – 784 mln. eurų. Norint visaverčiai užtikrinti kelio tinklo plėtrą, ženkliai pagerinti eismo saugumą, užtikrinti aukštą kelių priežiūros lygį bei pasiekti, kad šalyje kelių dangos dalis ekspertų pripažinta kaip „bloga“ (2014 m. ji sudarė 27 proc.) būtų sumažinta iki 22 proc. o dangos dalis, laikoma „gera“ nuo 38 proc. (2014 m.) išaugtų 2020 metais iki 42 procentų būtina kasmet kelių priežiūrai skirti virš 700 mln. eurų (trečias scenarijus). Tačiau realiai Lietuvoje 2015 - 2020 metais KPPP finansavimui kasmet vidutiniškai buvo skiriama po 510 mln. eurų, kas prilygsta beveik pirmojo (pesimistinio) scenarijaus variantui. Pagal tokį finansavimą galima užtikrinti tik minimalią (palaikomąją) kelio tinklo plėtrą, blogos kelių tinklo dangos dalis nuo 27 proc. turėtų išaugti iki 33 proc. (2015-2020 KPPP 2 priedas, 2015). Kitaip tariant, toks finansavimas, koks yra dabar, neužtikrina reikalingo kelių tinklo būklės gerinimo, bet padeda tik minimaliai palaikyti esamą kelių būklę, kuri dėl eismo intensyvumo ir kitų aplinkybių pasmerkta pamažu prarasti esamas kokybines charakteristikas. Taip pat nors pagal Kelių direkcijos pateikiamus duomenis atrodytų, kad KPPP finansavimas kasmet didėja, tačiau, jeigu šių lėšų dydį susiesime su Lietuvos BVP augimo dinamika, tai pamatysime, jog kelių priežiūrai nuo bendro vidaus produkto skiriama vis mažiau lėšų. Pvz. 2004 m. kelių priežiūrai buvo skirta 1,34 proc. nuo šalies BVP , 2007 m. – 1,14 proc., 2009 m. – 0,84 proc., 2015 m. – 0,9 proc. 2018 m. – 0,98 proc. Taigi, nors kelių priežiūrai skiriamų lėšų dydis absoliutine skaičių išraiška ir auga (tuo mėgsta manipuliuoti politikai), tačiau finansavimo didinimas „atsilieka“ nuo bendro šalies ekonomikos augimo bei didėjančių poreikių.

Kita kelių infrastruktūros finansavimo problemų yra ta, jog nuo 2009 m. yra susiformavusi ydinga praktika, dalį programos lėšų skirti kitoms bendro biudžeto reikmėms finansuoti, nors pagal įstatymus KPPP įplaukos gali būti naudojamos tik automobilių kelių srities reikmėms finansuoti. Nuo 2009 iki 2017 m. bendroms biudžeto reikmėms iš programos paimta apie 657 mln. eurų (LR Kelių direkcijos ataskaita, 2018). Pavyzdžiui, 2009 m. mažinant biudžeto išlaidas, iš kelių fondui skirtų 458 mln. eurų kitoms reikmėms buvo panaudota net 30 proc. lėšų. Faktinis kelių finansavimas 2016 m. iš KPPP siekė 403 mln. eurų – vietoj suplanuotų 454 mln. eurų, tad neįsisavinta dalis sudarė virš 10 proc. programos lėšų, 2017 metais – liko neįsisavinta virš 30 mln. eurų. 2018 m. Seimas priėmė nutarimą PVM lengvatas šildymui dengti iš Kelių fondo lėšų, tad fondas neteko 32 mln. eurų. Seimo sprendimu 2019 m. Kelių programoje buvo įšaldyta 142 mln. eurų lėšų šiuos pinigus skyrus vaiko pinigų ir kitų socialinių išmokų didinimui. Kelių direkcijos teigimu, dėl to būtų išasfaltuota apie 230 kilometrų žvyrkelių mažiau nei planuota. Apibendrintai galima teigti, jog dėl susiklosčiusios ydingos praktikos realiai kelių priežiūrai skirta pinigų suma skiriasi nuo oficialiai KPPP finansuoti numatytos sumos, todėl kelių sektorius negauna net pagal įstatymą jam priklausančių pinigų. Manytina, kad pagrindinės to priežastys – nėra ilgalaikės, detalios ir konkrečiais finansavimo šaltiniais pagrįstos Kelių priežiūros ir plėtros programos, planavimas vyksta metams į priekį ir tai su tam tikromis išlygomis, kas sukelia visą eilę įgyvendinimo, logistikos problemų.

Kaip problemą, apsunkinančią kelių infrastruktūros ilgalaikės strategijos formavimą, galima įvardyti teisinio reguliavimo, nustatančio degalų akcizo dalies, pervedamos į KPPP finansavimo programos sąskaitą, dažną keitimą bei iš šio programos finansavimo šaltinio lėšų pervedimą kitoms reikmėms (Pavyzdžiui, nuo 2015 m. sausio 1 d. į KPPP pervedama 65 proc. akcizo pajamų, o realiai, atėmus bendroms biudžeto reikmėms skiriamą dalį, pervedama dalis sudaro apie 52 proc.). Todėl tikslinga būtų minėto akcizo dalį padidinti iki 70 -80 proc. ir įstatymo normomis įtvirtinti draudimą lėšas iš šio finansavimo šaltinio skirti kitoms reikmėms.

Vietinės reikšmės kelių tinklo infrastruktūros plėtrai skiriamų lėšų įsisavinimo bei savivaldybių veiklos efektyvumą riboja šios aplinkybės: 1) dėl nebaigtos vietinių kelių inventorizacijos ir teisinio registravimo trūksta patikimos informacijos, galinčios atskleisti esamą vietinės reikšmės kelių ir gatvių būklę; 2) nesukurta bendra vietinės reikšmės kelių būklės stebėsenos (monitoringo) sistema; 3) nenustatomas ir neanalizuojamas realus kelių ir gatvių priežiūros ir plėtros finansavimas ir lėšų poreikis; 4) nepakankamai koordinuojama visų suinteresuotų institucijų veikla, dėl to reikiamai neužtikrinamas, projektų įgyvendinimo nuoseklumas; 5) lėšų skyrimo tvarka neskatina jas naudoti investicijoms, taip prailginant kelių naudojimo laiką; 6) teisės aktais nėra apibrėžta prioritetinių valstybei vietinės reikšmės kelių sąvoka, todėl sprendimą dėl vietinės reikšmės kelio finansavimo priima savivaldybė, kas bendrame KPPP finansavimo kontekste gali sukelti lėšų paskirstymo problemų.

Šiuo metu kelių priežiūrai ir infrastruktūrai plėtoti lėšos skiriamos pagal Vyriausybės kasmet tvirtinamas finansines sąmatas. Tačiau kelių plėtros projektų įgyvendinimo praktikai būdinga įgyvendinti ne, vienerių metų projektus ar rangos sutartis, kai darbų užbaigimas persikelia į kitus metus. Todėl būtų tikslinga, kad ir KPPP finansavimo planavimas, atsižvelgiant į projektų mastą bei trukmę, būtų pertvarkytas į 3 - 4 metų programos finansavimo sąmatos planavimą. Vyriausybė galėtų patvirtinti sąmatą ilgesniam laikotarpiui, kas leistų KPPP įgyvendinančioms įstaigoms galimybę lanksčiau disponuoti lėšomis reaguojant į rinkos pokyčius ir tokiu būdu sutaupyti daugiau lėšų.

Išvados

1. Lietuvos automobilių kelių tinklas pagal tankumą yra visiškai susiformavęs, tačiau neatitinka techninių parametrų, netenkina didėjančių transporto srautų poreikių ir neatitinka ES transporto infrastruktūros išsivystymo lygio. Tą patvirtina automobilių kelių dangos kokybės lygio vertinimo rezultatai.

2. Lietuvos kelių tinklo finansavimas pagrinde įgyvendinamas skiriant lėšas iš *Kelių priežiūros ir finansavimo įstatyme* įtvirtintų šaltinių, iš kurių įplaukos į KPPP fondą labai skiriasi. Tai rodo, kad Lietuvos kelių finansavimo sistema yra pernelyg priklausoma nuo vieno finansavimo šaltinio – nuo akcizo pajamų. Nustatant pajamų nuo akcizo dydį nėra atliekamas išsamus ir sistemingas šios politikos poveikio vertinimas, sprendimai dažnai priimami remiantis ne ekonominiais skaičiavimais, bet politiniais motyvais. Lietuvos kelių finansavimo šaltinių analizė atskleidė, kad Lietuvoje vyrauja kelių infrastruktūros finansavimo iš bendrųjų mokesčių politika kai kelių infrastruktūra suvokiama kaip viešoji paslauga, bet nekaip rinkos logika grindžiama paslauga, reikalinga konkretaus vartotojo susisiekimo poreikiui patenkinti.

3. Lietuvos automobilių kelių priežiūrai lėšos įstatymo nustatyta tvarka skiriamos valstybinės ir vietinės (savivaldybėms) kelių infrastruktūrai užtikrinti metinėje lėšų naudojimo sąmatoje paliekant iki 5 procentų rezervą kitoms valstybės reikmėms, susijusioms su keliais, finansuoti. Lėšų paskirstymo teisinio reguliavimo tyrimas parodė, kad *Kelių priežiūros ir finansavimo įstatyme* nustatytas sąrašas priemonių, kurioms skiriamas finansavimas iš programos lėšų buvo plečiamas, įtraukiant naujas priemones, kurių sąsajos su kelių priežiūros ir infrastruktūros plėtros vystymu kelia abejonių. Finansavimas keliams paskirstomas netolygiai, priklausomai nuo ekonominės situacijos. Vietinės reikšmės kelių tinklo infrastruktūros plėtrai skiriamų lėšų įsisavinimo efektyvumą mažina savivaldybių administruojančios institucijų veiklą ribojančios aplinkybės: dėl vietinių kelių inventorizacijos (kelių sąrašo sudarymo) ir teisinio registravimo problemų trūksta informacijos, galinčios atskleisti esamą vietinės reikšmės kelių ir gatvių būklę ir jos pokyčius; nėra bendros vietinės reikšmės kelių būklės stebėsenos sistemos; trūksta mokslinių tyrimu analize paremto kelių ir gatvių priežiūros ir plėtros finansavimo poreikio nustatymo ir kt.

4. Sparčiai intensyvėjant kelių transporto srautams Lietuvoje bei augant automobilių skaičiui, kelių techninės būklės priežiūrai ir naujų kelių tiesimui skiriamas finansavimas yra nepakankamas, o KPPP skirti pinigai gana dažnai panaudojami kitoms biudžete numatytoms programoms finansuoti. Pagal esamą finansavimą galima užtikrinti tik minimalią palaikomąją kelio tinklo priežiūrą.

Literatūra

1. Balčiūnaitė S. *Seimas: kelių priežiūrai kitąmet teks beveik pusė degalų akcizo pajamų. BNS*. [interaktyvus] 2018, [žiūrėta 2020.04.12]. Prieiga per internetą https://www.delfi.lt/verslas/transportas/seimas-keliu-prieziurai-kitamet-teks-beveik-puse-degalu-akcizo-pajamu.d?id=76555083
2. Bielevska J. *Seime – nesutarimai dėl kelių priežiūros finansavimo*. [interaktyvus], 2019, [žiūrėta 2020.02.16], Priega per internetą: https://www.diena.lt/naujienos/verslas/ekonomika/seime-nesutarimai-del-keliu-prieziuros-finansavimo-897970
3. Commission of the European Communities. *White paper. European transport policy for 2010: time to decide.* [interaktyvus], 2001, [žiūrėta 2019.11.15]. Prieiga per internetą: http://ec.europa.eu/transport/strategies/doc/2001_white_paper/lb_com_2001_0370_en.pdf>.
4. Kelių priežiūros ir plėtros programos finansavimo naudojimo tvarkos aprašas, patvirtintas Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2005 m. balandžio 21 d. nutarimu Nr. 447 (Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2019 m. vasario 13 d. nutarimo Nr. 148 redakcija), *Valstybės žinios*, 2005-04-26, Nr. 53-1799
5. Lietuvos Respublikos Kelių įstatymas (*redakcija nuo 2020-01-01), Valstybės žinios*, 1995-05-26, Nr. 44-1076.
6. LR Kelių direkcijos 2018 m. ataskaita. [interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2020.02.25]. Prieiga per internetą. https://lakd.lrv.lt/uploads/lakd/documents/files/planavimo_dokumentai/2018/veiklos_ataskaita_2018.pdfLietuvos Respublikos Kelių fondo įstatymas (1995), *Valstybės žinios*, 1995-02-08, Nr. 12-259 (negalioja).
7. Lietuvos Respublikos kelių priežiūros ir plėtros programos finansavimo įstatymas. *Nauja įstatymo redakcija nuo 2014-11-01, paskelbta TAR 2014-05-27, i. k. 2014-05729.*
8. Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros 2015–2020 m. programa, patvirtinta Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie susisiekimo ministerijos direktoriaus 2015 m. rugsėjo 24 d. įsakymu Nr. V(E)-192. TAR, 2015-09-24, Nr. 14142.
9. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2005 m. balandžio 21 d. nutarimas Nr. 447 *„Dėl LR Kelių priežiūros ir plėtros programos finansavimo įstatymo įgyvendinimo*“, Valstybės žinios, 2005-04-26, Nr. 53-1799.
10. Lisbon European Council, Presidency Conclusion. [interaktyvus], 2000. [žiūrėta 2019.06.12]. Prieiga per internetą: <http://www.bologna-berlin2003.de/pdf/PRESIDENCY_CONCLUSIONS_Lissabon.pdf.
11. Prabilo apie kelininkų problemas: skiriama mažiau lėšų, nei galima, sutartys vėluoja, darbų apimtys traukiasi. *Gazas* [interaktyvus], (2018), [žiūrėta 2020.03.15]. Prieiga per internetą

https://www.15min.lt/gazas/naujiena/gatve/prabilo-apie-kelininku-problemas-skiriama-maziau-lesu-nei-galima-sutartys-veluoja-darbu-apimtys-traukiasi-221-982626?copied

12. Rusnės kelio statyba – nauji terminai, abejonės dėl skaidrumo. Kauno diena (2018). Prieiga per internetą. https://kauno.diena.lt/naujienos/klaipeda/miesto-pulsas/rusnes-kelio-statyba-nauji-terminai-abejones-del
13. Sergijenko D. *Prabilo apie kelininkų problemas: skiriama mažiau lėšų nei galima*. *Gazas, 2018 m. birželio 6 d.*[interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2020.01.07]. Prieiga per internetą https://www.15min.lt/gazas/naujiena/gatve/prabilo-apie-kelininku-problemas-skiriama-maziau-lesu-nei-galima
14. Smalinskas V. *Lietuvos keliai: nuolatinė pažanga Europos link. Kelias* Nr.2 [interaktyvus], 2004, [žiūrėta 2016-03-19]. Prieiga per internetą: http://www.verslobanga.lt/lt/leidinys.full/4060393b3f80d.
15. Sinkevičiaus R. *Būtinas kelių priežiūros ir plėtros finansavimo didinimas*. *LR Susisiekimo ministerija* [interaktyvus], 2013, [žiūrėta 2020.03.21]. Prieiga per internetą. https://sumin.lrv.lt/lt/naujienos/susisiekimo-ministras-rimantas-sinkeviciaus-butinas-keliu-prieziuros-ir-pletros-finansavimo-didinimas.
16. Šreiberis V. *Dėl vietinės reikšmės kelių sąrašų tinkamumo. Lietuvos automobilių kelių direkcija* [interaktyvus], 2019, [žiūrėta 2020.04.12].. Prieiga per internetą. https://lakd.lrv.lt/uploads/lakd/documents/files/Naujienos/2019-01-29/vsreiberis.pdf
17. Transporto ir kelių tyrimų institutas: *2002 – 2015 metų LR valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programa, II tomas.* [interaktyvus], 2001, [žiūrėta 2019-03-19]. Prieiga per internetą: <www.lra.lt/admin/file.php?id=3>.*]*
18. Urbonaitė R. *Paskelbimas Rusnėje yra padarytas labai tikslingai*. *BNS*, [interaktyvus], 2019, [žiūrėta 2020.03.21].Prieiga per internetą https://www.delfi.lt/news/daily/lithuania/politologe-paskelbimas-rusneje-yra-padarytas-labai-tikslingai.d?id=80132667.
19. *Veteranai susirūpino keliais*. Diena media inf. 2009.03.31 [interaktyvus] 2009, [žiūrėta 2020.01.07]. Prieiga per internetą: https://m.diena.lt/naujienos/lietuva/transportas/veteranai-susirupino-keliais-316271 [3]
20. 2015–2020 m. Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programos 2 priedas [interaktyvus], 2015, [žiūrėta 2019. 10.15]. Prieiga per internetą https://www.google.lt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=2ahUKEwiEnfiF_fffAhVo

FINANCING OF LITHUANIAN ROAD INFRASTRUKTURE: PROBLEMATIC ASPECTS

Summary

The article analyses the Lithuanian road infrastructure financing system and its impact on the quality of the road network. The study examines the sources of road maintenance financing, the distribution of funds for roads of state and local significance. Road infrastructure has a direct and indirect impact on the economy; therefore, sufficient resources must be allocated to these objectives in order to ensure its proper development and maintenance. However, funding for roads is insufficient, and the current funding system is inefficient due to problems in this area. The analysis of the road financing system identified the main problems hindering the rational distribution of funds and absorption of investments in roads: insufficient and unequal funding, inefficient road charging system, irrational distribution of Road Maintenance and Development Program funds to state and local roads and regions. Suggestions are made on how to improve the road infrastructure financing system in the future.

Key words: road infrastructure, road maintenance, road network financing.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kęstutis Vitkauskas
Mokslo laipsnis ir vardas: Humanitarinių mokslų daktaras, socialinių mokslų docentas
Darbo vietą ir pozicija: Kauno technikos kolegijos Kelių inžinerijos studijų programos docentas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: teisė ir viešas administravimas.
Telefonas ir el. pašto adresas: kestutis.vitkauskas@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kęstutis Vitkauskas
Science degree and name: doctor, associated professor.
Workplace and position: Associate Professor of Road Engineering study programme at Kaunas University of Applied Engineering Sciences.
Author's research interests: law and public administration
Telephone and e-mail address: kestutis.vitkauskas@edu.ktk.lt

COMPARATIVE ANALYSIS OF ENERGY AND ECOLOGICAL INDICATORS OF A COMPRESSION-IGNITION ENGINE FUELLED WITH A MIXTURE OF DIESEL, RAPESEED OIL AND ISOPROPANOL

Badari Vishal Davu, Alfredas Rimkus, Jonas Matijošius
Vilnius Gediminas technical university

Abstract

The demand for fossil fuels like gasoline, diesel, etc., is rising fluently while their stock is depleting rapidly. Rapeseed oil is considered one of major alternative sources. In this study a comparison of diesel fuel, the rapeseed oil and the isopropanol mixtures were taken and produced various fuel blends at D50RO45P5, D50RO40P10 and D50RO30P20 proportions. These blends were produced with 5%, 10%, and 20% alcohol, tends to have greater energy and ecological characteristics. By taking these different mixture fuels, the engine performance was analysed by taking various loads and output is shown in the graphs.

Key words: Rapeseed oil; Compression ignition; Combustion; Emissions; Energy; Biodiesel

Introduction

Energy consumption is growing exponentially as a result of rapid improvements in human living standards. Fossil fuels now play a significant role in the transportation, manufacturing sectors, and agricultural sectors. Meanwhile, the supply of petroleum resources is fundamentally limited, Biodiesel is a potential solution for replacing fossil fuels given its low efficiency characteristics in engines for improved environmental protection and the enforcement of stringent regulations on emission standards over internal combustion engines. Biodiesel is a natural mixture of fatty acid methyl esters, non-toxic, biodegradable, sulphur-free, environmentally safe and renewable sources of energy, with the ability to minimize pollutant levels in internal combustion engine exhaust emissions because it is produced from (non-edible) vegetable oils and animal fats. It was found that if the amount of alcohol is mixed with the non-edible oil of rapeseed gives the better performance and emissions results at various load conditions, also it improves to cool down while operating with lower temperature engine (Hajjari et al. 2017; Rajak et al. 2019; Srinivasa Rao and Anand 2015) Experiments were carried out to analyse the performance and emission characteristics of a four stroke, direct injection diesel engine fuelled with diesel, rapeseed oil, and isopropanol blends at different loads at the speed of 2000 rpm, isopropanol mixed with diesel at different proportions in a compression ignition engine without implementing any modifications. The efficiency parameters such as, brake fuel consumption, brake-specific energy consumption, and brake thermal efficiency and ecological parameters such as carbon dioxide, hydrocarbons, oxides of nitrogen, and smoke opacity were analysed and then compared with that of diesel fuel. The goal of this study is to replace 50% of diesel with biofuels (rapeseed oil and isopropanol) and to investigate engine performance under these fuel blends.

Fuels and Properties

As we know that biofuels are classified as biodiesel plant oils and other oxygenated fuels later referred to as “additives”. Here are some major properties of different proportion mixtures like density, carbon, hydrogen, oxygen, lower heating value, and cetane number content of all the biofuels is compared to the diesel fuel (Table 1). As we analysed increasing small amounts of alcohol in the blends, there is increasing of slight oxygen content and this results to the slight decrease of lower heating value. However, the standard diesel fuel does not contain oxygen although the structure contains a large amount of oxygen in all the biofuels. According to the cetane number, it results as an indicator of ignition quality. The cetane number of a diesel fuel is correlated to the time of ignition delay, i.e. the time between fuel injection into the cylinder and start of ignition. Biodiesel offer a promising alternative to reduce emissions from CI engines due to their oxygen content (Knothe 2005; Patel et al. 2016; Senthur Prabu et al. 2017) .

Analysis is conducted using 100% pure diesel fuel and blends prepared with specific amounts of diesel (D), pure rapeseed oil (RO), and Isopropanol (P). The first blend contains 50% Diesel, 45% Rapeseed oil and 5% Isopropanol (D50RO45P5), the second blend contains 50% Diesel, 40% Rapeseed oil, and 10% Isopropanol (D50RO40P10); and the last blend contains 50% Diesel, 30% Rapeseed Oil and 20% Isopropanol (D50RO30P20). The properties of the blended fuels including density, mass fraction and lower heating value are determined using the formula.

$$\text{Property of mixture fuel} = \sum [(\text{percentage of mixture} * \text{property of the fuel}) \quad (1)$$

Table 1

Properties of mixtures at different compositions

PROPERTIES	D100	D50RO45P5	D50RO40P10	D50RO30P20
Density (kg/m^3)	843	872.9	866.4	853.3
Mass Fraction (%): Carbon	86.3	81.2	80.3	78.5
Hydrogen	13.7	12.0	12.1	12.5
Oxygen	0	6.0	6.9	7.9
Lower Heating Value (MJ/kg)	42.3	34.54	34.09	33.13
Cetane number	51	31.9	27.8	24.6

Source: compiled by authors

Experimental setup

Tests were carried out at Vilnius Gediminas Technical University's Laboratory of Transport Engineering and Logistics, Faculty of Transport Engineering. Audi / VW TDI 4-cylinder CI engine with BOSCH VP37 type electronically controlled fuel pump, standard mechanical fuel injection system, and turbocharger were used for testing. Installation of test bed showed in figure 1. Study of other scholars demonstrates test engine parameters (Juknelevičius et al. 2019).

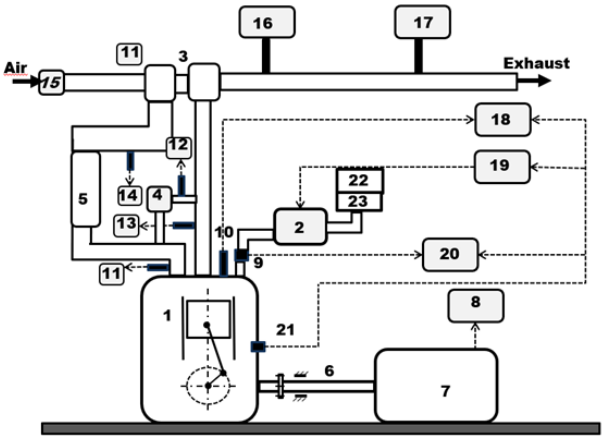


Fig. 1. The scheme of test bed: 1 –Engine; 2 – Fuel pump; 3 – Turbocharger; 4 – EGR valve; 5 – Air cooler; 6 – Connecting shaft; 7 – Engine load plate; 8 – Engine torque equipment; 9 – Fuel injection timing sensor; 10 – Cylinder pressure sensor; 11 – Intake gas temp meter; 12 – EGR temp. meter; 13 – Exhaust gas temp. meter; 14 – Air pressure meter; 15 – Air mass meter; 16 – Gas analyser; 17 – Smoke analyser; 18 – Cylinder pressure recording equipment; 19 – Fuel injection timing control equipment; 20 – Fuel injection timing recording equipment; 21 – Crankshaft position sensor; 22 – Fuel ; 23 – Fuel consump. calculation equipment.

Source: compiled by authors

Effective torque of the engine M_e and speed of the crankshaft n is determined by means of a stand KI-5543. The measurement error for the torque is ±1.23 Nm. Fuel consumption was measured with electronic scale and stopwatch of test SK-5000 with 0.5% measurement error. Exhaust gas emissions were measured using AVL DICOM 4000 gas (CO, CO_2, HC, NOx) analyser and smoke-AVL DiSmoke (Rimkus, Melaika, and Matijošius 2017).

Results and discussions

The main objective of the work is to provide the main ideas of an energy and ecological indicators for a wide range of engine operating points of various ternary fuel mixtures with load *BMEP* of 0.2; 0.4; 0.6 MPa containing blends of rapeseed oil and some amount of isopropanol (D50RO45P5, D50RO40P10 and D50RO30P20) in terms of combustion efficiency and emissions. After tests at different loads at 2000 rpm, we present trends in changes in energy and ecological indicators

Energy Indicators

An indicator of fuel efficiency is the brake-specific fuel consumption (*BSFC*). It is the fuel mass consumption rate B_{f_m} (Fig. 2) divided by the produced power. From figure 3, we can generally say that the *BSFC* values of biodiesel fuels are much higher than those of diesel for all brake power and the same would increase with an increase in the percentage of blends, its mainly depends upon the correlation between the fuel density, the lower heating value of the fuel, due to the higher amount of fuel consumption of the blends comparing with the diesel fuel. (Raman et al. 2019; Saravanan et al. 2020). At higher load of 0.6 MPa for the

mixtures i.e., 5%. 10%, and 20% of alcohol approximately 8%, 10%, and 11% more amount of fuel is required respectively, since in biodiesel-based fuels the values of calorific values are low when compared to diesel from figure 2. In fuel mass due to the addition of the alcohol percentage the consumption of the fuel tends to increase. It was shown the brake specific fuel consumption at different loads in figure 3. At the higher loads as it decreases with the alcohol proportions of 5%, 10%, and 20% approximately at 9%, 10.5%, and 11%.

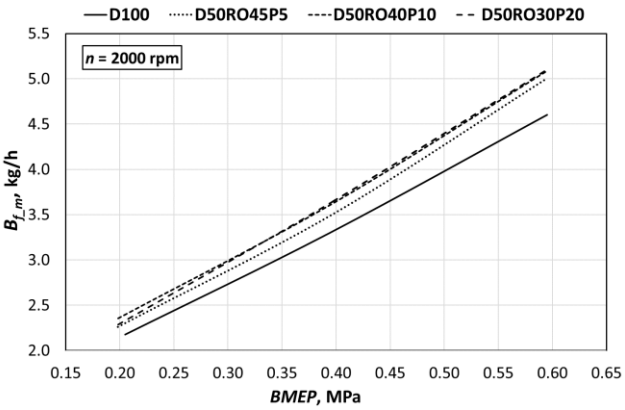


Fig. 2. Fuel mass consumption (B_{f_m}) at different loads

Source: compiled by authors

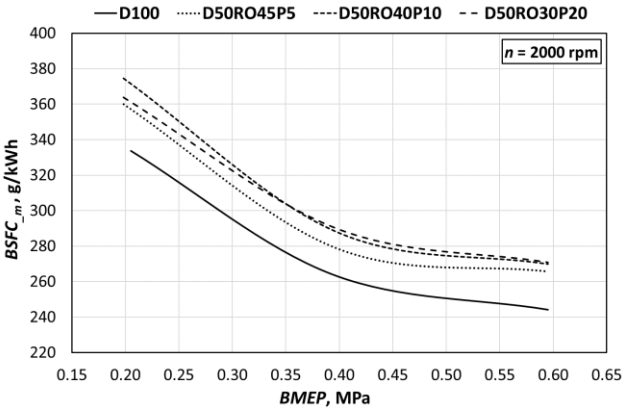


Fig. 3. Brake specific fuel consumption (*BSFC*) at different loads

The engine's Brake Thermal Efficiency (*BTE*) largely depends on the combustion efficiency and combustion completeness. Since *BTE* is the ratio of the brake work per cycle to the chemical energy emitted during the combustion. The chemical energy produced in a cycle depends on the mass of the fuel injected per cycle and the heating value respectively, where the brake power remains constant for all the fuels at a given load, the brake thermal efficiency only hinge on the fuel's specified caloric value. The calorific values of the blends of rapeseed oil were lower than diesel comparatively (Ogunkoya and Fang 2015) (Chhabra, Sharma, and Dwivedi 2017).

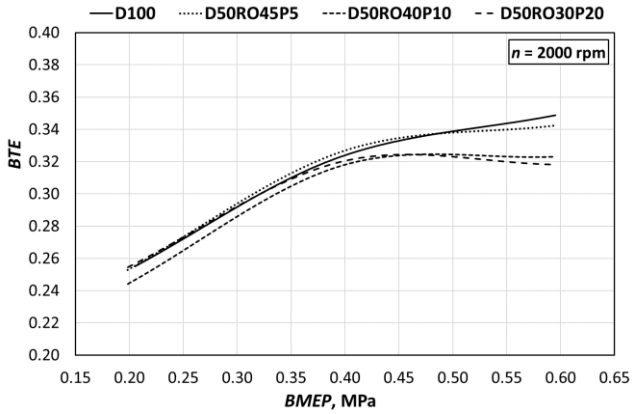


Fig. 4. Brake thermal efficiency (*BTE*) at different loads

Source: compiled by authors

Although increasing the concentration of isopropanol would decrease the fuel's calorific value, but it will also increase the fuel flow rate. There is results shown that at higher loads of 0.6 MPa. With reference to the diesel the amount of percentage decreasing *BTE* in 5%. 10%, and 20% mixtures alcohol is 2%, 7%, 7.5% approximately.

Ecological Indicators

Emission characteristics were studied and tested with all the fuel blends in the laboratory and every point of discussion of every characteristic is shown.

The key explanation for CO emissions is incomplete combustion where the cycle of oxidation does not occur altogether. Since biodiesel includes additional oxygen content CO is converted to CO_2. The decrease in tendency of CO_2 emissions is almost linear as the BSFC decreases with respect to the higher load of the engine. The CO_2 emissions were most slightly reduced for rapeseed oil blends with reference to pure diesel. Positive effect on greenhouse gas emissions was the reduction in CO_2 emissions (Nair, Kaviti, and Daram

2017). From figure 5, it was analysed that CO_2 emissions of blends of alcohol 5%, 10%, and 20% are slightly less compared to diesel. Approximate reduction in CO_2 emissions was 1.6%, 1.5%, and 1.4%.

Hydrocarbon emissions were also tested at different loads. The decrease in tendency of HC emissions is almost linear as the *BSFC* decreases with respect to the higher load of the engine, the tendency of decreasing at 0.6 MPa of different mixtures of 5%, 10%, and 20% alcohol is about 55%, 75%, and 141% approximately. This is because due to the presence of isopropanol, if it has fermented nature in the blends then it results more chances of decreasing at the higher loads the hydrocarbon emissions. Here the oxygen content of the bio-diesel fuel comes into focus as it improves the process of combustion, and overall presence of oxygen in its blends helps to emit less hydrocarbon emissions (Babu, Kannan, and Lawrence 2017; Puhan et al. 2007).

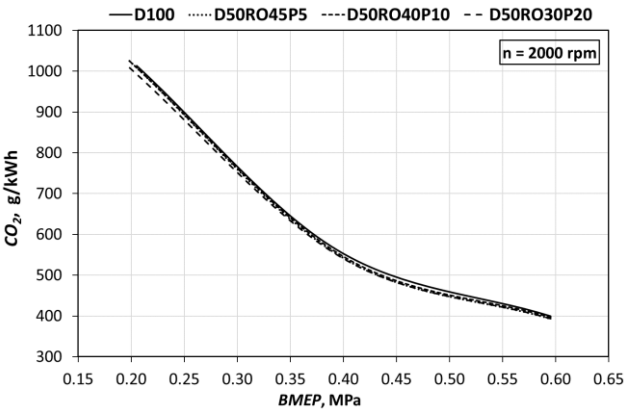


Fig. 5. CO_2 emissions at different loads
Source: compiled by authors

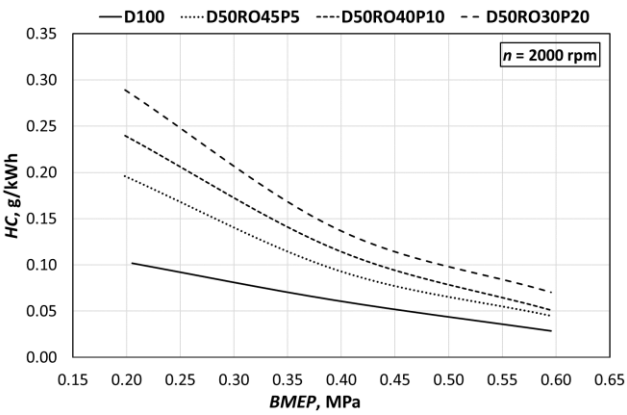


Fig. 6. HC emissions at different loads
Source: compiled by authors

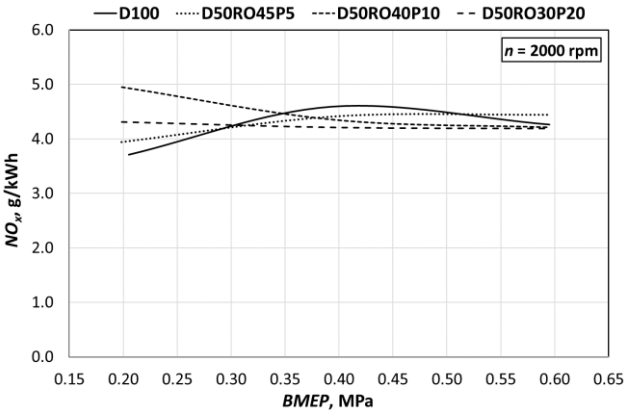


Fig. 7. NO_x emissions at different loads
Source: compiled by authors

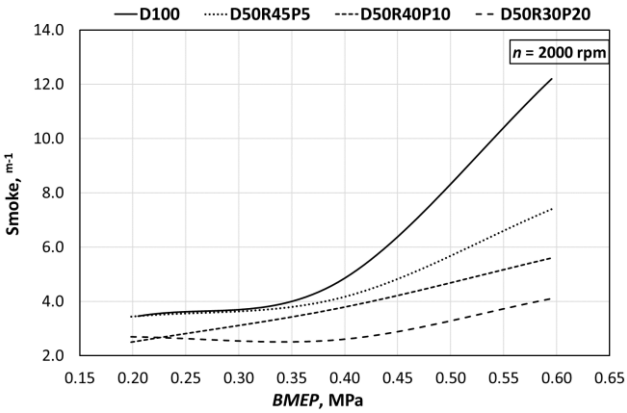


Fig. 8. Smoke emissions at different loads
Source: compiled by authors

NO_x emissions were tested under various load conditions of different blends is presented. The formation of NO_x is highly dependent on the temperature of the in-cylinder, the concentration of oxygen in the fuel and the time of presence for the reaction. However, at high loads they decreased due to the higher amount of peak temperature inside the cylinder supports cetane number of various blends and the presence of oxygen is more effective than the latent heat of vaporization of fuel (Nalgundwar, Paul, and Sharma 2016; Sanjid et al. 2014). Moreover, shown in Fig. 7 at 0.6 MPa higher load fuel blends have lesser NO_x by increasing the amount of alcohol in the blends, whereas lesser amount of alcohol blend i.e., D50RO45P5 having more value about 4% competing with the other blends of 10% and 20% alcohol blends approximately 2% of decreased value with reference to the diesel. Even the cetane number of isopropanol is lower and higher in the ignition delay facilitates premixed combustion, allowing more fuel to be injected before ignition can also be another cause for increased NO_x.

For all the tested fuel blends lower load was started at 0.2 MPa, the higher load was 0.6 MPa, smoke recorded values are higher at the higher loads. This is due to decreasing excess air. At the time of the starting load i.e., 0.2 MPa there is a less reduction of smoke, while at the larger load i.e., 0.6 MPa there is more reduction of smoke levels, it happens when the concentration of oxygen is higher and increase in the alcohol concentration helps to reduce the smoke levels. From Fig. 8, in 5%. 10%, and 20% mixtures alcohol decrease

of 39%, 54%, and 66% approximately with reference to the diesel. A lower ratio of carbon/hydrogen also leads to enhance the rates of combustion and improves in fuel oxidation taking place in the fuel rich region (Shrivastava, Verma, and Pugazhendhi 2019).

Conclusions

In the present study, three-component fuel mixtures properties, main energy and ecological characteristics of a diesel, of rapeseed oil and alcohol based blended fuels were investigated on different loads. Based on these different loads the fuel blends were analysed with reference to the diesel:

1. In case of brake specific fuel consumption, the results were higher by 8%, 10%, and 11% for the blends of D50RO45P5, D50RO40P10, D50RO30P20. Overall, it was found that all tested blends showed the slightly higher *BSFC* due to the lower calorific value of biofuels with reference to the diesel.
2. By using these various blends, the result ranges were acceptable and found relatively lower in the brake thermal efficiency of the engine. At the higher load i.e. 0.6 MPa, the 5% alcohol has 2% decrease in *BTE,* as the alcohol amount increased from 10% and 20% there is a decrease of 7% and 7.5% in *BTE* due to reducted combustion efficiency of isopropanol compared with the diesel fuel.
3. NO_x emissions were higher at lower loads, approximately about 6% for D50RO45P5, 11% for D50RO40P10, and 30% for D50RO30P20. Amount is higher due to lower isopropanol cetane number and longer ignition delay phase. At higher loads 10% and 20% alcohol blends recorded 2% decrease of NO_x emissions, because increasing the load reduces the problem of long ignition delays.
4. Smoke content for all tested blends was reported lower than diesel. It may be due to the higher concentration of oxygen and lower C/H ratio in biofuels. In 5% 10%, and 20% mixtures of alcohol, smoke content decreased by 39%, 54%, and 66% approximately.
5. Bio-diesel-isopropanol blends contain fuel with a high oxygen content and are considerably for better combustion. We can also have partial petroleum-fuel replacement.

References

1. Babu, R. T. Sarath, M. Kannan, and P. Lawrence. 2017. 'Performance Analysis of Low Heat Rejection Diesel Engine, Using Mahua Oil Bio Fuel'. *International Journal of Ambient Energy* 38(8): 844–48.
2. Chhabra, Mayank, Ajay Sharma, and Gaurav Dwivedi. 2017. 'Performance Evaluation of Diesel Engine Using Rice Bran Biodiesel'. *Egyptian Journal of Petroleum* 26(2): 511–18.
3. Hajjari, Masoumeh, Meisam Tabatabaei, Mortaza Aghbashlo, and Hossein Ghanavati. 2017. 'A Review on the Prospects of Sustainable Biodiesel Production: A Global Scenario with an Emphasis on Waste-Oil Biodiesel Utilization'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 72: 445–64.
4. Juknelevičius, Romualdas, Alfredas Rimkus, Saugirdas Pukalskas, and Jonas Matijošius. 2019. 'Research of Performance and Emission Indicators of the Compression-Ignition Engine Powered by Hydrogen - Diesel Mixtures'. *International Journal of Hydrogen Energy* 44(20): 10129–38.
5. Knothe, Gerhard. 2005. 'Dependence of Biodiesel Fuel Properties on the Structure of Fatty Acid Alkyl Esters'. *Fuel Processing Technology* 86(10): 1059–70.
6. Nair, Jayashri N., Ajay Kumar Kaviti, and Arun Kumar Daram. 2017. 'Analysis of Performance and Emission on Compression Ignition Engine Fuelled with Blends of Neem Biodiesel'. *Egyptian Journal of Petroleum* 26(4): 927–31.
7. Nalgundwar, Ankur, Biswajit Paul, and Sunil Kumar Sharma. 2016. 'Comparison of Performance and Emissions Characteristics of DI CI Engine Fueled with Dual Biodiesel Blends of Palm and Jatropha'. *Fuel* 173: 172–79.
8. Ogunkoya, Dolanimi, and Tiegang Fang. 2015. 'Engine Performance, Combustion, and Emissions Study of Biomass to Liquid Fuel in a Compression-Ignition Engine'. *Energy Conversion and Management* 95: 342–51.
9. Patel, Paresh D., Absar Lakdawala, Sajan Chourasia, and Rajesh N. Patel. 2016. 'Bio Fuels for Compression Ignition Engine: A Review on Engine Performance, Emission and Life Cycle Analysis'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 65: 24–43.
10. Puhan, Sukumar, G. Nagarajan, N. Vedaraman, and B. V. Ramabramhmam. 2007. 'Mahua Oil (Madhuca Indica Oil) Derivatives as a Renewable Fuel for Diesel Engine Systems in India: A Performance and Emissions Comparative Study'. *International Journal of Green Energy* 4(1): 89–104.
11. Raman, L. Anantha, B. Deepanraj, S. Rajakumar, and V. Sivasubramanian. 2019. 'Experimental Investigation on Performance, Combustion and Emission Analysis of a Direct Injection Diesel Engine Fuelled with Rapeseed Oil Biodiesel'. *Fuel* 246: 69–74.
12. Rimkus, Alfredas, Mindaugas Melaika, and Jonas Matijošius. 2017. 'Efficient and Ecological Indicators of CI Engine Fuelled with Different Diesel and LPG Mixtures'. *Procedia Engineering* 187: 504–12.
13. Sanjid, A. et al. 2014. 'Production of Palm and Jatropha Based Biodiesel and Investigation of Palm-Jatropha Combined Blend Properties, Performance, Exhaust Emission and Noise in an Unmodified Diesel Engine'. *Journal of Cleaner Production* 65: 295–303.

14. Saravanan, A., M. Murugan, M. Sreenivasa Reddy, and Satyajeet Parida. 2020. 'Performance and Emission Characteristics of Variable Compression Ratio CI Engine Fueled with Dual Biodiesel Blends of Rapeseed and Mahua'. *Fuel* 263: 116751.
15. Senthur Prabu, S. et al. 2017. 'Performance, Combustion and Emission Characteristics of Diesel Engine Fuelled with Waste Cooking Oil Bio-Diesel/Diesel Blends with Additives'. *Energy* 122: 638–48.
16. Shrivastava, Pankaj, Tikendra Nath Verma, and Arivalagan Pugazhendhi. 2019. 'An Experimental Evaluation of Engine Performance and Emisssion Characteristics of CI Engine Operated with Roselle and Karanja Biodiesel'. *Fuel* 254: 115652.
17. Srinivasa Rao, M., and R. B. Anand. 2015. 'Production Characterization and Working Characteristics in DICI Engine of Pongamia Biodiesel'. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 121: 16–21.

SLĖGINIO UŽDEGIMO VARIKLIO, VEIKIANČIO DYZELINO, RAPSŲ ALIEJAUS IR IZOPROPONOLIO MIŠINIU, ENERGETINIŲ IR EKOLOGINIŲ RODIKLIŲ LYGINAMOJI ANALIZĖ

SANTRUMPA

Straipsnyje apibendrinamas dyzelino, rapsų aliejaus ir izopropanolio mišinių rodiklių palyginimas juos naudojant slėginio uždegimo variklyje. Naudoti įvairūs degalų mišiniai D50RO45P5, D50RO40P10 ir D50RO30P20, kuriuose dyzelino buvo 50 %, alkoholio 5 %, 10 % ir 20 %, o likusi dalis – rapsų aliejus. Variklio veikimo energetiniai ir ekologiniai rodikliai buvo analizuojami jam veikiant įvairiomis apkrovomis. Degalų sąnaudos šiek tiek padidėja dėl padidėjusio alkoholio kiekio, nes tai mažina degalų šilumingumą. Variklio šiluminis efektyvumas nekinta naudojant 5 % izopropanolio, bet didinant alkoholio koncentraciją – efektyvumas mažėja. Didinant biodegalų dalį CO_2 kiekis buvo sumažintas labai nedaug, tačiau efektą duoda, kad tai atsinaujinantys degalai. Naudojami biodegalų priedai didina HC emisijas visame apkrovų diapazone. Prie mažų apkrovų NO_x emisijos išauga dėl mažo alkoholio cetaninio skaičiaus ir ilgesnės užsiliepsnojimo gaišties, tačiau prie vidutinių apkrovų NO_x išmetimai turi tendenciją mažėti. Palyginti su 100 % dyzelinu, izopropanolio (20 %) ir rapsų aliejaus priedas (D50RO30P20) dūmingumą sumažina iki 4 kartų.

Reikšminiai žodžiai: rapsų aliejus; kompresinis uždegimas; degimas; emisijos; energija; biodyzelinas.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Badari Vishal Davu
Science degree and name: Masters, Student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas technical university, Faculty of Transport engineering, Department of automobile engineering
Author's research interests: alternative fuels, internal combustion engines
Telephone and email address: +370 6 335 6125, badari-vishal.davu@stud.vgtu.lt

Author name, surname: Alfredas Rimkus
Science degree and name: Doctor, associated professor.
Workplace and position: Vilnius Gediminas technical university, Faculty of Transport engineering, Department of automobile engineering associated professor.
Author's research interests: alternative fuels, internal combustion engines.
Telephone and email address: +370 5 274 4793, alfredas.rimkus@vgtu.lt

Author name, surname Jonas Matijosius
Science degree and name: Doctor, associated professor.
Workplace and position: Vilnius Gediminas technical university, Faculty of Transport engineering, Department of automobile engineering associated professor.
Author's research interests: alternative fuels, internal combustion engines.
Telephone and email address: +370 5 274 4793, jonas.matijosius@vgtu.lt

INFLUENCE OF RME BASED BIODIESEL AND ISOPROPANOL BLENDS WITH DIESEL ON ENERGY AND ECOLOGICAL INDICATORS OF A CI ENGINE

Sai Manoj. Rayapureddy, Jonas Matijošius, Alfredas Rimkus
Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Transport Engineering,
Department of Automobile Engineering

Annotation

This article shows the influence of Rapeseed Methyl Ester based biodiesel and Isopropanol that is blended in different proportions with pure Diesel fuel to make D50RME45P5, D50RME40P10 and D50RME30P20 mixtures that which are tested and analyzed compared to that of D100 fuel. Various energy and ecological indicators influence to the Start of Injection *(SOI)* are presented in the article. Our study found that D100 and D50RME40P10 found to have nearly same thermal efficiency at early injection timing. The decrease in C/H ratios and increase in O_2 content caused the reduction in Smoke levels.

Key words: CI engine; Diesel; Biodiesel; Isopropanol; Energy Indicators; Ecological Indicators

Introduction

Rising demand of fossil fuels and the environmental issues that are caused due to their use are the main concerns. As it is not possible to replace vehicles that use liquid fuels and pay heavy prices for electric vehicles made the automotive industry use their resources in replacing fossil fuels thereby decreasing the environmental concerns (Bureika and Steišūnas 2016; Sładkowski 2020; Tamilselvan, Nallusamy, and Rajkumar 2017, Maghrour Zefreh and Torok 2018).

A recent study revealed that when propanol concentration exceeds 15%, the combustion temperature starts to increase in the biodiesel (Campos-Fernandez et al. 2013) and *BTE* performance especially in biodiesel-diesel-propanol blends (80% / 10% / 10%) (Bencheikh et al. 2019). 15% propanol in diesel allows for improved engine performance, lower smoke and NO_x (at low to medium loads), but also increases *BSFC* due to lower calorific value (Şen 2019). Increasing the propanol percentage to 55% compared to diesel showed an increase in nitrogen oxide emissions (139% on average), a reduction in carbon monoxide emissions (45%) and an increase in CO_2 emissions (17% on an average). (Jamrozik et al. 2018). The blend of 30% *EPB* alcohols with diesel fuel improves *BTE* and slightly increases CO (4.2%), UHC (18.9%) and NO_x (5.5%) compared to mineral diesel fuel (Li et al. 2016). Correspondingly, the addition of *EPB* blends (10% *EPB* and 90% mineral diesel fuel) to 1% water by volume gives an even greater ecological effect - CO up to 7.5% and NO_x up to 12.4% respectively (Li et al. 2018). However, using only propanol additive in diesel fuel and low inlet air temperatures, there is a significant increase in UHC emissions with increasing propanol concentration in propanol- diesel fuel blends (Uyumaz 2015).

The key parameter that varies between fossil fuels and biodiesel is the percentage of oxygen (Baloch et al. 2018; Dominković et al. 2018; Trumbo and Tonn 2016). Environmentally friendly Biodiesel produces clean and renewable energy thus making it the alternative hope (Abbas et al. 2018; Patel et al. 2016; Thangavelu, Ahmed, and Ani 2016). A study found that Rapeseed Methyl Ester produced lower CO_2 due to lower carbon to hydrogen ratio as compared to diesel (Imran et al. 2013).

2. Materials and Methods

2.1. Engine Testing Equipment

The engine used for testing is a 1.9 TDI - Turbocharged Direct Injection diesel engine with electronic controlled distribution type fuel pump BOSCH VP37. The start of the injection (*SOI*) was controlled by the Engine Electronic Control Unit (ECU) and it was a single injection strategy. The detailed pictorial representation of tested engine and its parts are mentioned in Figure 1. Test engine parameters are shown in other authors researches (Rimkus et al. 2012, 2019)

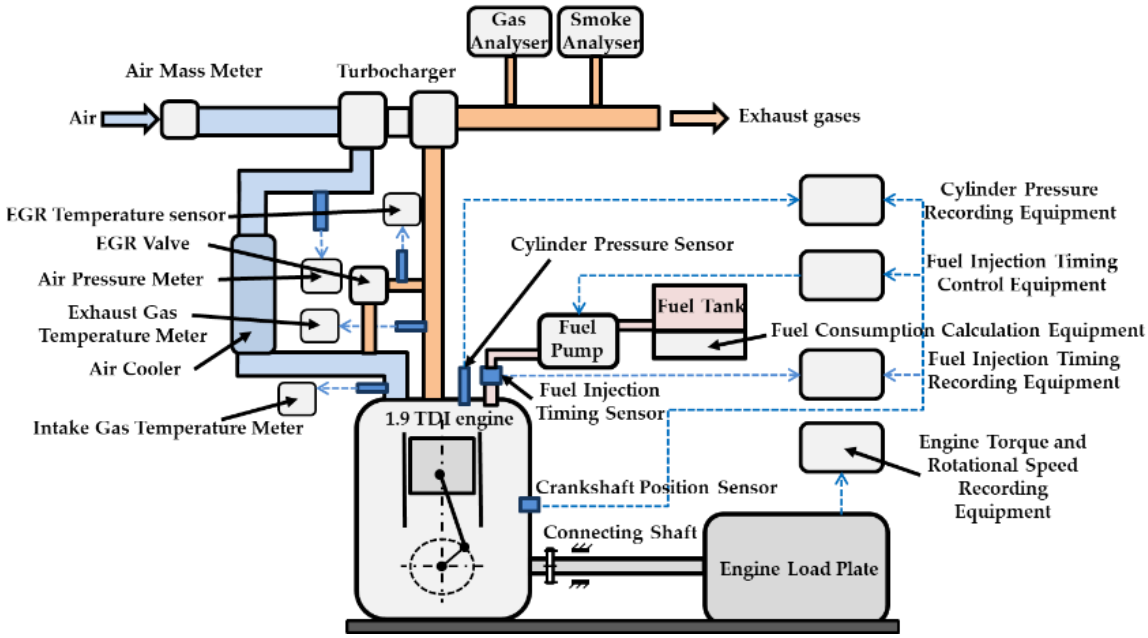


Fig. 1. Pictorial representation of Test Engine

Brake torque M_B (Nm) was determined on a load bench with a measurement error of ±1.2 Nm. Hourly fuel consumption B_f (kg/h) is determined by electronic weighing scales with 0.5% measurement error. The pressure in the cylinder was measured with a piezoelectric sensor mounted on the glow plug with a sensitivity of 15.8 ± 0.09 pC/bar. Values for cylinder pressure are recorded using *LabView Real* software at an interval of 0.176 CAD. Intake air and exhaust gas temperature with K-type thermocouples accurate to ±1.5° C. The gas concentration in the exhaust gas is determined using a gas analyzer *AVL DiCom 4000*.

2.2. Fuel Mixtures and their Properties

100% pure diesel fuel with Density 843 kg/m^3, Lower Heating Value 42.3 MJ/kg, Cetane number 51 along with mixtures prepared by blending Diesel (D) with Rapeseed Methyl Ester (RME) based biodiesel and Isopropanol (P) are used for testing. The 1st mixture is prepared by taking 50% Diesel, 30% Rapeseed Methyl Ester and 20% Isopropanol namely D50RME30P20, 2nd mixture contains 50% Diesel, 40% Rapeseed Methyl Ester and 10% Isopropanol namely D50RME40P10 and 3rd mixture contains 50% Diesel, 45% Rapeseed Methyl Ester and 5% Isopropanol namely D50RME45P5.

The properties like Density of the mixture fuels (D50RME45P5, D50RME40P10 and D50RME30P20) are calculated and found to be 855.4 kg/m^3, 850.8 kg/m^3 and 844.4 kg/m^3 respectively. The Lower Heating Value (MJ/kg) (D50RME45P5, D50RME40P10 and D50RME30P20) are found to be 39.8, 39.55 and 39.05 respectively and Cetane number 34.49, 31.84 and 27.94 respectively.

3. Results and Discussion

The results of the experiment were assessed under conditions of n = 2000rpm and *BMEP* = 0.3 MPa. The graphs of ecological and energy indicators are evaluated at different Injection Timing *SOI* from 0 to 16 CAD BTDC.

3.1. Energy Indicators

The dependency of BSFC on vertical axis is observed for different injection timing increasing in circular order from left to right as shown in figure 3. With increase in the alcohol percentage the BSFC tends to increase with D50RME30P20 at the maximum (~9%). BSFC of diesel and all other fuel mixtures is found to be minimum at 8-19 CAD BTDC. Observing the dependency curve of efficiency on injection timing from figure 4, when *BMEP* = 0.3 MPa, *BTE* of fuel mixture D50RME30P20 was ~1.8% smaller than diesel. The *BTE* of fuel blends with 5% and 10% isopropanol was lower (2.5 … 1.2%) with *SOI* = 0-6 CAD BTDC, but with *SOI* = 8-12 CAD BTDC, the *BTE* of D50RME45P5 and D50RME40P10 was the same as D100.

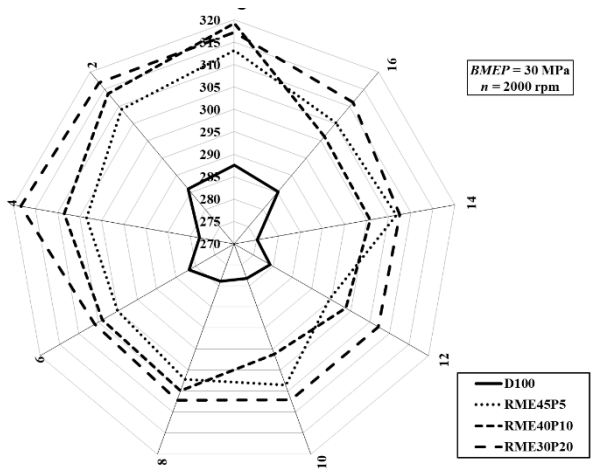


Fig. 3. Dependence of Brake Specific Fuel (vertical axis) Consumption on injection timing (circular axis).

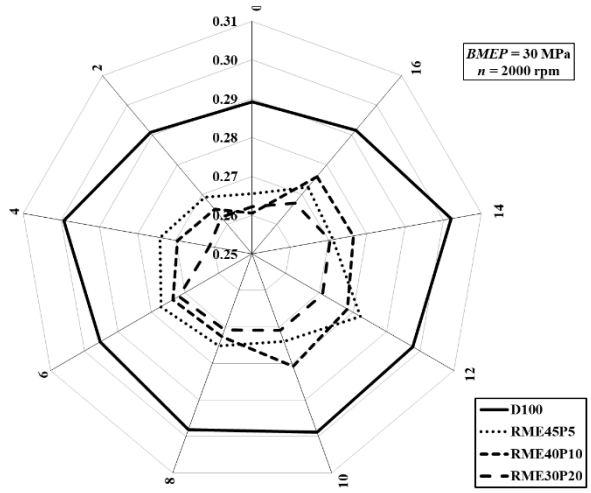


Fig. 4. Dependence of Brake Thermal Efficiency (vertical axis) on injection timing (circular axis).

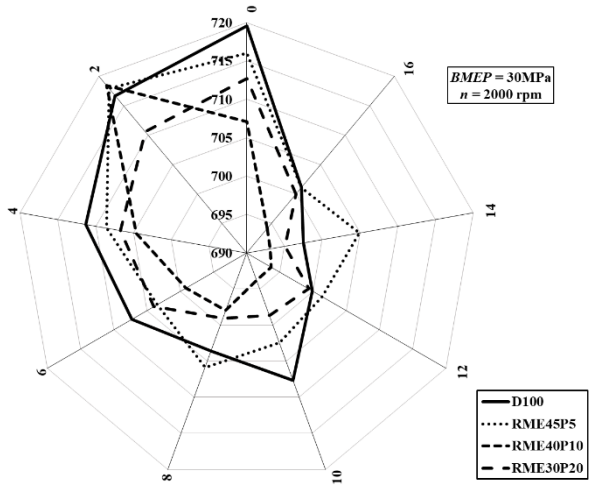


Fig. 5. Dependence of Carbon Dioxide emissions (vertical axis) on injection timing (circular axis).

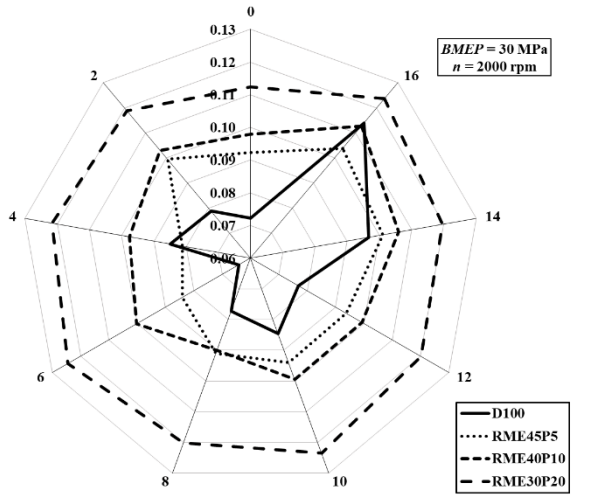


Fig. 6. Dependence of Hydrocarbons (vertical axis) on injection timing (circular axis).

3.2. Ecological Indicators

Checking the dependency of Carbon Dioxide emissions on injection timing, all the fuels tend to have a gradual decrease in emissions with increase in the injection timing circularly from left to right as shown in figure 5. This was due to a 2.1% decrease in the C/H ratio (Carbon Mass Fraction of D100, D50RME45P5, D50RME40P10 and D50RME30P20 are calculated to be 86.3%, 81.025%, 80.15% and 78.4% respectively and Hydrogen 13.7%, 12.92%, 12.99% and 13.13% respectively). Diesel found to have more emissions compared to that of the remaining fuel mixtures. Fuel mixture D50RME40P10 CO_2 emissions at various *SOIs* were ~1.1% lower than D100. As shown in figure 6, With the increase in alcohol percentage fuel mixtures tend to have a rise in the hydrocarbon emissions due to the alcoholic nature of the fuel however, HC emissions are not high compared to petrol engine (Rimkus et al. 2019). When observed the dependency of hydrocarbon emissions with injection timing, it is found that with increase in the alcohol percentage the emissions tend to increase. Emissions of D50RME45P5, D50RME40P10 and D50RME30P20 HC fuel increased ~ 8%, ~32% and ~58% compared to D100 at $SOI \approx 6$ CAD BTDC. All the fuels except D50RME30P20, tends to have a decline in the emissions with increase in the angle up to ~6 CAD BTDC when the angle is further raised, the emissions found to increase steadily.

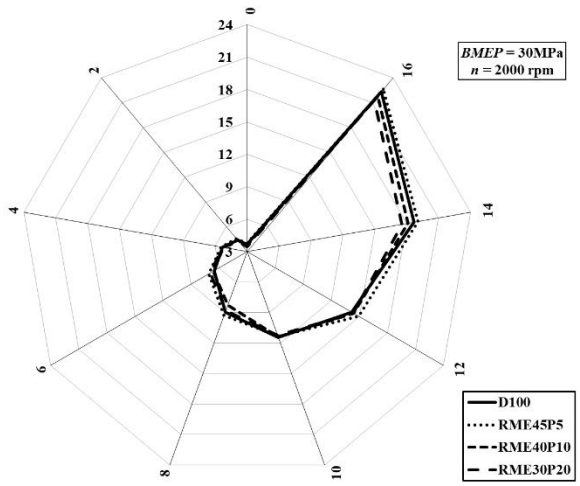


Fig. 7. Dependence of Nitrogen oxide emissions (vertical axis) on injection timing (circular axis).

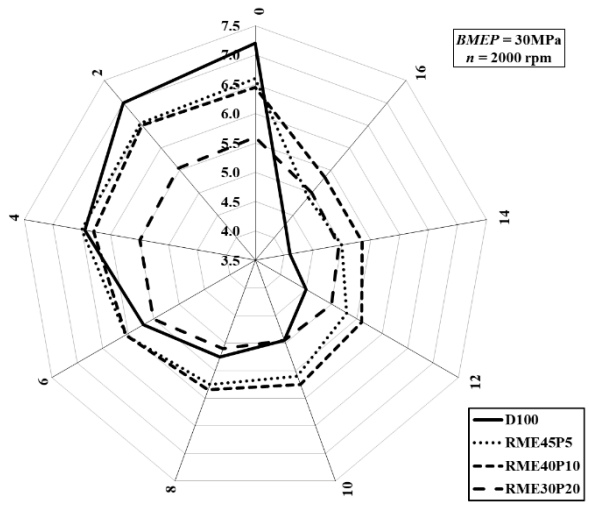


Fig. 8. Dependence of Smoke emissions (vertical axis) on injection timing (circular axis).

The dependency of Nitrogen oxide emissions on vertical axis with the injection timing on circular axis increasing left to right, it is observed that the emissions tend to rise steadily with increase in the injection timing as shown in figure 7. All fuels tend to follow the similar pattern, but when observed carefully it is found that the emissions of diesel fuel are 4-9% less compared to that of the remaining fuel mixtures. Carbon Mass Fraction of D100, D50RME45P5, D50RME40P10 and D50RME30P20 are calculated to be 0%, 6.055%, 6.86% and 8.47% respectively. The primary reason is the low cetane number of isopropanol and the increased oxygen concentration in the fuel mixture that increase its ignition delay. Study reveals that difference in emissions is caused due to early injection timing (Hunicz et al. 2020). When observed the dependency of smoke levels with injection timing it is found that the levels tend to decrease with increase in advancing of the injection timing as shown in figure 8. Interestingly, throughout the *SOI* study range (0-16 CAD BTDC), the combustion performance resulted in the largest reduction in diesel smoke from ~7.25 m^{-1} to ~ 4.25 m^{-1} (~40%), while the D50RME30P20 smoke emission decreased to ~5.7 to ~5 (~12%). Therefore, when *SOI* = 0-8 CAD BTDC (low advanced injection timing) the lowest smoke was D50RME30P20, and when *SOI* = 10-16 CAD BTDC (high advanced injection timing) the lowest smoke D100 fuel.

Conclusions

After taking the energy, ecological and combustion parameters of Diesel 100, D50RME45P5, D50RME40P10 and D50RME30P20 on a Turbocharged Direct Injection diesel engine under testing conditions of speed (*n*) of 2000 rpm and under various loads and injection timings, the following conclusions are made:

1. The addition of Rapeseed Methyl Ester and Isopropanol reduced the *Lower Heating Value* and *Cetane Number* of fuel blends at the same time increasing the *O_2 Concentration* in the mixtures and lowering the *C/H ratio*.
2. The *BTE* of D50RME30P20 is found to be decreased by nearly 1.8% compared to that of D100 because of the 7.7% reduction in *Lower Heating Value* and change in combustion process. When the injection timing is nearly 2 CAD BTDC maximum efficiency of D50RME40P10 and D100 are found to be same. This is achieved due to the lower cetane number of Isopropanol.
3. With Early injection timing, NO_x emissions increased but the influence of alcohol decreases.
4. The decrease in C/H ratios and increase in O_2 content in the fuel caused the reduction in Smoke levels. In the case of early injection timing, the smokiness of the fuel mix changes (decreases) less intensively due to the changed fuel characteristics compared to pure diesel fuel.
5. At *BMEP* = 0.3 MPa, mean rotation speed (*n* = 2000 rpm), fixed injection timing (*SOI* = 6 CAD BTDC), the replacement of diesel with fuel blends with increasing alcohol concentration resulted in a decrease in cetane number ignition delay from ~5 CAD to ~6 CAD, ~7 CAD and ~8 CAD. Increased ignition delay and higher oxygen content in the fuel during the premixed combustion phase increased the

heat release intensity by ~8%, ~19% and ~44%. During the diffusion combustion phase, the combustion heat of all the fuels examined is similar in intensity

References

1. Abbas, Syed Zagam et al. 2018. "Energy Management in South Asia." *Energy Strategy Reviews* 21: 25–34.
2. Baloch, Humair Ahmed et al. 2018. "Recent Advances in Production and Upgrading of Bio-Oil from Biomass: A Critical Overview." *Journal of Environmental Chemical Engineering* 6(4): 5101–18.
3. Bencheikh, Kamel et al. 2019. "Fuels Properties, Characterizations and Engine and Emission Performance Analyses of Ternary Waste Cooking Oil Biodiesel–Diesel–Propanol Blends." *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 35: 321–34.
4. Bureika, Gintautas, and Stasys Steišūnas. 2016. "Complex Evaluation of Electric Rail Transport Implementation in Vilnius City." *Transport Problems* 11(1): 49–60.
5. Campos-Fernandez, Javier et al. 2013. "Performance Tests of a Diesel Engine Fueled with Pentanol/Diesel Fuel Blends." *Fuel* 107: 866–72.
6. Dominković, D. F., I. Bačeković, A. S. Pedersen, and G. Krajačić. 2018. "The Future of Transportation in Sustainable Energy Systems: Opportunities and Barriers in a Clean Energy Transition." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82: 1823–38.
7. Hunicz, Jacek et al. 2020. "Efficient Hydrotreated Vegetable Oil Combustion under Partially Premixed Conditions with Heavy Exhaust Gas Recirculation." *Fuel* 268: 117350.
8. Imran, S. et al. 2013. "Performance and Specific Emissions Contours of a Diesel and RME Fueled Compression-Ignition Engine throughout Its Operating Speed and Power Range." *Applied Energy* 111: 771–77.
9. Jamrozik, Arkadiusz et al. 2018. "Study on Co-Combustion of Diesel Fuel with Oxygenated Alcohols in a Compression Ignition Dual-Fuel Engine." *Fuel* 221: 329–45.
10. Li, Yuqiang et al. 2016. "Combustion, Performance and Emissions Characteristics of a Spark-Ignition Engine Fueled with Isopropanol-n-Butanol-Ethanol and Gasoline Blends." *Fuel* 184: 864–72.
11. Li, Yuqiang, Yong Chen, Gang Wu, and Jiangwei Liu. 2018. "Experimental Evaluation of Water-Containing Isopropanol-n-Butanol-Ethanol and Gasoline Blend as a Fuel Candidate in Spark-Ignition Engine." *Applied Energy* 219: 42–52.
12. Patel, Paresh D., Absar Lakdawala, Sajan Chourasia, and Rajesh N. Patel. 2016. "Bio Fuels for Compression Ignition Engine: A Review on Engine Performance, Emission and Life Cycle Analysis." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 65: 24–43.
13. Rimkus, Alfredas et al. 2019. "Research on the Combustion, Energy and Emission Parameters of Various Concentration Blends of Hydrotreated Vegetable Oil Biofuel and Diesel Fuel in a Compression-Ignition Engine." *Energies* 12(15): 2978.
14. Rimkus, Alfredas, Saugirdas Pukalskas, Jonas Matijošius, and Edgar Sokolovskij. 2012. "BETTERMENT OF ECOLOGICAL PARAMETERS OF A DIESEL ENGINE USING BROWN'S GAS." *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND LANDSCAPE MANAGEMENT* 21(2): 133–40.
15. Şen, Mehmet. 2019. "The effect of the injection pressure on single cylinder diesel engine fueled with propanol–diesel blend." *Fuel* 254: 115617.
16. Sładkowski, Aleksander, ed. 2020. 124 *Ecology in Transport: Problems and Solutions*. Cham: Springer International Publishing. http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-42323-0 (March 25, 2020).
17. Tamilselvan, P., N. Nallusamy, and S. Rajkumar. 2017. "A Comprehensive Review on Performance, Combustion and Emission Characteristics of Biodiesel Fuelled Diesel Engines." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 79: 1134–59.
18. Thangavelu, Saravana Kannan, Abu Saleh Ahmed, and Farid Nasir Ani. 2016. "Review on Bioethanol as Alternative Fuel for Spark Ignition Engines." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 56: 820–35.
19. Trumbo, Jennifer L., and Bruce E. Tonn. 2016. "Biofuels: A Sustainable Choice for the United States' Energy Future?" *Technological Forecasting and Social Change* 104: 147–61.
20. Uyumaz, Ahmet. 2015. "An Experimental Investigation into Combustion and Performance Characteristics of an HCCI Gasoline Engine Fueled with N-Heptane, Isopropanol and n-Butanol Fuel Blends at Different Inlet Air Temperatures." *Energy Conversion and Management* 98: 199–207.

BIODIZELIO RME PAGRINDU IR IZOPROPANOLIO DEGALŲ MIŠINIŲ SU DIZELINU ĮTAKA SU VARIKLIO ENERGETINIAMS IR EKOLOGINIAMS RODIKLIAMS

Santrauka

Šis straipsnis nagrinėja rapsų metilo esterio pagrindu pagaminto biodyzelino ir izopropanolio, sumaišytų skirtingomis proporcijomis su grynu dyzelinu, įtaką D50RME45P5, D50RME40P10 ir D50RME30P20 degalų mišiniams, kurie yra išbandyti ir analizuojami, lyginant juos su D100 degalais. Straipsnyje pateikiami įvairūs energetiniai ir ekologiniai rodikliai, įtakojantys įpurškimo pradžią. Nustatyta, kad D100 ir D50RME40P10 šiluminis

efektyvumas buvo beveik vienodas ankstyvojo įpurškimo metu. Dėl sumažėjusio C / H santykio ir padidėjusio O_2 kiekio sumažėjo dūmingumo lygis.

Raktažodžiai: SU variklis; dyzelinas; biodyzelinas; izopropanolis; energetiniai rodikliai; ekologiniai rodikliai.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Sai Manoj Rayapureddy
Science degree and name: Masters, Student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Transport engineering, Department of Automobile Engineering
Author's research interests: alternative fuels, internal combustion engines
Telephone and email address: +370 62149568, sai-manoj.rayapureddy@stud.vgtu.lt

Author name, surname Jonas Matijošius
Science degree and name: Doctor, associated professor.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Transport Engineering, Department of Automobile Engineering, Associated Professor.
Author's research interests: alternative fuels, internal combustion engines.
Telephone and email address: +370 5 274 4793, jonas.matijosius@vgtu.lt

Author name, surname: Alfredas Rimkus
Science degree and name: Doctor, associated professor.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Transport Engineering, Department of Automobile Engineering, Associated Professor.
Author's research interests: alternative fuels, internal combustion engines.
Telephone and email address: +370 5 274 4793, alfredas.rimkus@vgtu.lt

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Sai Manoj Rayapureddy
Mokslo laipsnis ir vardas: Magistrantas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto `Automobilių inžinerijos katedros magistrantas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: alternatyvūs degalai, vidaus degimo varikliai.
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 62149568, sai-manoj.rayapureddy@stud.vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto `Automobilių inžinerijos katedros docentas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: alternatyvūs degalai, vidaus degimo varikliai.
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 5 274 4793, jonas.matijosius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto `Automobilių inžinerijos katedros docentas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: alternatyvūs degalai, vidaus degimo varikliai.
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 5 274 4793, alfredas.rimkus@vgtu.lt

SLĖGINIO UŽDEGIMO VARIKLIO, VEIKIANČIO DVIGUBAIS DEGALAIS – DUJOMIS IR DYZELINU, TYRIMŲ APŽVALGA

Airidas Valentas Baranauskas, Alfredas Rimkus, Saulius Stravinskas
Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas

Anotacija

Atlikta apžvalga eksperimentinių ir skaitinio modeliavimo tyrimų, kuriuose analizuojami slėginio uždegimo variklio energetinių ir ekologinių rodiklių pokyčiai į įsiurbiamą orą papildomai tiekiant dujų ir vandenilio mišinius. Apžvelgiamos biodyzelino ir biodujų savybės. Vandenilis naudojamas siekiant paspartinti lėtą dujų degimą ir pagerinti variklio rodiklius. Slėginiouždegimo variklyje naudojant dvigubus degalus, kurie pagaminti iš atsinaujinančių šaltinių galima reikšmingai sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių CO_2 dujų emisiją. Biodujų priedas sumažina azoto oksidų emisiją.

Reikšminiai žodžiai. Slėginio uždegimo variklis, biodyzelinas, biodujos, vandenilis.

Įvadas

Slėginio uždegimo (SU) varikliai yra plačiai naudojami pasaulyje dėl didelio energetinio efektyvumo, patikimumo, pritaikomumo ir nedidelės kainos. Tačiau, šie varikliai sparčiai prisideda prie aplinkos teršimo dėl kenksmingų išmetamųjų elementų. Deginant iškastinį kurą vyksta aplinkos tarša, išskiriant kenksmingus teršalus: anglies monoksidą (CO), anglies dioksidą (CO_2), angliavandenilius (CH), azoto oksidus (NO_x), kietasias daleles (KD) (Mikosz, 2015). Didžiausią neigiamą poveikį oro kokybei kelia SU variklių išmetamos KD ir NO_x. Išmetamosios dujos kaupiasi atmosferoje ir skatina šiltnamio efektą, rūgštųjį lietų (Khatri and Khatri, 2020). Taip pat, kietosios dalelės yra pavojingos žmogaus sveikatai. Slėginio uždegimo variklių išmetamosiose dujose esančias kenksmingas medžiagas Pasaulinė sveikatos organizacija pripažino kancerogeniniais (Chen et al., 2018). Norint mažinti aplinkos užterštumą, reikia naudoti alternatyvius energijos šaltinius.

Alternatyvūs degalai dažniausiai yra gaminami iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Tai gali būti degalai, kurie yra naudojami kaip iškastinių degalų pakaitalas, pavyzdžiui: aliejus, alkoholis, biodujos, vandenilis. Šie degalai turi didelę teigiama įtaką kontroliuojant globalinį atšilimą. (Rosha et al., 2018). Šie alternatyvus degalai yra pagaminti iš biologinių, žemės ūkio, organinių ir neorganinių atliekų. Šių atsinaujinančių šaltinių atliekos atlieka svarbų vaidmenį aplinkos ir ekonomikos augime. (Deheri et al., 2020).

Biodujos, dėl ekonominio ir aplinkosauginio privalumo gali būti naudojamos SU varikliuose kaip papildomi ir pagrindiniai degalai. Šios apžvalgos tikslas analizuoti biodujų ir vandenilio mišinio kaip papildomų degalų SU varikliui veikiančiam biodyzelinu naudojimo galimybes. Siekiama naudojant mokslinę literatūrą atlikti SU variklio veikiančio biodyzelinu–biodujomis energetinių ir ekologinių rodiklių pokyčių apžvalgą papildomai tiekiant vandenilį.

Biodyzelino savybių apžvalga

Biodyzelinas (skystas kuras) yra netoksiškas, atsinaujinantis ir biologiškai skaidus, todėl yra perspektyviausia alternatyvi energija dyzeliniams varikliams. Biodyzelinas gaminamas transesterinimo proceso metu naudojant atsinaujinančius žemės ūkio išteklius, tokius kaip augalinis aliejus, gyvuliniai riebalai ir alyvų atliekos (Yoon et al., 2009). Biodyzelino kokybę daugiausia lemia riebalų rūgščių sudėtis žaliavoje. Biodyzelinas naudingas tuo, kad jis mažina arba slopina sieros dioksido (SO_2), CO, CH ir KD išmetimą degimo proceso metu dėl mažo sieros kiekio, mažai aromatinių junginių, kuriuose yra deguonies. Be to, biodyzelinas lengvai užsidega variklyje dėl santykinai aukšto cetaninio skaičiaus, lyginant su įprastu dyzelinu (Yoon et al., 2009).

Neste „NexBTL“ biodyzelinas, yra palyginus nauji degalai, skirti slėginio uždegimo varikliui. Šis biodyzelinas yra 100 % pagamintas iš atsinaujinančių žaliavų, gaminamas patentuotu augalinio aliejaus perdirbimo procesu (Naylor and Higgins, 2018). Augaliniai aliejai paverčiami alkanais tiesioginės katalizinės hidrogenolizės būdu. Šis procesas pašalina deguonį iš augalinio aliejaus, tokiu būdu jį paversdamas panašiu į naftos dyzeliną, o ne į biodyzeliną (Singh, Subramanian and Garg, 2018). Išskyrus tankį, NexBTL atitinka visus Europos standarto EN 590 reikalavimus dyzeliniams degalams. 2016 m. rugsėjo mėn. tik keliose šalyse (Suomija, Lietuva, Latvija, Rusijos šiaurės vakaruose ir Kanadoje) vyko mažmeninė prekyba „NexBTL“ ir NESTE dyzelinu, žinomu kaip „Pro Diesel“, kuris gautas sumaišius dyzeliną ir NexBTL“ biodyzeliną (Zöldy, 2011; Neste, 2017). „NexBTL“ biodyzelinas kai kuriuose šaltiniuose dar įvardinamas „Hydrotreated Vegetable Oil“ – HVO. 1 lentelėje palyginimui pateiktos HVO biodyzelino savybės ir reikalavimai dyzelinui pagal EN590 standartus.

1 lentelė

HVO savybės ir EN590 standarto reikalavimai

Savybės	Degalai	
	HVO (NexBTL100)	EN590 standarto reikalavimai
Kinematinė klampa, mm/s^2	2,9 – 3,5	2,0 – 4,5
Tankis, esant 40 °C, kg/m^3	775 – 785	820 – 845
Vandens kiekis, %	0,0020	Max 0,02
Cetaninis skaičius	84 – 99	Min 51
Žemutinė šilumingumo riba, MJ/kg	~44	~43

(Šaltinis: Neste, 2017)

Pagal 1 lentelės duomenis galima pastebėti, kad HVO degalai atitinka beveik visus EN590 standarto reikalavimus, išskyrus tankį. Šis skirtumas priklauso nuo HVO degalų cheminių savybių, nes angliavandeniliai yra mažos molekulinės masės, o jis dominuoja šių degalų mišinyje. Neste "Pro Diesel" degalus sudaro apie 15 – 60 % (pagal tūrį, priklauso nuo sezono) "NexBTL", likusi dalis – dyzelinas (Neste, 2017).

Biodujų savybių apžvalga

Biodujos (dujiniai degalai), naudojami slėginio uždegimo variklyje yra laikomi alternatyviu švarios energijos šaltiniu, atsižvelgiant į jo draugiškumą aplinkai, nes dujos daro mažesnį poveikį taršai, palyginti su iškastiniais skystais degalais. Dujos išgaunamas anaerobiniu būdu fermentuojant neorganines atliekas sąvartynuose ir anaerobiniu būdu skaidant dumblą, augalus, žemės ūkio pramonės šalutinius produktus ir organines gyvulines atliekas (Rahmouni et al., 2002).

Pagrindinė biodujų (BD) sudedamoji dalis yra metanas (CH_4) – paprasčiausias angliavandenilis. Lyginant BD su gamtinėmis dujomis (GD), šios skiriasi sudedamosiomis dalimis, tačiau abiejuose yra ta pati pagrindinė sudedamoji dalis – metanas. Esminis skirtumas tarp GD ir BD, tai kad BD sudėtyje yra ženkliai daugiau anglies dioksido nei gamtinėse dujose. Gamtinių dujų ir biodujų sudėtis pateikta 2 lentelėje. Metanas (CH_4) yra pagrindinis biodujų komponentas (apie 65 % tūrio) ir dėl aukštesnio oktaninio skaičiaus ir savaiminio užsidegimo temperatūros pasižymi didesniu atsparumu detonacijai ir yra tinkamas varikliams, turintiems aukštą suspaudimo laipsnį. Be to, lyginant su įprastu dyzelinu, anglies kiekis metane taip pat yra gana mažas, todėl labai sumažėja išmetamų teršalų, kurių sudėtyje yra anglis, kiekis (Tricase and Lombardi, 2009). Tačiau, biodujose esantis anglies dioksidas mažina degimo temperatūrą ir lėtina degimą.

2 lentelė

Gamtinių dujų ir biodujų sudėtis

Komponentas	Gamtinės dujos	Biodujos
	Tipinis dydis, %	Tipinis dydis, %
Metanas	94,9	55 - 65
Etanas	2,5	
Propanas	0,2	
Isobutanas	0,03	
n-Butanas	0,03	
Isopentanas	0,01	
n-Pentanas	0,01	
Heksanas	0,01	
Azotas	1,6	0 - 10
Anglies dioksidas	0,7	30 - 40
Deguonis	0,02	0 – 0,1
Vandenilis	pėdsakai	0 - 1

Šaltinis: (Khatri and Khatri, 2020; Demirbas, 2010)

3 lentelėje pateiktos dvigubais degalais veikiančio variklio degalų fizikinės – cheminės savybės. Ir kiti tyrėjai (Tricase and Lombardi, 2009; Sahoo et al., 2009) konstatuoja, kad biodujų oktaninis skaičius yra sąlyginai didelis – apie 130 (dėl CH_4 buvimo sudėtyje), todėl šios dujos turi didesnį atsparumą detonacijai ir yra tinkamos naudoti slėginio uždegimo varikliuose, kurie dažniausiai turi aukštą suslėgimo laipsnį.

3 lentelė

Gamtinių dujų, dyzelinio, biodujų, vandenilio savybės

Savybės	Dyzelinas	Gamtinės dujos	Biodujos	Vandenilis
Žemutinis šilumingumas, MJ/kg	42,5	48,6	21,7	118,8
Stechiometrinio mišinio šilumingumas, MJ/kg	2,79	2.67	-	-
Cetaninis skaičius	52,1	-	-	-
Oktaninis skaičius	-	130	120	130
Savaiminio užsiliepsnojimo temperatūra, °C	180–220	650	813	585
Stechiometrinis oro/degalų santykis, kg/kg	14,5	17,2	9,5	34
Anglies dalis, %	87	75	Nėra duomenų	-

Šaltinis: (Khatri and Khatri 2020) (Demirbas, A. 2010)

Kadangi biodujų savaiminio užsidegimo temperatūra yra 1087 K (813 °C), o SU varikliuose suslėgimo takto pabaigoje oro temperatūra įprastai būna apie 800 K (526 °C), reikalingi skysti degalai biodujų uždegimui (Bora et al., 2014). Be to, biodujos turi mažesnį C/H santykį, lyginant su įprastu dyzelinu, ir naudojant biodujas kaip pagrindinius degalus yra ženkliai sumažinama anglies dvideginio koncentracija išmetimo sistemoje.

Biodujų – vandenilio mišinio panaudojimas slėginio uždegimo varikliuose

Nagrinėjant dujinius degalus skirtus varikliams, biodujos rodo gerus išmetamųjų teršalų ir energetinio efektyvumo rezultatus, lyginant su kitais biodegalais (Borjesson and Mattiasson, 2008). Tačiau, biodujose yra nemažas kiekis inertinių dujų (CO_2 ir N_2), kuris sumažina BD kaloringumą ir liepsnos greitį, tai įtakoja slėginio uždegimo variklio išmetamąsias dujas ir energetines charakteristikas (Verma et al., 2017). Slėginio uždegimo varikliams veikiant dvigubų degalų režimu, neigiamas dujų poveikis pasireiškia prie mažesnių variklio apkrovų, blogėjant variklio efektyvumui ir augant išmetamųjų teršalų kiekiui (Makareviciene et al., 2013). Literatūroje apibrėžiamos tikėtinos priežastys – prasti degalų ir oro mišiniai, mažas oro ir degalų santykis (Bora and Saha, 2016).

Turint omenyje technines problemas susijusias su biodujų degimu, mokslo bendruomenė, kaip sprendimo būdą siūlo į biodujas įmaišyti keletą procentų vandenilio. Didelis vandenilio difuziškumas skatina geresnį degalų ir oro mišinio maišymąsi. Be to, didelis vandenilio liepsnos greitis galėtų kompensuoti mažą biodujų liepsnos greitį ir pagerinti degimo charakteristikas (Park et al., 2011). Vandenilio pripildymas į biodujas nėra sudėtingas procesas. Siekiant išgauti geresnius energetinius ir ekologinius rezultatus galima vandenilio ir biodujų mišinį naudoti didelių gabaritų stacionariuose elektros generatoriuose, varomuose vidaus degimo variklių ar kogeneracinėse jėgainėse. Tačiau, transporto priemonėms nerekomenduojama montuoti vandenilio saugyklas.

Guo ir kt. parodė, kad liepsnos srautas gali būti ilgesnis, jei į metaną pridėsime vandenilio. Mokslininkai nustatė, kad vandenilis pagerina mišinio užsiliepsnojimo ribas dėl dviejų pagrindinių priežasčių: didelis liepsnos greitis ir žemas Lewiso skaičius, lyginant su metanu. Dėl didelės vandenilio difuzijos gerėja mišinio (H_2 – CH_4 – oras) degimo intensyvumas (Guo et al., 2005).

Tam tikrą įžvalgą pateikė Zhen ir kt., kuris analizavo biodujų (60 % CH_4 + 40 % CO_2) ir biodujų – vandenilio mišinių šiluminio efektyvumo charakteristikas. Bandymų metu vandenilio kiekis biodujose didėjo nuo 0 % iki 10 %. Didinant vandenilio kiekį, gerėjo mišinio užsiliepsnojimo ribos ir degimo greitis lyginant su biodujomis (Zhen et al., 2014).

Dviejų degalų slėginio uždegimo variklio veikimas

Dviejų degalų deginimas, varikliui veikiant biodujomis – biodyzelinu, skatina vidaus degimo variklio švariojo degimo režimą, kuris suteikia galimybę žymiai sumažinti tiek NO_x, tiek KD išmetimą, kartu užtikrinant aukštą, dyzelinui artimą, šiluminį efektyvumą. Dviejų degalų deginimo variklyje dujiniai degalai tiekiami į įsiurbimą orą, su juo susimaišo ir šis mišinys įsiurbiamas į variklio cilindrus. Suslėgtas mišinys savaime neužsidega dėl savo aukštos dujų savaiminio užsidegimo temperatūros ir oktaninio skaičiaus. Slėgimo takto pabaigoje oro-dujų mišinį uždega į degimo kamerą įpurškiamo biodyzelino degimo liepsna. Taigi, tai leidžia degti labai liesiems mišiniams, esant žemai degimo temperatūrai, todėl sumažėja NO_x išsiskyrimas (Yoon and Lee, 2011).

Seung Hyun Yoo (Yoon and Lee, 2011) ištyrė dvigubų degalų deginimo savybes ir įtaką mažinant išmetamųjų teršalų kiekį dyzeliniame variklyje. Vidaus degimo variklis buvo tiriamas veikiant vienais degalais (dyzelinu bei biodyzelinu) ir dvigubais degalais (biodujomis ir dyzelinu bei biodujomis ir biodyzelinu). Tyrimo duomenys pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė

Tyrimo duomenys

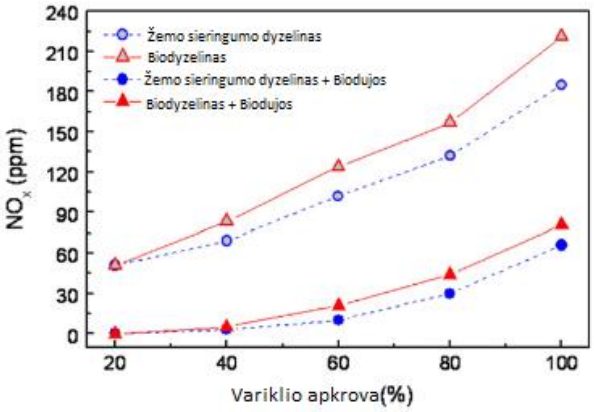
Testuojami degalai	Biodujos, biodyzelinas, žemo sieringumo dyzelinas
Variklio sūkiai	2000 (min^{-1})
Aušinimo skysčio temperatūra	70±1 (°C)
Alyvos temperatūra	70±1 (°C)
Vienų degalų režimas	Žemo sieringumo dyzelinas (100 %)
	Biodyzelinas (100 %)
Dviejų degalų režimas	Biodujos + žemo sieringumo dyzelinas
	Biodujos + biodyzelinas
Dujų įpurškimo slėgis	0,4 (MPa)
Dujų įpurškimo momentas	VGT
Įpurškiamų dujų masė	36,6±1,7 (mg/cikl.)
Pagrindinio įpuškimo slėgis	12 (MPa)
Pagrindinio įpurškimo momentas	12 (laipsnių iki VGT)
Pripūtimo slėgis	0,02 (MPa)
Variklio apkrova	20; 40; 60; 80; 100 %

Šaltinis: (Yoon and Lee, 2011)

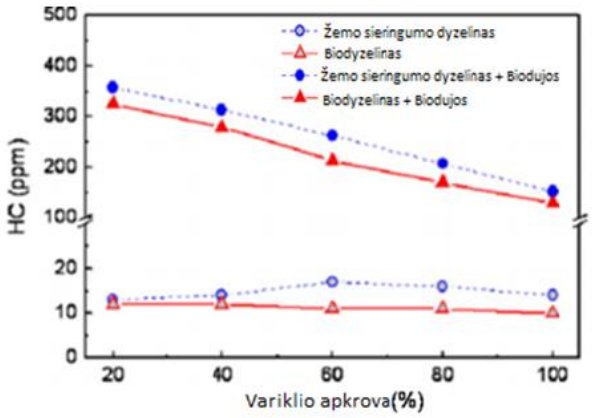
1 pav. parodyta NO_x koncentracija išmetamosiose dujose varikliui veikiant su vienu ir dvigubais degalais. Matoma, kai variklio apkrova padidėja, padidėja NO_x koncentracija visose bandymo sąlygose. Dvigubų degalų eksploatavimo metu visame apkrovų diapazone, varikliui veikiant ir dyzelinu ir biodyzelinu, išmetamas žymiai mažesnis NO_x kiekis, palyginti su rezultatais gautais varikliui veikiant tik skystais degalais. Pati mažiausia NO_x koncentracija nustatyta naudojant žemo sieringumo dyzeliną su biodujomis.

Naudojant vienos rūšies degalus ir varikliui veikiant biodyzelinu, NO_x koncentracija esant bet kokiai variklio apkrovai yra didesnė lyginant su žemo sieringumo dyzelinu. Šios tendencijos priežastis galima paaiškinti didesne deguonies koncentracija degaluose ir intensyvesniu degimu. Dėl to susidarė šiek tiek didesnis maksimalus degimo slėgis ir temperatūra, o tai paskatino susidaryti didesnes šiluminės NO_x emisijas (Yoon and Lee 2011).

Dviejų degalų naudojimo atvejais NO_x koncentracijos išmetamosiose dujose buvo akivaizdžiai mažesnės (~70 %) visais variklio apkrovimo atvejais lyginant su vienerių degalų naudojimu. Tai buvo dėl to, kad biodujų sudėtyje yra CO_2 (~40 %), kurios veikia kaip išmetamųjų dujų recirkuliacija, sumažindamos liepsnos plitimo greitį, šilumos išsiskyrimo intensyvumą ir degimo temperatūrą (Mustafi and Raine, 2008) (Bahman et al., 2007).

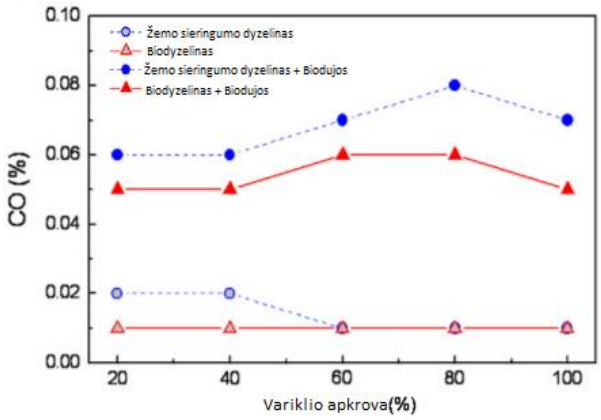


1 pav. Azoto oksidų emisija
Šaltinis: (Yoon and Lee, 2011)

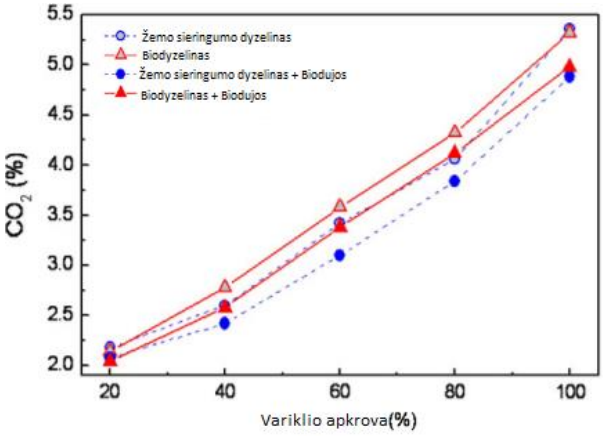


2 pav. Angliavandenilių emisija
Šaltinis: (Yoon and Lee, 2011)

Lyginant CH ir CO išmetamųjų teršalų koncentracijas, kurios pavaizduota 2 ir 3 pav. galima pastebėti, kad, esant įvairioms variklio apkrovoms, biodyzelino išmetamųjų dujų sudėtyje nepilno degimo produktų (CH ir CO) koncentracijos buvo akivaizdžiai mažesnės nei dyzelino tiek varikliui veikiant vieneriais degalais, tiek naudojant dvigubus degalus. Mažesnės CH ir CO emisijos paaiškinamos tuo, kad biodyzelino sudėtyje yra apie 11 % deguonies, kuris įtakoja geresnį (pilnesnį) degiojo mišinio degimą. Be to, biodyzelinui reikalingas mažesnis oro kiekis siekiant stechiometrinio mišinio ir tai leidžia oro ir degalų mišiniui efektyviau degti degimo kameroje (Upatnieks et al., 2005; Yoon and Lee, 2011).



3 pav. CO emisija
Šaltinis: (Yoon and Lee, 2011)



4 pav. CO_2 emisija
Šaltinis: (Yoon and Lee, 2011)

4 pav. pavaizduotas anglies dioksido (CO_2) koncentracijos išmetamosiose dujose esant įvairioms variklio apkrovoms, kai bandomas vienų degalų įpurškimas ir dvigubi degalai. Nepaisant mažesnio C/H santykio, biodyzelinas išmeta didžiausią CO_2 kiekį, o naudojant biodujų ir dyzelino mišinį CO_2 išmetama mažiausiai. Tačiau reikia įvertinti tai, kad iš SU variklio, varomo biodyzelinu, išmetamas CO_2 kiekis yra absorbuojamas augančių augalų iš kurių šie degalai ir gaminami. Todėl biodyzelinas gali būti laikomas sukeliančiu mažesnį CO_2 išmetimą į aplinką, nei naftos dyzelinas (Yoon and Lee, 2011). Biodujos papildomai mažina šiltnamio efektą sukeliančių CO_2 dujų emisiją.

Išvados

1. Biodujos yra tinkamos naudoti slėginio uždegimo varikliuose, dėl salyginai didelio oktaninio skaičiaus, kuris įtakoją atsparumą detonacijai.
2. Dviejų degalų deginimas, varikliui veikiant biodujomis – biodyzelinu, skatina vidaus degimo variklio švariojo degimo režimą, kuris suteikia galimybę žymiai sumažinti tiek NO_x, tiek KD išmetimą, kartu užtikrinant aukštą, dyzelinui artimą, šiluminį efektyvumą.
3. Varikliui veikiant biodyzelinu ir biodujų mišiniu, mažesnės CH ir CO emisijos paaiškinamos tuo, kad biodyzelino sudėtyje yra apie 11 % deguonies, kuris įtakoja geresnį (pilnesnį) degiojo mišinio degimą.
4. Į biodujų sudėtį pridėjus vandenilio, didėja mišinio užsiliepsnojimo ribos ir degimo greitis.
5. Slėginio uždegimo variklio veikiančiu biodyzelinu, išmetamas CO_2 kiekis yra absorbuojamas augančių augalų iš kurių šie degalai ir gaminami. Todėl biodyzelinas gali būti laikomas sukeliančiu mažesnį CO_2 išmetimą į aplinką, nei naftos dyzelinas.
6. Biodujos papildomai mažina šiltnamio efektą sukeliančių CO_2 dujų emisiją.

Literatūra

1. Bahman N, Vahab P, Gholamhassan N, Talal Y, Barat G. 2007. Experimental investigation of performance and emission parameters of a small diesel engine using CNG and biodiesel. SAE 2007-32-0075.
2. Bora B J, Saha U K. 2016. Experimental evaluation of a rice bran biodiesel-biogas run dual fuel diesel engine at varying compression ratios. Renew Energy; 87:782e90.
3. Bora B J, Saha U K, Soumya C, Veer V. 2014. Effect of Compression Ratio on Performance, Combustion and Emission Characteristics of a Dual Fuel Diesel Engine Run on Raw Biogas. Energy Conversion and Management 87 (November): 1000–1009. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.07.080.
4. Borjesson P, Mattiasson B. 2008. Biogas as a resource-efficientvehicle fuel. Trends Biotech. 2008;26(1):7–3.
5. Chen Y, Jinqiu M, Bin H, Peng Z, Haining H, Hao C, Xin S. 2018. Emissions of Automobiles Fueled with Alternative Fuels Based on Engine Technology: A Review. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition) 5 (4): 318–34. https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.05.001.
6. Deheri C, Saroj K A, Dhirendra N T, Ambica P M. 2020. A Review on Performance of Biogas and Hydrogen on Diesel Engine in Dual Fuel Mode. Fuel 260 (January): 116337. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116337.
7. Demirbas, A. 2010. Methane gas Hydrate. Springer Science & Business Media.
8. Guo H, Smallwood G J, Liu F, Ju Y, Guu O L. 2005. The effect of hydrogen addition on flammability limit and NO_x emission in ultra-lean counterflow CH4/air premixed flames. Proc Combust Inst 2005;30(1):303e11.
9. Yoon H, Suh H K, Lee C S. 2009. Effect of spray and EGR rate on the combustion andemission characteristics of biodiesel fuel in a compression ignition engine. Energyand Fuels 23 1486–1493.

10. Yoon H, Chang S L. 2011. Experimental Investigation on the Combustion and Exhaust Emission Characteristics of Biogas–Biodiesel Dual-Fuel Combustion in a CI Engine. Fuel Processing Technology 92 (5): 992–1000. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2010.12.021.
11. Khatri N, Kamal K K. 2020. Hydrogen Enrichment on Diesel Engine with Biogas in Dual Fuel Mode. International Journal of Hydrogen Energy, January, S0360319919347354. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.12.167.
12. Knothe G. 2010. Biodiesel and Renewable Diesel: A Comparison. Progress in Energy and Combustion Science 36 (3): 364–73. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2009.11.004.
13. Makareviciene V, Sendzikiene E, Pukalskas S, Rimkus A, Vegneris R. 2013. Performance and emission characteristics of biogas used in diesel engine operation. Energy Convers Manag 2013;75:224e33.
14. Mikosz, J. 2015. Determination of Permissible Industrial Pollution Load at a Municipal Wastewater Treatment Plant. International Journal of Environmental Science and Technology 12 (3): 827–36. https://doi.org/10.1007/s13762-013-0472-0.
15. Mustafi N N, Raine R R. 2008. A study of the emissions of a dual fuel engine operating with alternative gaseous fuels, SAE 2008-01-1394.
16. Naylor R L, Matthew M. H. 2018. The Rise in Global Biodiesel Production: Implications for Food Security. Global Food Security 16 (March): 75–84. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.10.004.
17. Park C, Park S, Lee Y, Kim C, Lee S, Moriyoshi Y. 2011. Performance and emission characteristics of a SI engine fueled by low calorific biogas blended with hydrogen. Int J Hydrogen Energy 2011;36:10080e8.
18. Rahmouni C., Tazerout M., Corre O. Le. 2002. A method to determine biogas compositionfor combustion control, SAE 2002-01-1708.
19. Rosha P, Amit D, Saroj K M. 2018. Influence of Gaseous Fuel Induction on the Various Engine Characteristics of a Dual Fuel Compression Ignition Engine: A Review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 82 (February): 3333–49. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.055.
20. Sahoo, B B, Sahoo N, Saha U K. 2009. Effect of Engine Parameters and Type of Gaseous Fuel on the Performance of Dual-Fuel Gas Diesel Engines—A Critical Review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (6–7): 1151–84. https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.08.003.
21. Devendra S, Subramanian K A, Garg M. 2018. Comprehensive Review of Combustion, Performance and Emissions Characteristics of a Compression Ignition Engine Fueled with Hydroprocessed Renewable Diesel. Renewable and Sustainable Energy Reviews 81 (January): 2947–54. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.104.
22. Tricase C, Lombardi M. 2009. State of the art and prospects of Italian biogas productionfrom animal sewage: technical-economic considerations. Renewable Energy 34(2009) 477–485.
23. Tricase C, Lombardi M. 2009. State of the Art and Prospects of Italian Biogas Production from Animal Sewage: Technical-Economic Considerations. Renewable Energy 34 (3): 477–85. https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.06.013.
24. Upatnieks A, Muller C J. 2005. Clean, controlled DI diesel combustion using dilute, cool charge gas and a short-ignition-delay, oxyenated fuel, SAE 2005-01-0363.
25. Verma S, Das L M, Kaushik S C. 2017. Effects of varying composition of biogas on performance and emission characteristics of compression ignition engine using exergy analysis. Energy Convers Manag 2017;138:346e59.
26. Zhen H S, Leung C W, Cheung C S, Huang Z. H. 2014. Characterization of biogas-hydrogen premixed flames using Bunsen burner. Int J Hydrogen Energy 2014;39: 13292–13299.
27. Zöldy M. 2011. Ethanol–biodiesel–diesel blends as a diesel extender option on compression ignition engines. Transport 26 (3): 303–309. https://doi.org/10.3846/16484142.2011.623824.

A REVIEW ON PERFORMANCE OF DIESEL ENGINE WORKING IN DUAL FUEL MODE – GAS AND DIESEL

Summary

We make a review of experimental and digital modelling of researches which analyzes the changes of ecological and energy parameters of compression ignition engine when to intake is filed by additional gas and hydrogen mixture. Also analyzing the properties of biogas and biodiesel. The hydrogen is used to accelerate slow gas combustion and improve engine performance. Compression ignition engine working in dual fuel mode which are made from renewable sources can significantly reduce greenhouse gas emission. The additional biogas reduces emissions of nitrogen oxides.

Key words: compression ignition engine, biodiesel, biogas, hydrogen.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Airidas Valentas Baranauskas.
Mokslo laipsnis ir vardas: studentas, magistrantas.
Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių inžinerijos katedros magistrantas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.
Telefonas ir el. pašto adresas: +37067369090, airidas-valentas.baranauskas@stud.vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.
Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Automobilių inžinerijos katedros docentas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61571161, alfredas.rimkus@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Saulius Stravinskas.
Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.
Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Automobilių inžinerijos katedros doktorantas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 66209649, saulius.stravinskas@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Airidas Valentas Baranauskas.
Science degree and name: student, postgraduate.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty, Automobile Engineering department department master student.
Author‘s research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.
Telephone and e-mail address: +37067369090, airidas-valentas.baranauskas@stud.vgtu.lt

Author name, surname: Alfredas Rimkus.
Science degree and name: associated professor.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Engineering department associated professor.
Author‘s research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.
Telephone and e-mail address: +370 61571161, alfredas.rimkus@vgtu.lt

Author name, surname: Saulius Stravinskas.
Science degree and name: master.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Engineering department.
Author‘s research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.
Telephone and e-mail address: +370 66209649, saulius.stravinskas@vgtu.lt

AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO TARŠOS EMISIJŲ MAŽINIMO GALIMYBIŲ TYRIMAS IŠKASTINIUS DEGALUS PAKEIČIANT IŠ BIOATLIEKŲ GAMINAMAIS DVIGUBAIS BIODEGALAIS

Edvinas Bučinskas, Alfredas Rimkus, Saulius Stravinskas, Jonas Matijošius
Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija

Anotacija

Straipsnyje pateikiami ir analizuojami slėginio uždegimo variklio emisijų pokyčio tyrimo rezultatai dyzeliną pakeitus dvigubais biodegalais. Pirmame bandymo etape kartu su dyzelinu buvo tiekiamos biodujos, kurių energijos dalis sudarė 40 %, 60 % ir 80 %. Antrame etape vietoje dyzelino naudotas antros kartos biodyzelinas HVO kartu su biodujomis, kurių energijos dalis buvo analogiška kaip ir pirmame. Biodujos imituojamos į variklį tiekiant gamtines dujas (60 % tūrio) ir anglies dioksidą (40 % tūrio). Lyginami anglies dioksido, anglies monoksido, nesudegusių angliavandenilių, azoto oksidų emisijų bei dūmingumo pokyčiai dyzeliną pakeitus biodyzelinu ir didinant biodujų koncentraciją. Naudojant dvigubus biodegalus, kuriuose didinama biodujų koncentracija, sumažinama azoto oksidų koncentracija deginiuose ir jų dūmingumas.

Reikšminiai žodžiai: dyzelinas, biodyzelinas, biodujos, dvigubi degalai, teršalų emisijos.

Įvadas

Nors slėginio uždegimo (SU) varikliais aprūpintų automobilių skaičiaus augimas Lietuvoje mažėja, dyzelinu varomi automobiliai išlieka viena dažniausiai naudojamų transporto rūšių. Nepaisant griežtėjančių aplinkosauginių reikalavimų dyzelinių automobilių emisijų mažinimo klausimas išlieka vienu iš aktualiausių. Slėginio uždegimo varikliai, naudodami dyzeliną kaip degalus, į aplinką su deginiais išmeta ir labai kenksmingas chemines medžiagas: azoto oksidus (NO_x), anglies monoksidą (CO), nesudegusius angliavandenilius (CH), taip pat ir fiziškai kenksmingas kietąsias daleles bei suodžius. Šiuolaikinių automobilių varikliai aprūpinami įvairiomis kenksmingų teršalų mažinimo priemonėmis – kietųjų dalelių filtrais, išmetamųjų dujų recirkuliacijos sistemomis ir katalizatoriais. Tačiau technologiškai visiškai sumažinti kenksmingų medžiagų emisijas yra labai sudėtinga, todėl didelio dėmesio sulaukė alternatyvieji degalai, kurie, skirtingai nei iškastiniai degalai, gaminami iš atsinaujinančių energijos šaltinių bei neturi priemaišų, būdingų mineralinės kilmės degalams. Tai leidžia ir ženkliai sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių anglies dioksido (CO_2) dujų ir kitų teršalų emisijas.

Biodegalų panaudojimo galimybės naudojant dvigubą degalų tiekimą

Didžioji dalis slėginio uždegimo variklių degalų yra gaminama iš iškastinė žaliavos – naftos. Tačiau, degalų rinkoje yra nemažai alternatyvų įprastiems dyzeliniams degalams – nuo pirmos kartos biodyzelino (rapsų metilo esterių RME) iki antros kartos biodyzelino (HVO - angl. Hydratated vegetable oil) ir aukštesnių kartų atsinaujinančių degalų, kurių gamybai gali būti naudojamos įvairios bio atliekos. Tačiau, siekiant panaudoti didesnę biodegalų dalį ir gauti dar geresnių ekologinių rezultatų, nemažai tyrėjų atlieka SU variklių tyrimus naudojant dvigubus degalus: dyzeliną ir biodujas.

Biodujos puvimo proceso metu susidaro iš maisto atliekų, augalų, mėšlo ir kitų organinių atliekų. Biodujose esantis metanas (CH_4) gali susidaryti nuo 50 iki 75 % biodujų tūrio. Biodujas išgryninus iki 98 % metano gaunamas biometanas, kuris savo savybėmis prilygsta suslėgtoms gamtinėms dujoms (SGD) (Da Costa Gomez, 2013). Nors tyrimų atlikta palyginus daug, tačiau neretai gaunami prieštaringi rezultatai. Mahla et al., 2018 nustatė, jog papildomai su įsiurbiamu oru tiekiant biodujas pastebimas slėgio bei temperatūros cilindre sumažėjimas. Tai paaiškinama anglies dioksido, sudarančio apie 40 % biodujų tūrio, visišku nedalyvavimu degimo procese. Sumažėjęs slėgis ir temperatūra cilindre įtakoja mažesnius azoto oksidų kiekius išmetamosiose dujose. Tyrėjai pastebėjo, jog papildomai tiekiant biodujas mažėja cilindro pripildymas šviežiu oru, todėl dyzelinas nevisiškai sudega, o tai įtakoja nesudegusių angliavandenilių bei anglies monoksido emisijų padidėjimą. Pagrindinės dyzelino, biodyzelino HVO, gamtinių dujų ir biodujų fizinės-cheminės savybės pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė

Pagrindinės degalų savybės

Savybės	Dyzelinas	HVO	Gamtinės dujos	Biodujos
Žemutinis šilumingumas, MJ/kg	42.5	44.1	50.0	19.1
Cetaninis skaičius	52.1	> 70.0	-	-
Oktaninis skaičius	-	-	> 120	130
Savaiminio užsiliepsnojimo temperatūra, °C	180-220	-	650	600-650

Stechiometrinis oro/degalų santykis, kg/kg	14.3	-	17.2	6.17
Anglies dalis, %	87	84.36	75	-
Užsiliepsnojimo ribos, tūrio % ore	0.6-7.5	-	5-15	7.5-14

Šaltinis: Di Iorio et al., 2017, Mansor et al., 2017, Verma et al., 2018, Rahman and Ramesh, 2019, Sarkar and Saha, 2018, Li et al., 2019.

Nors biodyzelino ir biodujų panaudojimo galimybės SU varikliuose yra tirtos gan plačiai, tačiau nėra randama išsamių tyrimų, kuriuose skysti ir dujiniai biodegalai būtų naudojami kartu (dvigubi degalai), nustatant jų ekologinį efektyvumą. Tyrimo tikslas: ištirti slėginio uždegimo variklių emisijų mažinimo galimybes iškastinius degalus pakeičiant iš bioatliekų gaminamais dvigubais biodegalais – biodyzelinu ir biodujomis.

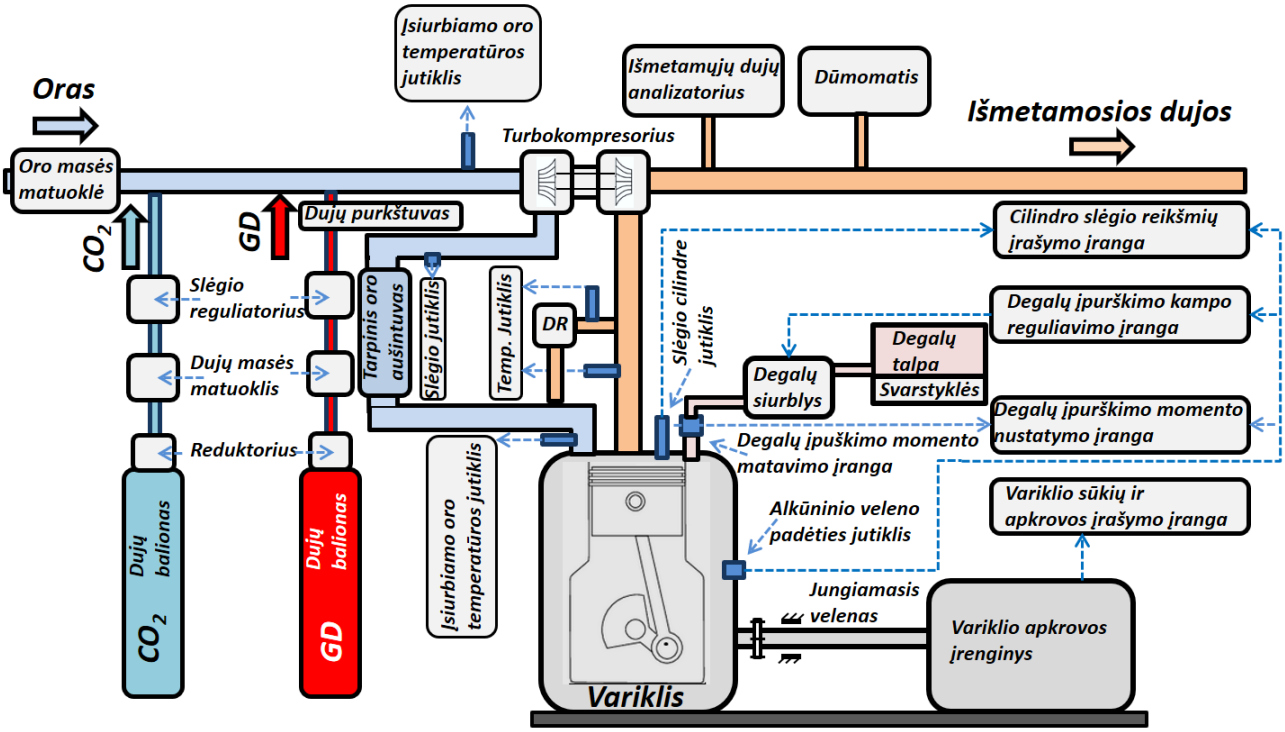
Tyrimo metodika

Bandymai atlikti naudojant slėginio uždegimo variklį 1.9 TDI (1Z), kurio maitinimo sistemoje naudojamas elektronikos valdomas BOSCH VP37 skirstomojo tipo degalų siurblys ir turbokompresorius. Variklio pagrindiniai parametrai pateikti 2-oje lentelėje. Įrengiant dvigubą maitinimo sistemą šitame variklyje buvo sumontuota papildoma dujų maitinimo sistema Dual fuel (*Elpigaz - Degamix*), kuri suteikė galimybę elektroniškai valdyti gamtinių dujų (GD) įpurškimą. 98 % gamtinių dujų tūrio sudarė metanas (CH_4). Lygiagrečiai GD tiekiamos anglies dvideginio (CO_2) dujos, kurių kiekis reguliuojamas slėgio reguliatoriumi. Palaikant numatytą šių dujų tūrių santykį (60 % GD ir 40 % CO_2) imituotos biodujos (BD). Šių dujų mišinys tiekiamas prieš turbokompresorių. Variklio rodiklių tyrimui naudojamos bandymo įrangos išdėstymas pateiktas schemoje (1 pav.).

2 lentelė

Slėginio uždegimo variklio 1Z pagrindiniai parametrai

Parametras	Vertė
Variklio darbinis tūris (cm^3)	1986
Cilindrų skaičius	4
Suslėgimo laipsnis	19,5
Stūmoklio skersmuo (mm)	79,5
Stūmoklio eiga (mm)	95,5
Galia (kW)	66 (4000 min^{-1})
Sukimo momentas (Nm)	180 (2000 – 2500 min^{-1})
Degalų purkštuvo atsidarymo slėgis (bar)	190
Įsiurbimo vožtuvas atsidaro	13 °AV prieš VGT
Įsiurbimo vožtuvas užsidaro	25 °AV po AGT
Išmetimo vožtuvas atsidaro	28 °AV prieš AGT
Išmetimo vožtuvas užsidaro	19 °AV po VGT



Pav. 1 Variklio bandymo įranga
Šaltinis: sudaryta autorių

Variklio stabdymo momentas M_s ir veleno sūkiai n nustatyti apkrovos stendu *KI-5543*, M_s matavimo paklaida ± 1,23 Nm. Skystų degalų valandinės sąnaudos nustatytos naudojant elektronines svarstykles SK-5000 ir chronometrą, degalų sąnaudų matavimo paklaida 0,5 %. Gamtinės dujos ir anglies dvideginis tiekiamos iš atskirų balionų ir jų sąnaudos nustatytos dviem atskirais dujų masės matuokliais *Massflowmeter Type RHM 015*, kurių tikslumas ± 0,1 %. Įsiurbiamo oro masė nustatyta matuokle *BOSCH HFM 5*, kurios tikslumas 2 %. Įsiurbiamo oro ir išmetamųjų dujų temperatūra nustatyta *K* tipo termoporomis, kurių tikslumas ± 1.5 °C. Išmetamų teršalų koncentracija išmetamosiose dujose nustatyta naudojant dujų analizatorių *AVL DiCom 4000*. CO_2 matavimo tikslumas – 0.1 % tūrio, CO – 0.01 % tūrio, CH – 1 ppm, NO_x – 1 ppm, dūmingumo (absorbcijos koeficiento) – 0.01 m^{-1}.

Bandymo metu buvo imituojamas lengvojo automobilio važiavimas miesto sąlygomis apie 50 km/h greičiu. Buvo nustatyti vidutiniai variklio sūkiai (n = 2000 min^{-1}) ir variklio stabdymo apkrova (M_s = 45 Nm). Siekiant tiksliau įvertinti biodujų įtaką, bandymai atlikti atjungus deginių recirkuliacijos vožtuvą. Degalų įpurškimo pradžios momentas visiems bandymams buvo nustatytas Θ = 6° alkūninio veleno (AV) prieš viršutinį galinį tašką (VGT).

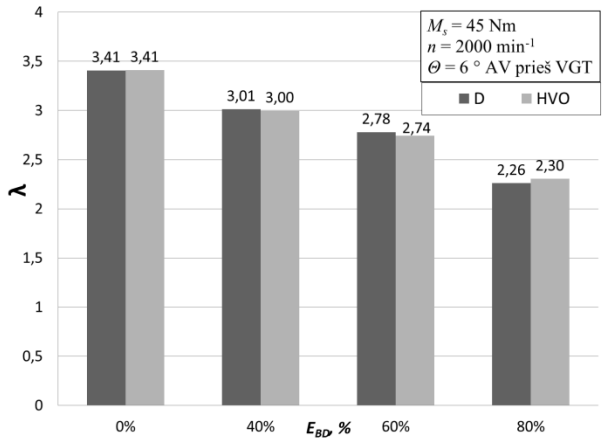
Įpurškiamų gamtinių dujų masė apskaičiuota įvertinant, kad dujų energija turi sudaryti tam tikrą dalį degalų energijos. Lygiagrečiai tiekimų CO_2 dujų masė apskaičiuota įvertinant kad jų tūris visais atvejais turi sudaryti 40 % dujų mišinio tūrio. Toks GD ir CO_2 dujų mišinys imituoja BD. Bandymai atlikti tiekiant dujas įvairiais srautais, užtikrinant kad biodujų energijos dalis sudarytu 0 %, 40 %, 60 % ir 80 % visų degalų energijos. Biodujų energijos dalis grafikuose pažymėta E_{BD}, %, dyzelinas pažymėtas D, biodyzelinas pažymėtas HVO.

Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

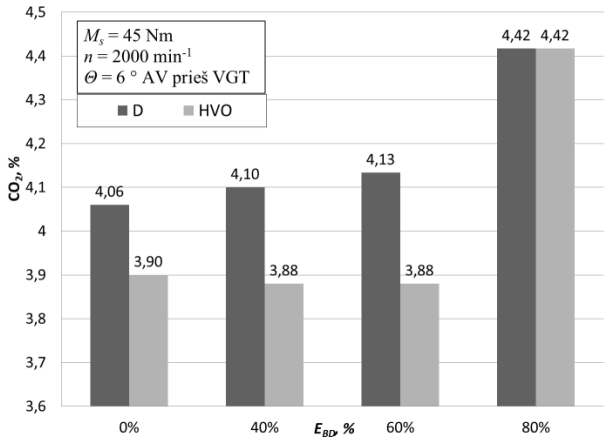
Tyrimo metu surinkti duomenys, kaip keičiasi skirtingų kenksmingų išmetamųjų teršalų koncentracija varikliui veikiant dvigubais degalais: dyzelinu (D) ir biodujomis (BD) bei biodyzelinu (HVO) ir biodujomis (BD). Tyrimo metu stebėtų išmetamųjų teršalų emisijų pokyčio priklausomybės nuo biodujų energijos dalies mišinyje (E_{BD}) pavaizduotos grafikuose (pav. 2 – 7).

Didinant biodujų koncentraciją degaluose oro perteklius degaluose mažėja, nepriklausomai ar BD dega kartu su D ar su HVO (pav. 2). BD energijos dalį padidinus iki 80 %, oro perteklius sumažėja ~33 %, nes biodujos užima tam tikrą tūrį cilindre. Varikliui naudojant HVO, anglies dioksido (CO_2) emisijos sumažėja ~3,9 % lyginant su įprastiniu dyzelinu, nes HVO degaluose santykinai mažiau anglies. BD energijos dalį didinant iki 60 % ženklaus CO_2 emisijos padidėjimo nėra (pav. 3). Toliau didinant biodujų energijos dalį, anglies dioksido emisijos auga sparčiai naudojant HVO ir susilygina su CO_2 rodikliais, kaip

pilotinius degalus naudojant D. Šiuo atveju CO_2 emisija ~8,9 % didesnė palyginus su grynu dyzelinu. Anglies dioksido kiekio prieaugį esant vienodoms variklio darbo sąlygomis galima paaiškinti dideliu anglies dioksido kiekiu biodujose (Mahla et al., 2018).



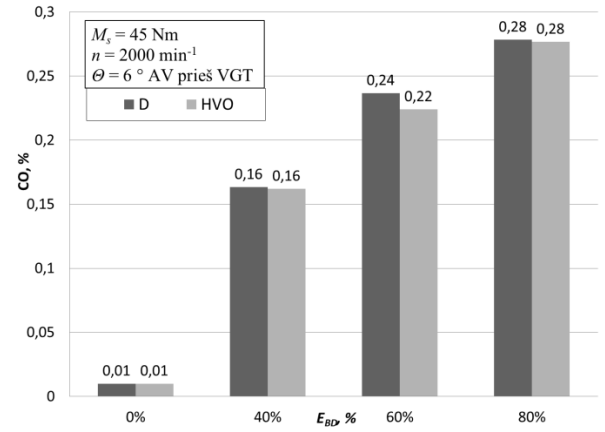
Pav. 2 Oro pertekliaus koeficiento pokytis
Šaltinis: sudaryta autorių



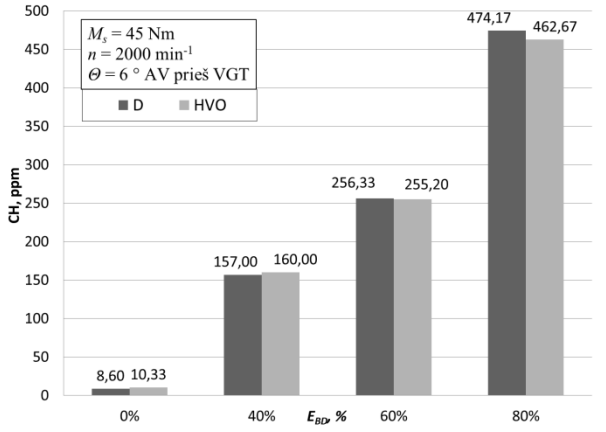
Pav. 3 Anglies dioksido emisijų pokytis
Šaltinis: sudaryta autorių

Didėjant biodujų energijos kiekiui anglies monoksido (CO) koncentracija išmetamosiose dujose intensyviai auga. Biodujų sudėtyje esančios CO_2 dujos lemia mažesnį degimo intensyvumą bei temperatūrą ir tai pablogina angliavandenilių pilną oksidaciją. Anglies monoksido emisijų padidėjimą pastebėjo ir Makarevičienė et al., 2013. Pastebimas nedidelis anglies monoksido emisijų sumažėjimas pilotiniam uždegimui naudotą dyzeliną pakeitus HVO biodyzelinu, nes antros kartos biodegalai turi mažesnį C/H santykį bei trumpesnę molekulinę grandinę ir lengviau oksiduojasi (pav. 4).

Nesudegusių angliavandenilių (CH) emisijos priklauso nuo degimo proceso cilindre bei cilindro pripildymo šviežiu oru. Dėl biodujose esančio anglies dioksido sumažėja šviežio oro patekimas į cilindrą (pav. 2), taip pat, krenta degimo temperatūra (Mahla et al., 2018). Didėjant biodujų koncentracijai intensyviai auga nesudegusių angliavandenilių emisijos, tačiau naudojant dvigubus degalus HVO ir BD, lyginant su D ir BD, CH koncentracija nežymiai (~2,5 %) sumažėja esant 60 – 80 % E_{BD} (pav. 5).

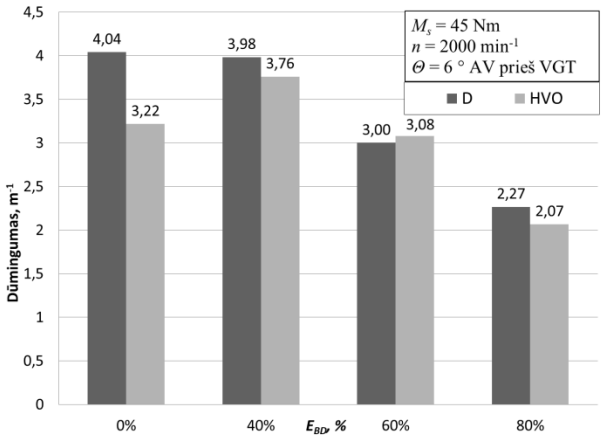


Pav. 4 Anglies monoksido emisijų pokytis.
Šaltinis: sudaryta autorių

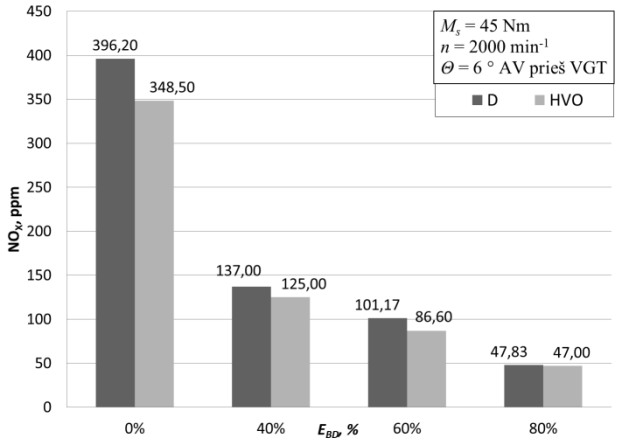


Pav. 5 Nesudegusių angliavandenilių emisijos
Šaltinis: sudaryta autorių

Dūmingumo sumažėjimui ženklią įtaką (~20 %) daro dyzelino pakeitimas HVO biodyzelinu, nes HVO turi mažesnį C/H santykį bei paprastesnę molekulinę grandinę, dėl ko biodyzelinas pilniau sudega. Biodujų energetinės koncentracijos didėjimas dujas naudojant kartu su dyzelinu ženkliai sumažina dūmingumą nes dyzeliną pakeičia dujose esantis metanas, kuris turi mažesnį C/H santykį bei pilnai sudega. Biodujas naudojant kartu su HVO dūmingumo mažėjimas pastebimas tik BD energijos koncentracijai viršijus 40 %. Biodujų energijos koncentracijai pasiekus 80 % ir pilotiniam uždegimui naudojant HVO išmetamųjų dujų dūmingumas yra ~48 % mažesnis lyginant su grynu dyzelinu (pav. 6).



v. 6 Dūmingumo pokytis
Šaltinis: sudaryta autorių



Pav. 7 Azoto oksidų emisijos pokytis
Šaltinis: sudaryta autorių

Pa

Dyzeliną pakeitus HVO biodyzelinu matomas ~12 % azoto oksidų (NO_x) sumažėjimas (pav. 7) dėl aukštesnio HVO cetaninio skaičiaus ir mažesnio degimo intensyvumo pirminėje intensyvaus degimo fazėje. Dėl biodujose esančio anglies dioksido netgi esant 40 % biodujų energijos mišinyje su dyzelinu arba HVO, pastebima beveik 3 kartus mažesnė NO_x koncentracija deginiuose. Dėl biodujose esančio anglies dioksido cilindre krenta temperatūra, todėl stipriai sumažėja azoto oksidų emisija (Deheri et al., 2020). Biodujoms sudarant 80 % degalų energijos pasiekiamos iki 8 kartų mažesnės azoto oksidų emisijos lyginant su grynu dyzelinu.

Išvados

1. Varikliui veikiant dvigubais degalais, dėl biodujose esančio CO_2, kuris nedalyvauja degimo procese, išmetamosiose dujose išauga anglies dioksido koncentracija iki ~8,9 % kai BD energijos dalis pasiekia E_{BD} = 80 %. Pilotiniam uždegimui naudojant HVO biodyzeliną ir esant E_{BD} = 60 %, CO_2 koncentracija sumažėja iki ~3,9 %, nes HVO turi mažesnį C/H santykį.
2. Didinant biodujų energetinę dalį ir pilotiniam uždegimui naudojant dyzeliną nepilno degimo produktų (CO ir CH) emisijos intensyviai didėja, nes BD mažina oro pertekliaus koeficientą iki ~33 % (kai E_{BD} = 80 %) ir degimas blogėja. HVO nežymiai (~2,5 %) sumažina (esant 60 – 80 % E_{BD}) CO ir CH emisijas nes turi mažesnį C/H santykį bei trumpesnę molekulinę grandinę ir lengviau oksiduojasi.
3. Dyzeliną pakeitus HVO biodyzelinu dūmingumas sumažėja ~20 %, o naudojant HVO ir biodujas mažėja dar daugiau ir kai E_{BD} = 80 %, dūmingumas yra ~48 % mažesnis lyginant su dyzelinu. Analogiškose sąlygose NO_x emisija sumažėja atitinkamai ~12 % ir 8 kartus. Dūmingumas mažėja, nes dyzeliną pakeičia HVO ir metanas, kurie turi mažiau anglies ir geriau dega. Geresnis dvigubų biodegalų degimas kompensuoja dėl biodujose esančių CO_2 sumažėjusią degimo temperatūrą, kas sumažina NO_x emisiją. Aukštesnis HVO cetaninis skaičius taip pat įtakoja NO_x emisijos mažėjimą, nes sumažina užsiliepsnojimo gaištį ir degimo intensyvumą pirminėje intensyvaus degimo fazėje.
4. Įvertinus teršalų emisijų pokyti slėginio uždegimo variklyje naudojant dvigubus biodegalus galima teigti, kad HVO ir biodujų mišinys, kuriame E_{BD} = 60 % yra tinkamiausias.

Padėka

Tyrimas atliktas vykdant 2014 – 2020 metų Europos Sąjungos fondų investicijų veiksmų programos 09.3.3-LMT-K-712 priemonės „Mokslininkų, kitų tyrėjų, studentų mokslinės kompetencijos ugdymas per praktinę mokslinę veiklą“ veiklos „Studentų gebėjimų vykdyti MTEP veiklą ugdymas“ poveiklės „Studentų gebėjimų ugdymas vykdant tyrimus semestro metu“ projektą „Automobilių transporto taršos emisijų mažinimo galimybių tyrimas iškastinius degalus pakeičiant iš bioatliekų gaminamais dvigubais biodegalais“. Projekto kodas: 09.3.3-LMT-K-712-16-0094.

Literatūra

1. Da Costa Gomez, C. (2013). Biogas as an energy option. In *The Biogas Handbook: Science, Production and Applications*. https://doi.org/10.1533/9780857097415.1
2. Deheri, C., Acharya, S. K., Thatoi, D. N., & Mohanty, A. P. (2020). A review on performance of biogas and hydrogen on diesel engine in dual fuel mode. *Fuel*, *260*(October 2019), 116337. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116337

3. Di Iorio, S., Magno, A., Mancaruso, E., Vaglieco, B.M., (2017). Analysis of the effects of diesel/methane dual fuel combustion on nitrogen oxides and particle formation through optical investigation in a real engine. Fuel Processing Technology 159, 200–210. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2017.01.009
4. Li, Y., Xu, H., Cracknell, R., Head, R., Shuai, S., (2019). An experimental investigation into combustion characteristics of HVO compared with TME and ULSD at varied blend ratios. Fuel 255, 115757. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.115757
5. Mahla, S. K., Singla, V., Sandhu, S. S., & Dhir, A. (2018). Studies on biogas-fuelled compression ignition engine under dual fuel mode. *Environmental Science and Pollution Research*, *25*(10), 9722–9729. https://doi.org/10.1007/s11356-018-1247-4
6. Makareviciene, V., Sendzikiene, E., Pukalskas, S., Rimkus, A., & Vegneris, R. (2013). Performance and emission characteristics of biogas used in diesel engine operation. *Energy Conversion and Management*, *75*, 224–233. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.06.012
7. Mansor, M.R.A., Abbood, M.M., Mohamad, T.I., (2017). The influence of varying hydrogen-methane-diesel mixture ratio on the combustion characteristics and emissions of a direct injection diesel engine. Fuel 190, 281–291. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.11.010
8. Rahman, K.A., Ramesh, A., (2019). Studies on the effects of methane fraction and injection strategies in a biogas diesel common rail dual fuel engine. Fuel 236, 147–165. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.08.091
9. Sarkar, A., Saha, U.K., (2018). Role of global fuel-air equivalence ratio and preheating on the behaviour of a biogas driven dual fuel diesel engine. Fuel 232, 743–754. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.06.016
10. Verma, S., Das, L.M., Kaushik, S.C., Tyagi, S.K., (2018). An experimental investigation of exergetic performance and emission characteristics of hydrogen supplemented biogas-diesel dual fuel engine. International Journal of Hydrogen Energy 43, 2452–2468. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.12.032

INVESTIGATION OF POSSIBILITY TO DECREASE AUTOMOBILE TRANSPORT EMISSIONS BY CHANGING FOSSIL FUELS WITH DUAL WASTE BIOFUELS.

Summary

In the article, results of change in emissions of compression ignition engine when diesel fuel is replaced with dual biofuels are given and analysed. In the first part of the experiment, as a pilot fuel was used diesel, and in addition biogas was used in concentration respectively 40%, 60% and 80%. In the second part of investigation, the main process of experiment was the same, but instead of using diesel as a pilot fuel, Biodiesel HVO was used. Biogas was imitated by mixing natural gas (60% of volume) and carbon dioxide (40% of volume). Emissions of carbon dioxide, carbon monoxide, unburn hydrocarbons, nitrogen oxides and smoke are compared in different states of engine work: when pure diesel is used, when diesel is replaced with biodiesel HVO, when biogas at different concentrations is used. By using dual biofuels, a reduction of ~8 times of nitrogen oxides and ~48% decreased smoke emissions was noticed.

Key words. Diesel, biodiesel, biogas, dual fuel, emissions.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Edvinas Bučinskas.
Mokslo laipsnis ir vardas: studentas.
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Automobilių transporto inžinerijos katedros studentas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto techninis eksploatavimas, alternatyvioji energetika.
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 69235742, edvinas.bucinskas@tf.vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Automobilių transporto inžinerijos katedros docentas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61571161, a.rimkus@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Saulius Stravinskas.
Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Automobilių transporto inžinerijos katedros lektorius.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 66209649, s.stravinskas@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Automobilių transporto inžinerijos katedros lektorius.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 68404169, j.matijosius@vtdko.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Edvinas Bučinskas.
Science degree and name: student
Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Automobile Transport Engineering department student.
Author's research interests: Technical exploitation of transport, alternative energy.
Telephone and e-mail address: +370 69235742, edvinas.bucinskas@tf.vtdko.lt

Author name, surname: Alfredas Rimkus.
Science degree and name: associated professor.
Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Automobile Transport Engineering department associated professor.
Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.
Telephone and e-mail address: +370 61571161, a.rimkus@vtdko.lt

Author name, surname: Saulius Stravinskas.
Science degree and name: master.
Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Automobile Transport Engineering department lector.
Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.
Telephone and e-mail address: +370 66209649, s.stravinskas@vtdko.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.
Science degree and name: associated professor.
Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Automobile Transport Engineering department lector.
Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.
Telephone and e-mail address: +370 68404169, j.matijosius@vtdko.lt

PRECIZINĖS ILGIO MATAVIMO SISTEMOS DINAMINIŲ REIŠKINIŲ TYRIMAI

Paulius Svilainis[1], Artūras Kilikevičius[2], Donatas Gurauskis[1], Antanas Fursenko[1], Jonas Matijošius[2], Nedas Miknius[1], Gustavas Kobal [1]

[1] Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos fakultetas, Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedra; [2]Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos mokslo institutas

Anotacija

Darbe pagrindinis dėmesys skirtas nustatyti aplinkos ir precizinės ilgio sistemos elementų virpesių įtaką sistemos dinaminiams procesams. Nors atliekami tyrimai taikomi specifinėms precizinės ilgio sistemos dinaminių procesų uždaviniams spręsti, jų rezultatai turi platesnę taikomąją prasmę ir gali būti panaudoti kuriant ir kitos paskirties precizines sistemas, pasižyminčias kokybiškai naujomis savybėmis.

Reikšminiai žodžiai: virpesiai, matavimo sistema, dinaminiai procesai.

Įvadas

Tikslumo tyrimams, siekiant pagerinti metrologines etaloninių ilgio kalibravimo sistemų savybes ir patikslinti jų neapibrėžties sandarą, daug dėmesio skiria išsivysčiusių šalių nacionaliniai metrologijos institutai ir precizinę produkciją gaminančios firmos (Gurauskis et al., 2019; López et al., 2012, 2011). Atliktų tyrimų pagrindu tobulinamos esamos sistemos ir komponentai, kuriami nauji inovatyvūs sprendimai, kurie patentuojami. Tyrimų rezultatai neskelbiami arba skelbiami labai ribotai, ypač pramoninių firmų. Tačiau šie tyrimai nėra sistemiški ir liečia daugiausia struktūrinius sistemų komponentus (Chang et al., 2019; Lyu et al., 2020).

Sparti aukštųjų technologijų pažanga kelia vis aukštesnius ilgio ir poslinkių matavimų tikslumo, greičio ir kt. reikalavimus (Gurauskis et al., 2019). Kokybei tampant marketabilia, naujų matavimo priemonių sukūrimas ir jų matavimo galimybių pagerinimas duoda tiesioginę naudą pramonei ir verslui, įgalindamas įsiskverbti į sritis, kurios anksčiau buvo neprieinamos dėl ribotų matavimo galimybių. Aukščiausius reikalavimus susietai ilgio metrologijai pateikia puslaidininkių pramonė, kur kritinius matmenis jau dabar reikia nustatyti nanometrų tikslumu (Alejandre and Artes, 2004; Gao et al., 2015).

Precizinių matavimo priemonių paklaidos gali būti skirstomos į kelias grupes taip (Li et al., 2015; Zhang et al., 2017): geometrinės ir kinematinės paklaidos; temperatūrinės paklaidos; darbinio proceso metų kylančių jėgų sukeltos paklaidos ir kitos paklaidos, kurias sukelia matavimo sistemos surinkim Optiniai linijiniai kodavimo įrenginiai atlieka svarbų vaidmenį kompiuterinių valdomų sistemų, koordinačių matavimo mašinų, robotikos, padėties nustatymo sistemų, sekimo sistemų ir kitų tikslių pozicionavimo sistemų veikloje (Hu et al., 2019; Mansour and Seethaler, 2017; Okwudire et al., 2016; Sencer et al., 2018; Sencer and Tajima, 2017; Shahzadeh et al., 2018; Tajima et al., 2018; Tajima and Sencer, 2019, 2017; Zhong et al., 2018).

Praktiškai mechaniniai virpesiai yra vienas iš veiksnių, kurie sukelia klaidas linijinių poslinkių matavimo keitikliuose. Rezonansas matuojant dalines detales, pvz., Aliuminio ekstruzijos arba skaitymo galvutes, arba palaikymo elementuose gali sukelti papildomą nepageidaujamą skenavimo galvutės judėjimą matavimo skalėje. Toks judėjimas neišvengiamai veikia tikslumą. Iš esmės, linijinio keitiklio dinaminis veikimas priklauso nuo jo konstrukcijos. J. López ir kt. tiria linijinio keitiklio elgesį pagal vibracijas, pagrįstas skirtingais optiniais nuskaitymo metodais (López et al., 2012, 2011), ir kodavimo klaidas esant vibracijai skirtingomis tvirtinimo sąlygomis. Nors yra sukurta metodika, skirta įvertinti optinius daviklius pagal vibraciją arba kompensuojant vibraciją, tačiau norint gerai suprasti vykstančius procesus kiekvieno linijinio keitiklio mechaninėje konstrukcijoje, reikia atlikti išsamesnį tyrimą, pavyzdžiui.

1. Eksperimentinis linijinio keitiklio kartu su tvirtinimo konstrukcija sistemos dinaminių charakteristikų tyrimas

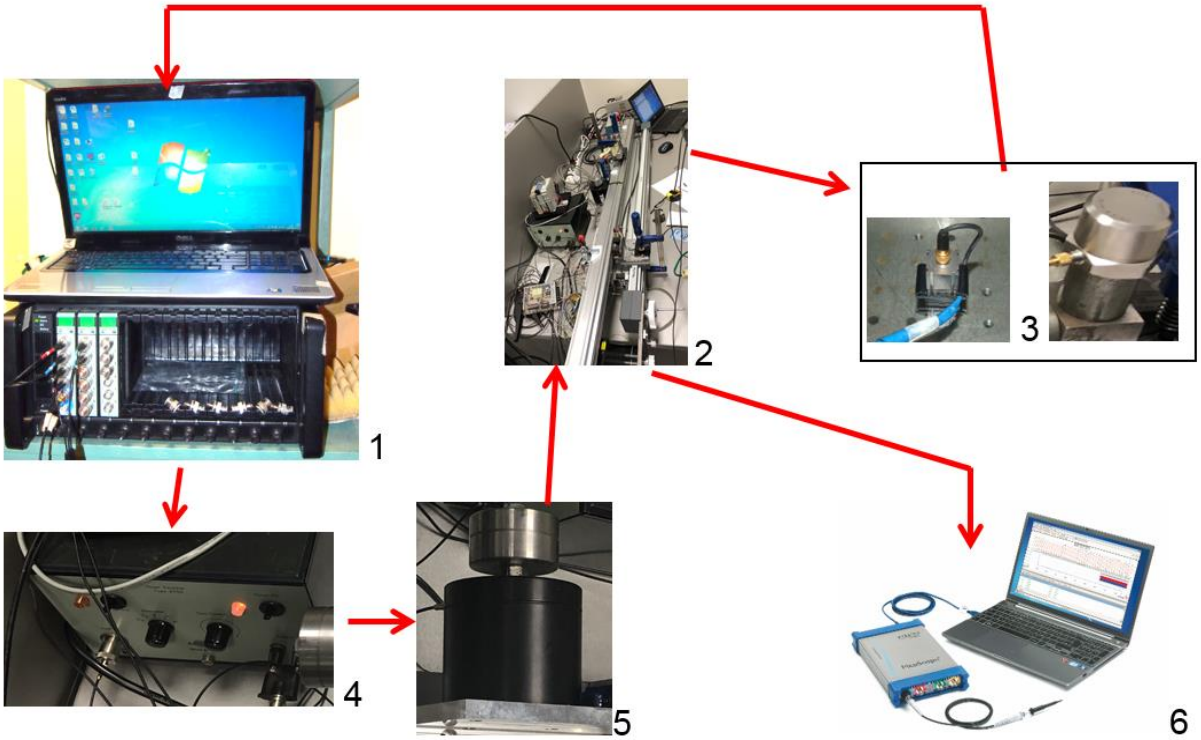
Tyrimo stendas pateiktas 1 pav., stendą sudaro tiesiaeigė pavara su valdikliu; išorinio žadinimo įrenginys su valdymo bloku; linijinis keitiklis; akcelerometrai; santykinio poslinkio jutiklis su stiprintuvu.

Tyrimo priemonių ir metodų aprašymas. Virpesių parametrų matavimui buvo panaudotos Brüel & Kjær matavimo priemonės. 1 paveiksle pateikta linijinio keitiklio kartu su tvirtinimo konstrukcija sistemos dinaminių charakteristikų nustatymo blokinė schema. 1 paveiksle parodytos virpesių matavimo priemonės: 1.

Trijų ašių akcelerometras 4506 ir vienaašiai seisminiai akcelerometrai 8344 (1 pav. 3 pozicija); 2. Kilnojama matavimo rezultatų apdorojimo įranga „3660-D“ su kompiuterių DELL (1 pav. 1 pozicija). 3. Žadinimo vibratorius (Brüel & Kjaer 4811) su valdymu ir stiprintuvu (1 pav. 4 ir 5 pozicijos).

Akcelerometrai 4506 ir 8344 buvo tvirtinami ant linijinio keitiklio atitinkamų taškų, vienas 4506 akcelerometras buvo tvirtinamas prie linijinio keitiklio matavimo galvutės, kiti 8344 akcelerometrai buvo tvirtinamas prie linijinio keitiklio korpuso.

Tyrimų metu buvo atliekami keitiklio su sudurtiniu korpusu dinaminių charakteristikų, prie skirtingų dinaminių poveikių, nustatymo eksperimentiniai tyrimai. Eksperimentinių tyrimų metu buvo atliekami 7 signalų matavimai (1 signalas - juostos korpuso atžvilgiu poslinkis; 2, 3 ir 4 signalai - daviklio korpuso pagreičiai; 5, 6 ir 7 signalai - linijinio keitiklio galvutės pagreičiai).

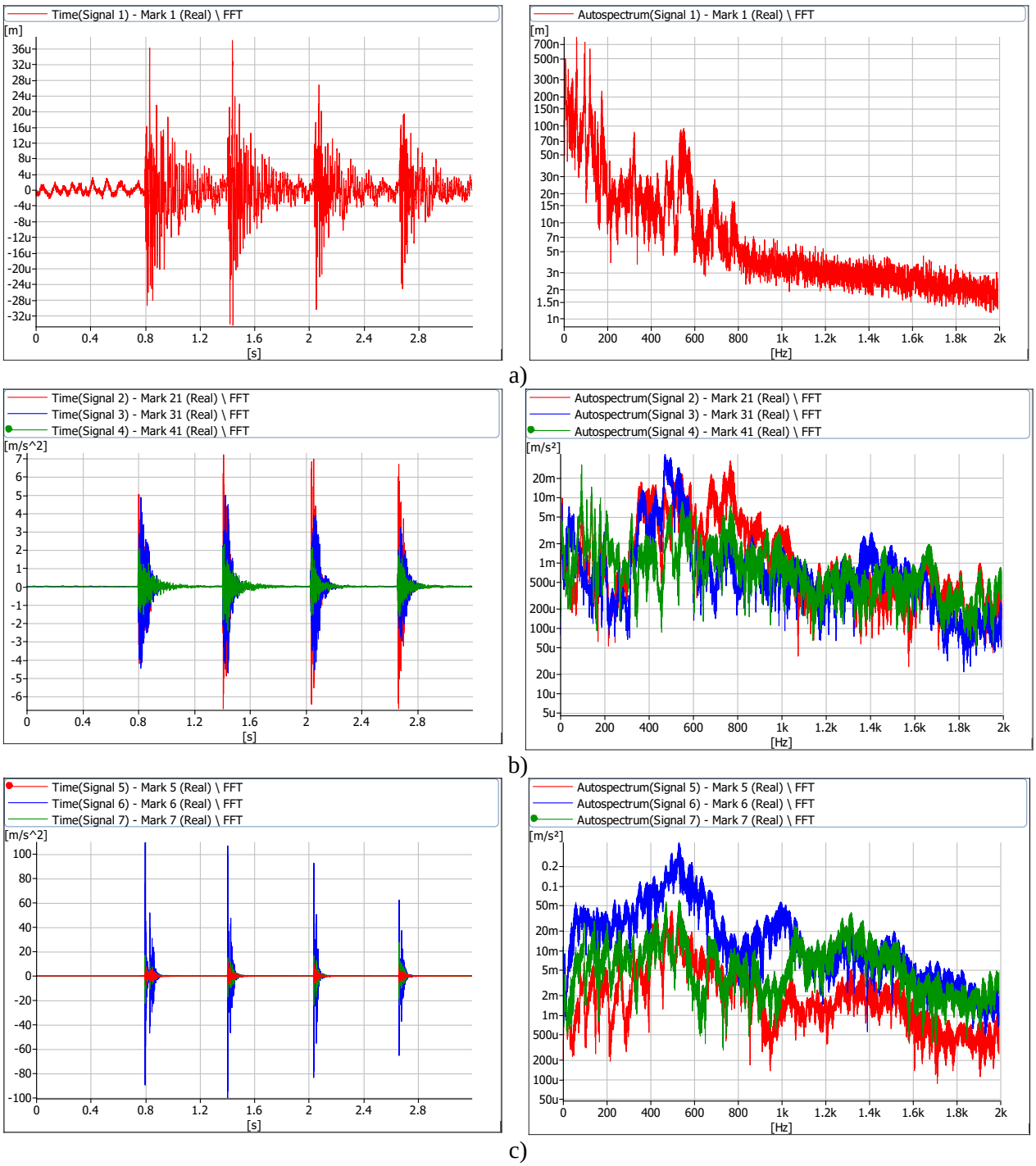


1 pav. Linijinio keitiklio kartu su tvirtinimo konstrukcija sistemos dinaminių charakteristikų nustatymo stendo schema

Atliekant matavimus buvo matuojami 3 linijinio keitiklio taškai (korpuso 3 krypčių pagreičiai, matavimo galvutės 3 krypčių pagreičiai ir daviklio juostos santykiniai virpesiai korpuso atžvilgiu). Atliekant matavimus keitiklio matavimo galvutės padėtis buvo ant korpusų sudūrimo vietos. Matavimų tikslas ištirti dinamines keitiklio su sudurtiniais korpusais charakteristikas. Atitinkamai 7 signalų matavimai buvo atliekami matavimai prie skirtingų žadinimų (atsitiktinis žadinimas vibratoriumi ir smūginis žadinimas) Y ir X kryptimis.

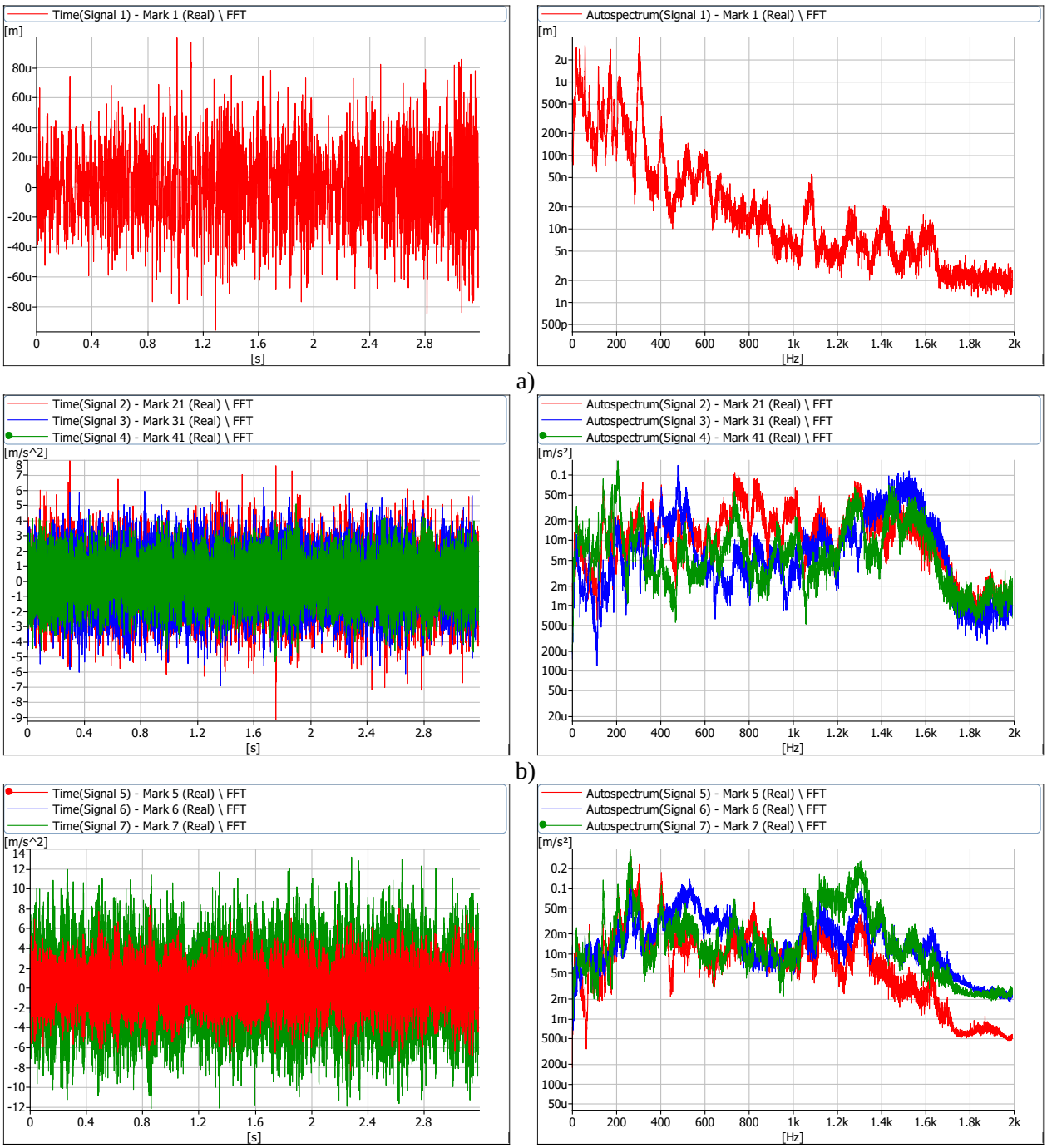
2. Eksperimentinio tyrimo rezultatai

Matavimų rezultatai pateikti 2-4 pav.



2 pav. Linijinio keitiklio, kai konstrukcija žadinama smūginių žadinimu Y kryptimi ir keitiklio matavimo galvutės padėtis buvo ant korpusų sudūrimo vietos (1 pav.), juostos korpuso atžvilgiu poslinkio ir jo spektrinio tankio grafikas, bei korpuso ir matavimo galvutės trijų krypčių pagreičio ir jo spektrinio tankio grafikai: a – daviklio juostos santykiniai virpesiai korpuso atžvilgiu; b – korpuso (raudona – Z kryptis; mėlyna – Y kryptis; žalia – X kryptis) virpesiai; c – linijinio keitiklio galvutės (raudona – Z kryptis; mėlyna – Y kryptis; žalia – X kryptis) virpesiai

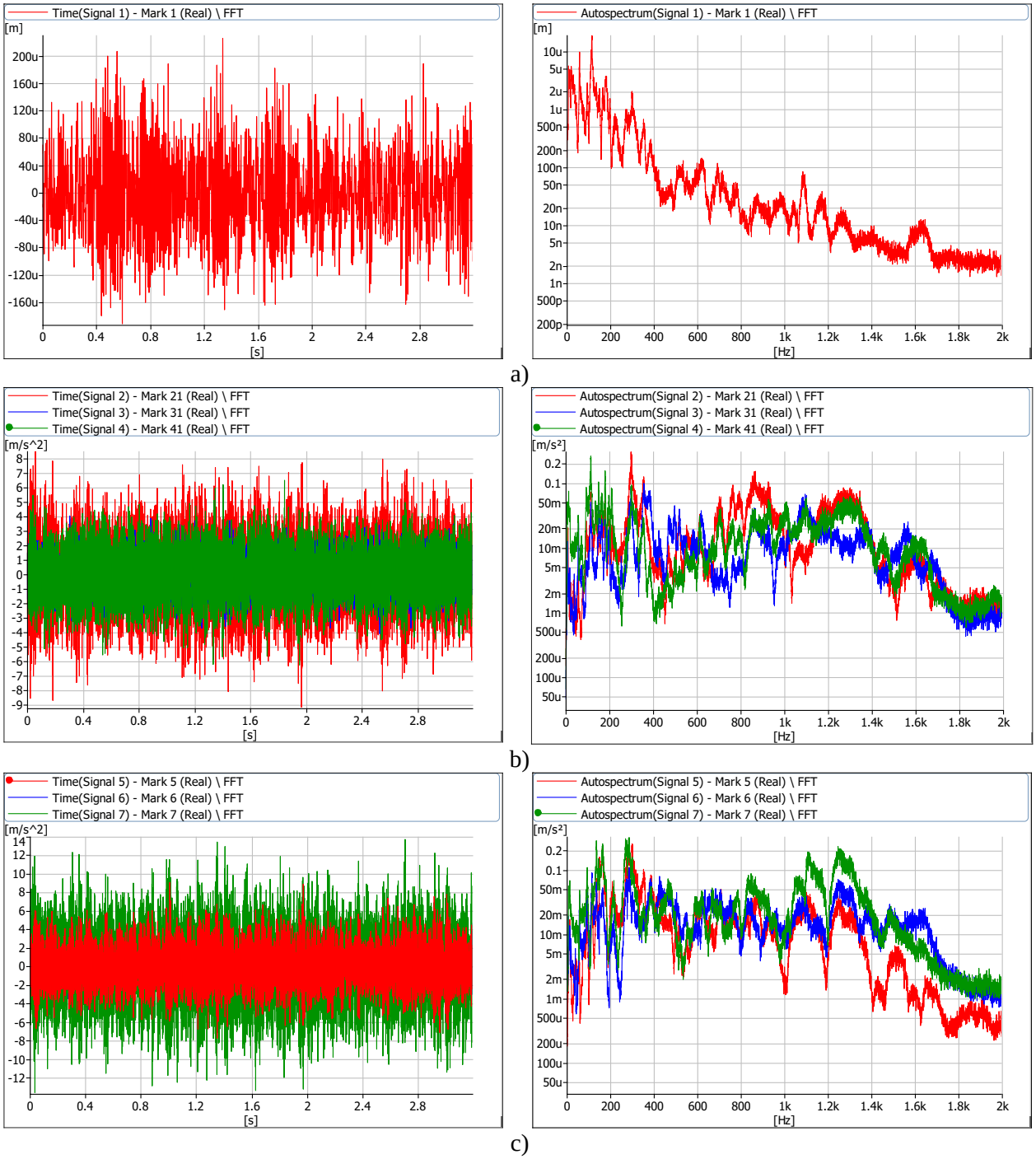
Matavimų rezultatai, kurie pateikti 2-4 pav., parodo linijinio keitiklio juostos korpuso atžvilgiu poslinkio, korpuso ir matavimo galvutės pagreičio rezultatus, kai buvo statinė sistemos būklės, t.y. pavara, kuri skirta judinanti keitiklio galvutę, nebuvo įjungta. Nagrinėjant smūginio žadinimo Y kryptimi (1 pav.) poveikio tiriamajai sistemai rezultatus (2 pav.) nustatytos linijinio keitiklio sistemos atsako charakteristikos, kurios parodo ar linijinio keitiklio matavimo galvutės padėtis įtakoja sistemos savybėms.



3 pav. Linijinio keitiklio, kai konstrukcija žadinama atsitiktiniu žadinimu Y kryptimi ir keitiklio matavimo galvutės padėtis buvo ant korpusų sudūrimo vietos (1 pav.), juostos korpuso atžvilgiu poslinkio ir jo spektrinio tankio grafikas, bei korpuso ir matavimo galvutės trijų krypčių pagreičio ir jo spektrinio tankio grafikai: a – daviklio juostos santykiniai virpesiai korpuso atžvilgiu; b – korpuso (raudona – Z kryptis; mėlyna – Y kryptis; žalia – X kryptis) virpesiai; c – linijinio keitiklio galvutės (raudona – Z kryptis; mėlyna – Y kryptis; žalia – X kryptis) virpesiai

Atitinkamai nagrinėjant atsitiktinio žadinimo Y kryptimi (1 pav.) poveikio tiriamajai sistemai rezultatus (3 pav.) nustatytos linijinio keitiklio sistemos atsako charakteristikos, kurios parodo ar linijinio keitiklio matavimo galvutės padėtis įtakoja sistemos savybėms. Analizuojant smūginio žadinimo poveikio Y kryptimi (1 pav.) tiriamajai sistemai rezultatus (2 pav.) gauta, kad keitiklio juostos korpuso atžvilgiu poslinkio dominuojančios amplitudės pasireiškia iki 800 Hz, o korpuso ir matavimo galvutės pagreičio dominuojančios amplitudės pasireiškia atitinkamai iki 1600 Hz ir 1400 Hz. Analizuojant atsitiktinio žadinimo Y kryptimi (1 pav.) poveikio tiriamajai sistemai rezultatus (3 pav.) gauta, kad keitiklio juostos korpuso atžvilgiu poslinkio dominuojančios amplitudės pasireiškia iki 1700 Hz, o korpuso ir matavimo

galvutės pagreičio dominuojančios amplitudės pasireiškia atitinkamai iki 1600 Hz ir 1700 Hz. Nagrinėjant atsitiktinio žadinimo X kryptimi poveikio tiriamajai sistemai rezultatus (4 pav.) nustatytos linijinio keitiklio sistemos atsako charakteristikos, kurios parodo ar linijinio keitiklio matavimo galvutės padėtis įtakoja sistemos savybėms.



4 pav. Linijinio keitiklio, kai konstrukcija žadinama atsitiktiniu žadinimu X kryptimi ir keitiklio matavimo galvutės padėtis buvo ant korpusų sudūrimo vietos (1 pav.), juostos korpuso atžvilgiu poslinkio ir jo spektrinio tankio grafikas, bei korpuso ir matavimo galvutės trijų krypčių pagreičio ir jo spektrinio tankio grafikai: a – daviklio juostos santykiniai virpesiai korpuso atžvilgiu; b – korpuso (raudona – Z kryptis; mėlyna – Y kryptis; žalia – X kryptis) virpesiai; c – linijinio keitiklio galvutės (raudona – Z kryptis; mėlyna – Y kryptis; žalia – X kryptis) virpesiai

Analizuojant atsitiktinio žadinimo poveikio X kryptimi tiriamajai sistemai rezultatus (4 pav.) gauta, kad keitiklio juostos korpuso atžvilgiu poslinkio dominuojančios amplitudės pasireiškia iki 1700 Hz, o

korpuso ir matavimo galvutės pagreičio dominuojančios amplitudės pasireiškia atitinkamai iki 1600 Hz ir 1700 Hz. Analizuojant smūginio ir atsitiktinio žadinimo poveikio Y kryptimi tiriamajai sistemai rezultatus (2 ir 3 pav.) gauta, kad keitiklio juostos korpuso atžvilgiu poslinkio reikšmės svyruoja nuo 28 µm iki 240 µm. Vertinant 4 pav. pateiktas keitiklio juostos korpuso atžvilgiu poslinkio reikšmės, kai konstrukcija žadinama atsitiktiniu žadinimu X kryptimi matyti, kad dominuojančios amplitudės pasireiškia iki 200 Hz.

Išvados

Straipsnyje atlikti precizinės ilgio matavimo sistemos dinaminių reiškinių tyrimai, kurių nustatyta aplinkos ir precizinės ilgio sistemos elementų virpesių įtaka sistemos dinaminiams procesams. Atliekami tyrimai taikomi specifinėms precizinės ilgio sistemos dinaminių procesų uždaviniams spręsti, tačiau rezultatai turi platesnę taikomąją prasmę ir gali būti panaudoti kuriant ir kitos paskirties precizines sistemas, pasižyminčias kokybiškai naujomis savybėmis.

Analizuojant smūginio žadinimo poveikio tiriamajai sistemai rezultatus gauta, kad keitiklio juostos korpuso atžvilgiu poslinkio dominuojančios amplitudės pasireiškia iki 800 Hz, o korpuso ir matavimo galvutės pagreičio dominuojančios amplitudės pasireiškia atitinkamai iki 1600 Hz ir 1400 Hz.

Literatūra

1. Alejandre, I., Artes, M., 2004. Machine tool errors caused by optical linear encoders. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture 218, 113–122. https://doi.org/10.1243/095440504772830255
2. Chang, C.-P., Shih, Y.-C., Chang, S.-C., Wang, Y.-C., 2019. Laser encoder system for X-Y positioning stage. Mechatronics 63, 102274. https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2019.102274
3. Gao, W., Kim, S.W., Bosse, H., Haitjema, H., Chen, Y.L., Lu, X.D., Knapp, W., Weckenmann, A., Estler, W.T., Kunzmann, H., 2015. Measurement technologies for precision positioning. CIRP Annals 64, 773–796. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2015.05.009
4. Gurauskis, D., Kilikevičius, A., Borodinas, S., Kasparaitis, A., 2019. Analysis of geometric and thermal errors of linear encoder for real-time compensation. Sensors and Actuators A: Physical 296, 145–154. https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.06.055
5. Hu, Q., Chen, Y., Jin, X., Yang, J., 2019. A Real-Time C3 Continuous Local Corner Smoothing and Interpolation Algorithm for CNC Machine Tools. Journal of Manufacturing Science and Engineering 141, 041004. https://doi.org/10.1115/1.4042606
6. Li, Y., Zhao, W., Lan, S., Ni, J., Wu, W., Lu, B., 2015. A review on spindle thermal error compensation in machine tools. International Journal of Machine Tools and Manufacture 95, 20–38. https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2015.04.008
7. López, J., Artés, M., Alejandre, I., 2012. Analysis under Vibrations of Optical Linear Encoders Based on Different Scanning Methods Using an Improved Experimental Approach. Experimental Techniques 36, 35–47. https://doi.org/10.1111/j.1747-1567.2011.00749.x
8. López, J., Artés, M., Alejandre, I., 2011. Analysis of optical linear encoders' errors under vibration at different mounting conditions. Measurement 44, 1367–1380. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2011.05.004
9. Lyu, D., Liu, Q., Liu, H., Zhao, W., 2020. Dynamic error of CNC machine tools: a state-of-the-art review. Int J Adv Manuf Technol 106, 1869–1891. https://doi.org/10.1007/s00170-019-04732-9
10. Mansour, S.Z., Seethaler, R., 2017. Feedrate Optimization for Computer Numerically Controlled Machine Tools Using Modeled and Measured Process Constraints. Journal of Manufacturing Science and Engineering 139, 011012. https://doi.org/10.1115/1.4033933
11. Okwudire, C., Ramani, K., Duan, M., 2016. A trajectory optimization method for improved tracking of motion commands using CNC machines that experience unwanted vibration. CIRP Annals 65, 373–376. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.04.100
12. Sencer, B., Dumanli, A., Yamada, Y., 2018. Spline interpolation with optimal frequency spectrum for vibration avoidance. CIRP Annals 67, 377–380. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2018.03.002
13. Sencer, B., Tajima, S., 2017. Frequency Optimal Feed Motion Planning in Computer Numerical Controlled Machine Tools for Vibration Avoidance. Journal of Manufacturing Science and Engineering 139, 011006. https://doi.org/10.1115/1.4034140
14. Shahzadeh, A., Khosravi, A., Robinette, T., Nahavandi, S., 2018. Smooth path planning using biclothoid fillets for high speed CNC machines. International Journal of Machine Tools and Manufacture 132, 36–49. https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2018.04.003
15. Tajima, S., Sencer, B., 2019. Accurate real-time interpolation of 5-axis tool-paths with local corner smoothing. International Journal of Machine Tools and Manufacture 142, 1–15. https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2019.04.005
16. Tajima, S., Sencer, B., 2017. Global tool-path smoothing for CNC machine tools with uninterrupted acceleration. International Journal of Machine Tools and Manufacture 121, 81–95. https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2017.03.002

17. Tajima, S., Sencer, B., Shamoto, E., 2018. Accurate interpolation of machining tool-paths based on FIR filtering. Precision Engineering 52, 332–344. https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2018.01.016
18. Zhang, C., Gao, F., Yan, L., 2017. Thermal error characteristic analysis and modeling for machine tools due to time-varying environmental temperature. Precision Engineering 47, 231–238. https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2016.08.008
19. Zhong, W., Luo, X., Chang, W., Ding, F., Cai, Y., 2018. A real-time interpolator for parametric curves. International Journal of Machine Tools and Manufacture 125, 133–145. https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2017.11.010

INVESTIGATIONS OF DYNAMIC PHENOMENA OF PRECISION LENGTH MEASUREMENT SYSTEM

Summary

The main focus of the work is to determine the influence of environmental and precision length system vibrations on the dynamic processes of the system. Although the research is applied to solve the specific problems of dynamic processes of the precision length system, their results have a wider application and can be used to develop precision systems for other purposes with qualitatively new properties.

Key words: vibrations, measurement system, dynamic processes.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Paulius Svilainis.
Mokslo laipsnis ir vardas: Magistrantas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto `Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros magistrantas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 606 32587, paulius.svilainis@stud.vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Arturas Kilikevičius.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos mokslo instituto vyriausias mokslo darbuotojas..
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Donatas Gurauskas.
Mokslo laipsnis ir vardas: Doktorantas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto `Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros doktorantas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 608 36478, donatas gurauskas@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Antanas Fursenko.
Mokslo laipsnis ir vardas: Doktorantas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto `Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros doktorantas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 699 44673, antanas.fursenko@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos mokslo instituto vyresnysis mokslo darbuotojas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Nedas Miknius.
Mokslo laipsnis ir vardas: Magistrantas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto `Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros magistrantas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 658 22459, nedas.miknius@stud.vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Gustavas Kobal.
Mokslo laipsnis ir vardas: Magistrantas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto `Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros magistrantas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 698 01568, gustavas.kobal@stud.vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Paulius Svilainis
Science degree and name: master student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering faculty Department of Mechanical and Material Engineering master student.
Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.
Telephone and e-mail address: 8 606 32587, paulius.svilainis@stud.vgtu.lt

Author name, surname: Arturas Kilikevičius.
Science degree and name: doctor, associated professor.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Science Institute Chief research fellow.
Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.
Telephone and e-mail address: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Author name, surname: Donatas Gurauskis
Science degree and name: PhD student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering faculty Department of Mechanical and Material Engineering master student.
Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.
Telephone and e-mail address: 8 608 36478, donatas gurauskas@vgtu.lt

Author name, surname: Antanas Fursenko
Science degree and name: PhD student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering faculty Department of Mechanical and Material Engineering master student.
Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.
Telephone and e-mail address: 8 699 44673, antanas.fursenko@vgtu.lt

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

Author name, surname: Nedas Miknius
Science degree and name: master student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering faculty Department of Mechanical and Material Engineering master student.
Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.
Telephone and e-mail address: 8 658 22459, nedas.miknius@stud.vgtu.lt

Author name, surname: Gustavas Kobal
Science degree and name: master student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering faculty Department of Mechanical and Material Engineering master student.
Author's research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.
Telephone and e-mail address: 8 698 01568, gustavas.kobal@stud.vgtu.lt

AUKŠTOS SKYROS PRECIZINIŲ KEITIKLIŲ DINAMINIŲ REIŠKINIŲ TYRIMAI

Povilas Uvarovas[1], Kristina Kilikevičienė[2], Mantas Juchnevičius[3], Jonas Matijošius[2], Artūras Kilikevičius[1]

[1] Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos fakultetas, Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedra; [2]Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos mokslo institutas; [3] Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Technikos fakultetas

Anotacija

Darbe nagrinėjami aukštos skyros precizinių keitiklių dinaminių reiškiniai, kurie yra atsakas aplinkos ir tiriamos sistemos elementų virpesių. Darbe sukurtas aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio dinaminių charakteristikų tyrimo stendas ir atlikti eksperimentiniai tyrimai. Tyrimų metu buvo matuojamos aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio išėjimo signalų A ir B įtampų reikšmės ir pateiktos Lissajous kreivės, kurios parodo tiklsumo pokytį prie įvairių žadinimo variantų..

Reikšminiai žodžiai: precizinis keitiklis, matavimo sistema, dinaminės charakteristikos.

Įvadas

Tikslus padėties nustatymas apibrėžiamas kaip tiksli objekto atskaita taško atžvilgiu, kuris paprastai yra apibrėžtas koordinačių sistemos. Tai yra pagrindinė funkcija daugybė mokslinių tyrimų, pramonės, komercijos ir kasdienių sričių gyvenime. Tiksliai nustatyti padėtį padeda: Visuotinė padėties nustatymo sistema (angl. *The Global Positioning System (GPS)*); Greičio / padėties jutikliai; Kampinio poslinkio jutikliai.

Padėties nustatymo sistemos yra labai svarbios gamyboje, pritaikant jas naujoms technologijoms arba gaminiams, pavyzdžiui, difrakcinių gardelių gamyboje.

Reikalavimai technologinių įrenginių, o taip pat ir jų matavimo sistemoms auga. Tikslumo didinimas jų gamybos tikslumo sąskaita ne visuomet įmanomas ir tuo labiau, ne visuomet techniškai ir ekonomiškai efektyvus. Čia dideles galimybes suteikia skaičiuojamoji paklaidų kompensacija, kai paklaidos yra kalibruojamos, įsimenamos ir minimizuojamos technologinio proceso metu (Jakstas et al., 2014; Jin et al., 2015; Lee et al., 2016; Li et al., 2018, 2015). Tai jau plačiai taikoma sudėtingiems technologiniams įrenginiams, turintiems savo sudėtyje skaičiavimo įrenginius (Fei et al., 2015; Lee et al., 2016).

Precizinių matavimo priemonių paklaidos gali būti skirstomos į kelias grupes taip (Li et al., 2015; Zhang et al., 2017): geometrinės ir kinematinės klaidos; temperatūrinės paklaidos; darbinio proceso metų kylančių jėgų sukeltos paklaidos ir kitos paklaidos, kurias sukelia matavimo sistemos surinkimas (Ramesh et al., 2000).

Aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio kūrimo ir taikymo srityje pastebimas vis didėjantis konkurencinis spaudimas. Kuriami nauji produktai turi dirbti vis sudėtingesnėse eksploatavimo sąlygose, o taip pat tenkinti prieštaringus aukšto tikslumo, patikimumo ir mažos kainos reikalavimus. Pastaruoju metu aktualiu klausimu tampa precizinių keitiklių vibroatsparumas, jų pritaikomumas darbui vibroaktyviomis sąlygomis, pvz., mechaninio apdirbimo centruose. Keitikliuose vykstančių procesų žinojimas ir naujųjų technologijų taikymas, mažiau atsparių virpesių poveikiui keitiklių konstrukcinių junginių išryškinimas, ribinių poveikio parametrų įvertinimas leidžia spręsti iškylančias problemas ir prisiderinti prie vis griežtėjančių reikalavimų (Yu et al., 2018).

Taikomi keitiklių dinaminių procesų tyrimai, paremti dinaminiais ir matematiniais modeliais, kuriuose baziniai keitiklio elementai – korpusai, velenai, optinės rastrinės detalės ir kt. vertinami kaip kieti kūnai, nepakankamai tiksliai atspindi keitiklyje vykstančius procesus veikiant virpesiams (Bourogaoui et al., 2016; López et al., 2012; Lopez and Artes, 2012; Zhao et al., 2016).

Preciziniuose keitikliuose vykstančių procesų tyrimui gerai tinka *ACES* metodologija *(angl.: analytical, computational and experimental solution methodology)*, kuri numato integruotą analitinių, kompiuterinių (skaitinių) ir eksperimentinių tyrimo įrankių/metodų panaudojimą hibridizuotų sprendimų radimui, siekiant pagerinti turimus rezultatus arba validuoti duomenis, gautus naudojant kitas metodologijas (Farahani et al., 2017).

Precizinių keitiklių tobulinimui skirti dinaminių charakteristikų tyrimai atlikti skaitiniais ir eksperimentiniais metodais. Sukurti skaitiniai modeliai, leidžiantys apskaičiuoti esminius virpesių dinamikos kampo keitiklio konstrukcijoje reiškinius ir jų įtaką rastrų sąveikos signalui.

Bendrai, prietaisai, kurie turi matuoti sistemos padėtį ir greitį, turi integruotas klaidų nuskaitymo sistemas. Sistemos skirstomos į klaidų pasyviąsias ir aktyviąsias kontroles. Pagrindinis šių kontrolių skirtumas tas, kad pasyvioji klaidų kontrolė reguliuoja sistemos veikimą jau žinant

esamas kliūtis ar problemas t.y. esamos kliūtis ir sistemos reakcija į jas yra įrašytos ir žinomos, o aktyvioji prisitaiko prie visų, kurios gali nutikti netikėtai.

Praktiškai mechaniniai virpesiai yra vienas iš veiksnių, kurie sukelia klaidas kampinių poslinkių matavimo keitikliuose. Rezonansas matuojant dalines detales, pvz., Aliuminio ekstruzijos arba skaitymo galvutes, arba palaikymo elementuose gali sukelti papildomą nepageidaujamą matavimo galvutės judėjimą matavimo skalėje. Toks judėjimas neišvengiamai veikia tikslumą. Iš esmės, kampinių poslinkių keitiklio dinaminis veikimas priklauso nuo jo konstrukcijos. J. López ir kt. tiria linijinio keitiklio elgesį pagal vibracijas, pagrįstas skirtingais optiniais nuskaitymo metodais (López et al., 2012), ir kodavimo klaidas esant vibracijai skirtingomis tvirtinimo sąlygomis (López et al., 2011). Nors yra sukurta metodika, skirta įvertinti optinius daviklius pagal vibraciją (Alejandre and Artés, 2007) arba kompensuojant vibraciją (Lopez and Artes, 2012), tačiau norint gerai suprasti vykstančius procesus kiekvieno linijinio keitiklio mechaninėje konstrukcijoje, reikia atlikti išsamesnį tyrimą, pavyzdžiui.

1. Aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio eksperimentiniai dinaminių procesų tyrimai

Aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio dinaminių paklaidų modeliavimo algoritmai. Kampo keitiklis yra sudėtinga mechatroninė sistema, kurioje organiškai susietos mechaninės, optinės, elektronines ir informacines-technologinės dedamosios. Keitiklio funkcinės galimybės ir matavimų neapibrėžtis labiausiai priklauso nuo mechaninių ir optinių elementų, jų gamybos geometrinių paklaidų, sistemos surinkimo paklaidų, elektroninės schemos parametrų, keitiklio eksploatavimo metu veikiančių dinaminių ir kitų poveikių.

Eksperimentiniai įrankiai leidžia įvertinti realių objektų savybes ir duoda galutines šių objektų charakteristikas, eliminuojant supaprastinančias prielaidas. Kuriant vis sudėtingesnes konstrukcijas didėja skaičius projektavimo parametrų, įtakojančių šių struktūrų savybes ir jų gamybos specifiką. Realizuojant tokias konstrukcijas tiek teoriniai, tiek eksperimentiniai modeliai yra vienodai svarbūs ir būtini. Nors skaitiniai modeliai leidžia sistemų savybes modeliuoti tiksliai, paprasti inžineriniai modeliai kartais labiau pageidautini, norint įgyti intuityvų supratimą apie sistemų elgesį.

Testavimui buvo pasirinktas komercinis sukamasis 36 000 impulsų per posūkį kodavimo įrenginys (A170 modelį galima įsigyti iš Lietuvos įmonės „Precizika Metrology“). Kampinis periodas žymi 36 lankus. sek. (tai atitinka ~ 8,9 μm ilgio periodą); leistina paklaida yra ± 2,5 lanko. sek.

Aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio generuojamų išvesties signalų kokybei ir dinaminėms savybėms įvertinti buvo sukurtas dinaminių savybių tyrimo stendas, kuris leido nustatyti keitiklio savybių kitimo dėsningumus priklausomai nuo dinaminių poveikių, atsirandančių dėl išorinių ir vidinių žadinimų, o taip pat konstrukcinių sprendimų sąlygojamas keitiklio savybes. Eksperimentiniams tyrimams atlikti buvo naudojama laboratorinė virpesių žadinimo, matavimo ir analizės įranga, analoginių ir skaitmeninių išvesties signalų matuoklis/analizatorius ir kiti prietaisai. Sukimo judesiui suteikti buvo naudojama servo pavara, kurios dėka matavimo metu buvo palaikomi pastovus kampinio keitiklio apsisukimai (6 aps./sek.).

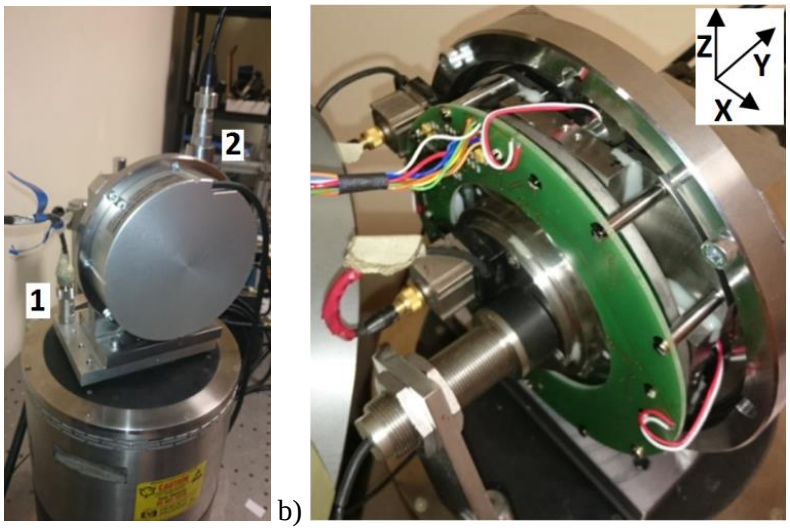
Eksperimentinis stendas pateiktas 1 pav.

Aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio dinaminių charakteristikų tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti ašinių ir radialinių keitiklio kodinio disko ir indikatorinės gardelės virpesių matavimus ir nustatyti įvairių veiksnių įtaką dinaminėms keitiklio savybėms.
2. Atlikti keitiklio išvesties signalų (analoginių ir skaitmeninių) matavimus ir nustatyti jų priklausomybę nuo dinaminio režimo parametrų.
3. Atlikti skaitmeninių keitiklio išvesties signalų matavimus ir nustatyti dinaminių poveikių įtaką nuskaitomo signalo stabilumui.

Virpesių parametrų matavimui buvo panaudotos Danijos firmos "Brüel & Kjær" virpesių matavimo priemonės. Stendą sudaro kampinio keitiklio sistema, duomenų kaupimo ir apdorojimo įranga 3660D su kompiuteriu DELL, akcelerometrai bei signalų generatorius ir stiprintuvas vibratoriui.

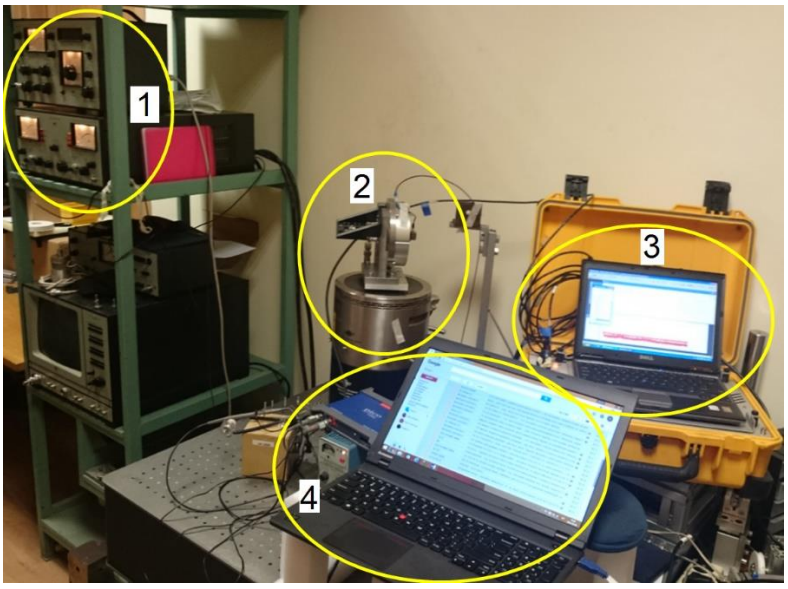
Tyrimo priemonių ir metodų aprašymas. Virpesių parametrų matavimui buvo panaudotos



a) b)

1 pav. Aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio dinaminių charakteristikų tyrimo stendas

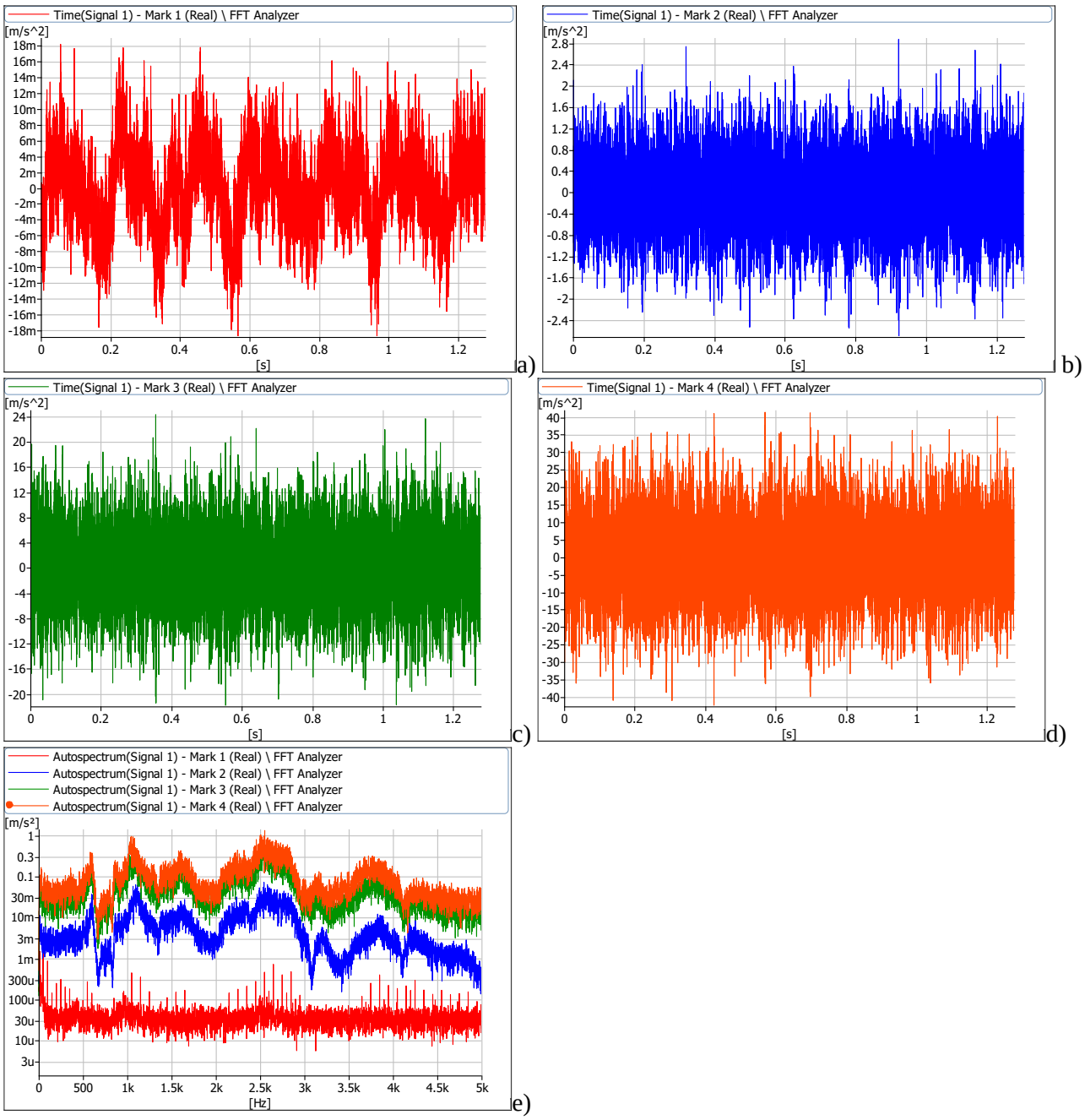
Brüel & Kjær matavimo priemonės. 2 paveiksle pateikta aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio kartu su tvirtinimo konstrukcija sistemos dinaminių charakteristikų nustatymo blokinė schema. 2 paveiksle parodytos virpesių matavimo priemonės: Trijų ašių akcelerometras 4506; Kilnojama matavimo rezultatų apdorojimo įranga „9727“ su kompiuterių DELL, Žadinimo vibratorius (Brüel & Kjaer 4811) su valdymu ir stiprintuvu. Akcelerometrai 4506 buvo tvirtinami ant keitiklio atitinkamų taškų. Duomenų iš aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio gavimui buvo panaudotos PicoScope 3203 matavimo priemonės.



2 pav. Aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio kartu su tvirtinimo konstrukcija sistemos dinaminių charakteristikų nustatymo stendas

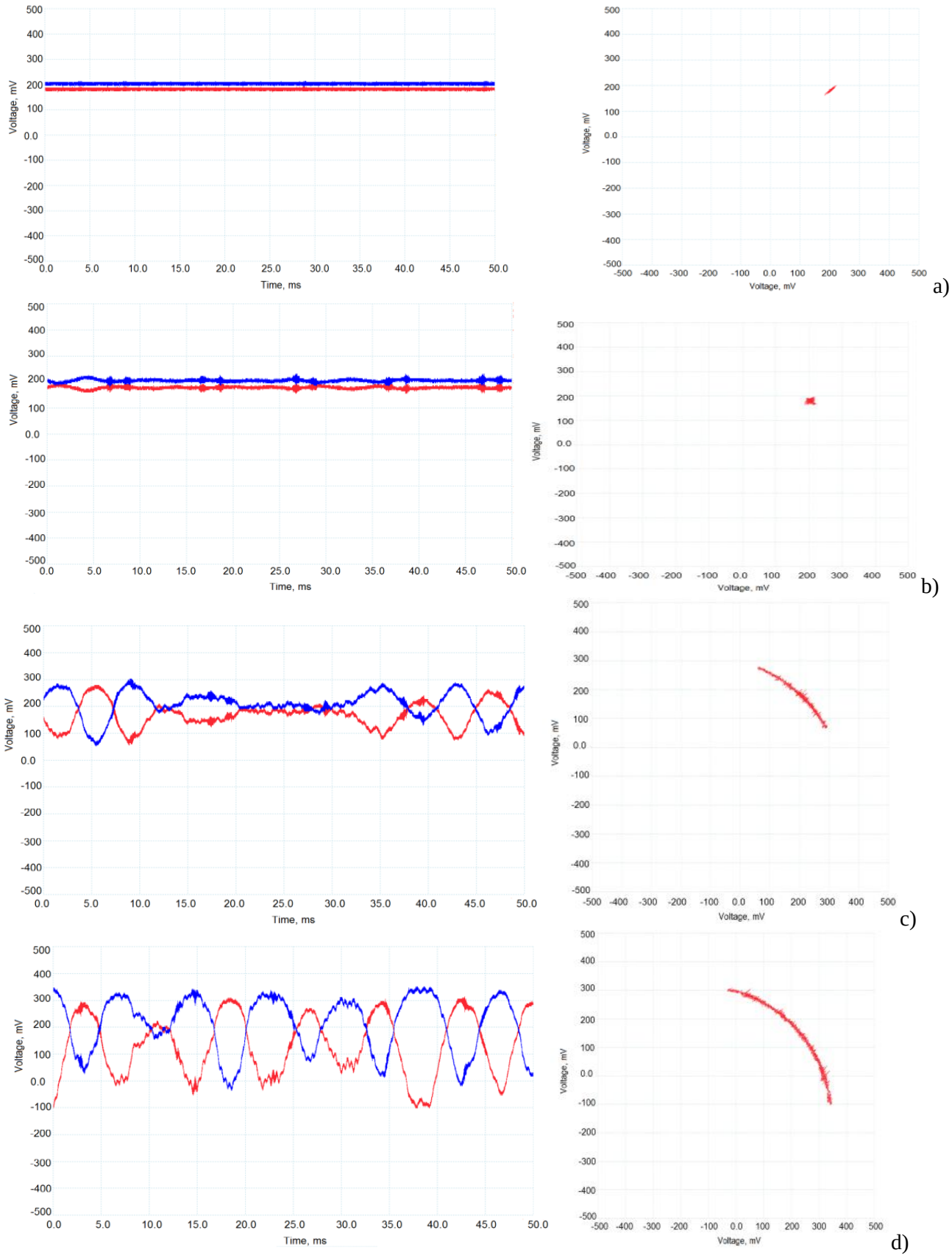
2. Eksperimentinio tyrimo rezultatai

Kad nustatyti kampinio keitiklio paklaidas priklausančias nuo dinaminio poveikio, buvo atlikti tyrimai standžiai įtvirtinus kampinio keitiklio veleną ir papildomai žadinant kampinio keitiklio sistemą įvairiais žadinimais bei tuo pat metu matuojant iš kampinio keitiklio signalų A ir B reikšmes. Kampinis keitiklis buvo veikiamas išoriniu žadinimu (baltas triukšmas) prie įvairių žadinimo amplitudžių (nuo 0,018 iki 42 m/s^2). 3 pav. pateikti vibratoriaus pagrindo virpesiai žadinimo metu.



3 pav. Laikiniai vibratoriaus pagrindo pagreičio (a-d) žadinimo signalai (raudona – be priverstinio žadinimo; mėlyna – baltas triukšmas (amplitudė apie 2.5 m/s^2); žalia – baltas triukšmas (amplitudė apie 22 m/s^2); oranžinė – baltas triukšmas (amplitudė apie 42 m/s^2);) ir šių signalų spektrinis tankis (e)

4 pav. pateikti (prie minėtų žadinimų 3 pav.) kampinio keitiklio signalų A ir B reikšmių grafikai ir lisažu kreivės: a) Be virpesių; b) baltas triukšmas – žadinimo amplitudė apie 2.5 m/s^2; c) baltas triukšmas – žadinimo amplitudė apie 22 m/s^2; d) baltas triukšmas – žadinimo amplitudė apie 42 m/s^2; e) Be virpesių po žadinimo.



4 pav. Aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio išėjimo signalų A ir B įtampų reikšmės ir Lissajous kreivės prie įvairių žadinimo variantų: a) Be virpesių; b) baltas triukšmas – žadinimo amplitudė apie 2.5 m/s^2; c) baltas triukšmas – žadinimo amplitudė apie 22 m/s^2; d) baltas triukšmas – žadinimo amplitudė apie 42 m/s^2

Gautos aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio signalų A ir B reikšmės (4 pav.) prie įvairių žadinimo variantų parodo, kad išorinis žadinimas turi įtakos kampinio keitiklio tikslumui ir duotą kampinę paklaidą. Iš 4 pav. c ir d nustatyta, kad Lissajous lanko ilgis atitinka 8 lanko paklaidą. sek. ir Lisabjous lanko ilgis atitinka 26 lanko paklaidą. sek.

Atlikti dinaminių aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio savybių tyrimai leidžia įvertinti darbinius parametrus, kurie turi įtakos kokybinėms keitiklio savybėms (tikslumas ir stabilumas). Gautų tyrimų pagrindu gali būti optimizuojama aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio konstrukciją (optroninės poros, skalės, guolių tvirtinimas), siekiant sumažinti virpesių įtaką ir padidinti keitiklio darbo patikimumą/stabilumą dinaminiame režime.

Atlikti ašinių ir radialinių aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio kodinio disko ir indikatorinės gardelės virpesių matavimai ir nustatyta įvairių veiksnių įtaką dinaminėms keitiklio savybėms.

Atlikti aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio išvesties signalų (analoginių ir skaitmeninių) matavimai ir nustatyta jų priklausomybę nuo dinaminio režimo parametrų. Taip pat atlikti skaitmeninių keitiklio išvesties signalų matavimai ir nustatyta dinaminių poveikių įtaką nuskaitomo signalo stabilumui.

Darbe atlikti aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio eksperimentiniai tyrimai. Atliekant eksperimentinius tyrimus buvo nustatomos aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio dinaminiai parametrai prie įvairių vidinių ir išorinių sąlygų. Tyrimų pagrindų galima numatyti analogiškų sistemų dinaminių parametrų pokyčių dėsningumas. Atlikti tyrimai parodė pasireiškiančias kampinio keitiklio sistemos 500-550 Hz, 800-900 Hz, 1100-1200 Hz ir 1300-1350 Hz rezonansines zonos.

Siekiant patikrinti nustatytų rezonansinių dažnių įtaką aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio tikslumui buvo analizuojami aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio generuojami elektros išėjimo A ir B signalai. Gautos aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio signalų A ir B reikšmės prie įvairių žadinimo variantų parodo, kad išorinis žadinimas turi įtakos aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio tikslumui ir duotą kampinę paklaidą. Iš gautų duomenų nustatyta, kad prie išorinio žadinimo kampo paklaida kinta nuo 8 sek. iki 26 sek.

Apibendrinant tyrimo rezultatus matyti, kad aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitikliai turi skirtingą konstrukcijos atsaką į dinaminį poveikį, atsižvelgiant į veikiančių virpesių kryptį. Paklaidų vertės tam tikrose vietose gali viršyti keitiklio tikslumą, net esant pagreičio lygiams, kai gamintojai nerekomenduoja naudoti apsaugos nuo vibracijos elementų.

Išvados

Apibendrinant tyrimo rezultatus matyti, kad aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitikliai turi skirtingą konstrukcijos atsaką į dinaminį poveikį, atsižvelgiant į veikiančių virpesių kryptį. Paklaidų vertės tam tikrose vietose gali viršyti keitiklio tikslumą, net esant pagreičio lygiams, kai gamintojai nerekomenduoja naudoti apsaugos nuo vibracijos elementų.

Atlikti aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio išvesties signalų (analoginių ir skaitmeninių) matavimai ir nustatyta jų priklausomybę nuo dinaminio režimo parametrų. Taip pat atlikti skaitmeninių keitiklio išvesties signalų matavimai ir nustatyta dinaminių poveikių įtaką nuskaitomo signalo stabilumui.

Gautos aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio signalų A ir B reikšmės prie įvairių žadinimo variantų parodo, kad išorinis žadinimas turi įtakos aukštos skyros kodinio precizinio kampo keitiklio tikslumui ir duotą kampinę paklaidą. Iš gautų duomenų nustatyta, kad prie išorinio žadinimo kampo paklaida kinta nuo 8 sek. iki 26 sek..

Literatūra

1. Alejandre, I., Artés, M., 2007. Method for the evaluation of optical encoders performance under vibration. Precision Engineering 31, 114–121. https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2006.03.004
2. Bourogaoui, M., Sethom, H.B.A., Belkhodja, I.S., 2016. Speed/position sensor fault tolerant control in adjustable speed drives – A review. ISA Transactions 64, 269–284. https://doi.org/10.1016/j.isatra.2016.05.003
3. Farahani, B.V., Tavares, P.J., Moreira, P.M.G.P., Belinha, J., 2017. Stress intensity factor calculation through thermoelastic stress analysis, finite element and RPIM meshless method. Engineering Fracture Mechanics 183, 66–78. https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2017.04.027
4. Fei, T., Xu, X., Zhang, Z., An, M., Zhang, C., 2015. Modeling and reduction of thermally induced non-reciprocal error in differential interference fiber optic gyroscope sensing coil. Optik 126, 1295–1299. https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2015.04.004
5. Jakstas, A., Kausinis, S., Barauskas, R., Kasparaitis, A., Barakauskas, A., 2014. Thermal error analysis in precision length measurements. Measurement 51, 133–146. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.01.034
6. Jin, C., Wu, B., Hu, Y., Yi, P., Cheng, Y., 2015. Thermal characteristics of a CNC feed system under varying operating conditions. Precision Engineering 42, 151–164. https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2015.04.010
7. Lee, H.-W., Huang, K.-Y., Peng, H.-T., Liu, C.-H., 2016. A real time error measuring device for meso-scale machine tools. Sensors and Actuators A: Physical 244, 213–222. https://doi.org/10.1016/j.sna.2016.04.005

8. Li, Y., Zhang, J., Su, D., Zhou, C., Zhao, W., 2018. Experiment-based thermal behavior research about the feed drive system with linear scale. Advances in Mechanical Engineering 10, 168781401881235. https://doi.org/10.1177/1687814018812359
9. Li, Y., Zhao, W., Lan, S., Ni, J., Wu, W., Lu, B., 2015. A review on spindle thermal error compensation in machine tools. International Journal of Machine Tools and Manufacture 95, 20–38. https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2015.04.008
10. Lopez, J., Artes, M., 2012. A New Methodology for Vibration Error Compensation of Optical Encoders. Sensors 12, 4918–4933. https://doi.org/10.3390/s120404918
11. López, J., Artés, M., Alejandre, I., 2012. Analysis under Vibrations of Optical Linear Encoders Based on Different Scanning Methods Using an Improved Experimental Approach. Experimental Techniques 36, 35–47. https://doi.org/10.1111/j.1747-1567.2011.00749.x
12. López, J., Artés, M., Alejandre, I., 2011. Analysis of optical linear encoders' errors under vibration at different mounting conditions. Measurement 44, 1367–1380. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2011.05.004
13. Ramesh, R., Mannan, M.A., Poo, A.N., 2000. Error compensation in machine tools — a review. International Journal of Machine Tools and Manufacture 40, 1257–1284. https://doi.org/10.1016/S0890-6955(00)00010-9
14. Yu, J., Wang, Q., Zhou, G., He, D., Xia, Y., Liu, X., Lv, W., Huang, Y., 2018. Analysis of the Subdivision Errors of Photoelectric Angle Encoders and Improvement of the Tracking Precision of a Telescope Control System. Sensors 18, 2998. https://doi.org/10.3390/s18092998
15. Zhang, C., Gao, F., Yan, L., 2017. Thermal error characteristic analysis and modeling for machine tools due to time-varying environmental temperature. Precision Engineering 47, 231–238. https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2016.08.008
16. Zhao, L., Cheng, K., Chen, S.-J., Ding, H., 2016. AN INVESTIGATION ON SIMULATION AND IDENTIFICATION OF DIFFRACTED MOIRÉ PATTERNS OF OPTICAL ENCODERS WITH APPLICATION TO MACHINE TOOLS, in: Material Engineering and Mechanical Engineering. Presented at the 2015 International Conference on Material Engineering and Mechanical Engineering (MEME2015), WORLD SCIENTIFIC, Hangzhou, Zhejiang, China, pp. 988–998. https://doi.org/10.1142/9789814759687_0112

INVESTIGATION OF DYNAMIC PHENOMENA OF HIGH-RESOLUTION PRECISION CONVERTERS

Summary

The paper deals with the dynamic phenomena of high-resolution precision transducers, which are the response to vibrations of the environment and the elements of the system under study. In the work, a research stand for the dynamic characteristics of a high-resolution coded precision angle converter was created and experimental research was performed. During the research, the voltage values of the output signals A and B of the high-resolution coded precision angle transducer were measured and Lissajous curves were presented, which show the change in accuracy under different excitation variants.

Key words: precision transducer, measuring system, dynamic characteristics.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Povilas Uvarovas.
Mokslo laipsnis ir vardas: Magistrantas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto `Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros magistrantas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 689 35947, povilas.uvarovas@stud.vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Kilikevičienė.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, docentė
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto `Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros docentė.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 678 14786, kristina.kilikeviciene@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Mantas Juchnevičius.
Mokslo laipsnis ir vardas: Magistras, lektorius
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto lektorius.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 605 14311, m.juchnevicius@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos mokslo instituto vyresnysis mokslo darbuotojas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Arturas Kilikevičius.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos mokslo instituto vyriausias mokslo darbuotojas..
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, virpesiai, guolių diagnostika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Povilas Uvarovas
Science degree and name: master student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering faculty Department of Mechanical and Material Engineering master student.
Author‘s research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.
Telephone and e-mail address: 8 689 35947, povilas.uvarovas@stud.vgtu.lt

Author name, surname: Kristina Kilikevičienė
Science degree and name: doctoral student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Engineering faculty Department of Mechanical and Material Engineering associated professor.
Author‘s research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.
Telephone and e-mail address: 8 678 14786, kristina.kilikeviciene@vgtu.lt

Author name, surname: Mantas Juchnevičius
Science degree and name: Master of Science.
Workplace and position: Vilnius College of Technologies and Design, Technical faculty lector.
Author‘s research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.
Telephone and e-mail address: 8 605 14311, m.juchnevicius@vtdko.lt

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

Author name, surname: Arturas Kilikevičius.
Science degree and name: doctor, associated professor.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical Science Institute Chief research fellow.
Author‘s research interests: Mechanics, vibrations, diagnostic of rolling.
Telephone and e-mail address: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt_U

VANDENILINIŲ TECHNOLOGIJŲ TAIKYMAS - KURO CELIŲ PANAUDOJIMAS

Dariuš Mikonis[1], Margarita Prokopovič[2], Jonas Matijošius[3]
[1] Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas, Automobilių inžinerijos katedra; [2] Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Verslumo skatinimo grupė; [3] Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos mokslo institutas

Anotacija
Šiame darbe buvo atliekama vandenilinių technologijų apžvalga, bei jų taikymas panaudojant kuro elementus. Vandenilis yra labiausiai paplitęs pasaulyje cheminis elementas, todėl vertas rimtai svarstyti jo racionalų panaudojimo būdą, kaip energijos šaltinį. Vandenilį transporte galima panaudoti dvejopai: pirmas būdas yra tradiciniame vidaus degimo variklyje tik vietoj benzino naudoti vandenilį arba benzino ir vandenilio dujų mišinį. Vandenilio dujos yra labai sprogios ir gerai sudegančios dujos, kurios kartu su benzino mišiniu padidina variklio efektyvumą. Kitas būdas yra naudoti kuro celes arba kuro elementus (KE) (angl. fuel cells), kurių pagalba yra sukuriama elektros energiją..
Reikšminiai žodžiai: vandenilis, kuro elementai, automobilis.

Įvadas

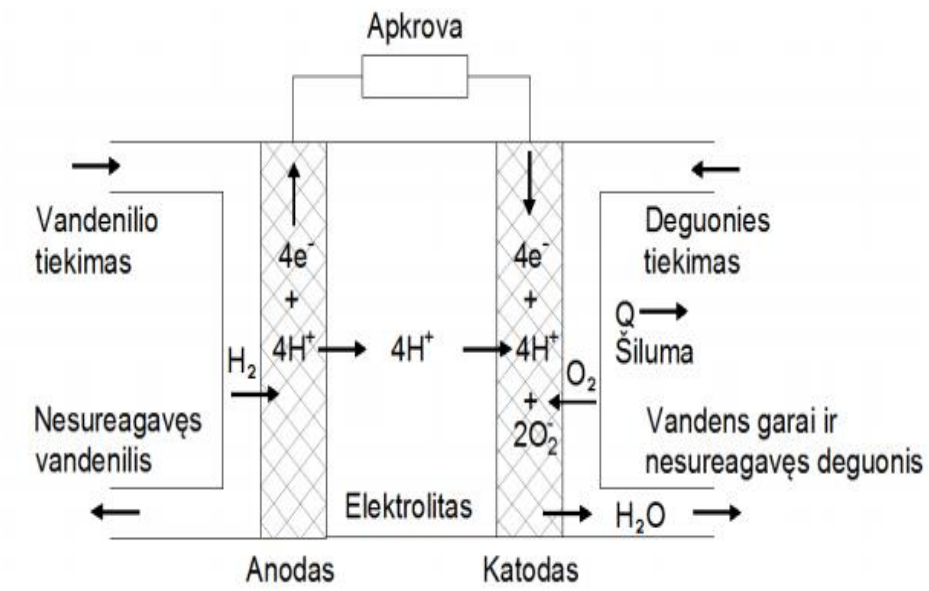
Vandenilis yra labiausiai Visatoje paplitęs elementas. Jis sudaro 90 % visų atomų skaičiaus ir 75 % Visatos masės. Žemėje jis sudaro 1 % žemės plutos masės ir 17 % visų atomų skaičiaus. Grynas randamas tik viršutiniuose atmosferos sluoksniuose. Junginiai: vanduo, visos organinės medžiagos, nemažai mineralų (Choubey et al., 2020). Dėl didelio šios medžiagos paplitimo tai yra perspektyvūs ateities transporto degalai.

Vandenilį transporte galima panaudoti dvejopai: pirmas būdas yra tradiciniame vidaus degimo variklyje tik vietoj benzino naudoti vandenilį arba benzino ir vandenilio dujų mišinį. Vandenilio dujos yra labai sprogios ir gerai sudegančios dujos, kurios kartu su benzino mišiniu padidina variklio efektyvumą. Kitas būdas yra naudoti kuro celes arba kuro elementus (KE) (angl. fuel cells), kurių pagalba yra sukuriama elektros energiją. Teoriškai, naudojant KE galima didžiąją dalį energijos panaudoti atliekant naudingą darbą, tuo tarpu vandenilį naudojant vidaus degimo varikliuose šis skaičius teorijoje siekia apie 50 %, o praktikoje tik 25 % (Zhang et al., 2020).

Ekologiškos energijos kūrimas ir atsinaujinantys energijos šaltiniai yra būtini žingsniai norint užtikrinti pasaulinės ekonomikos gerovę ir sumažinti šiltnamio efekto grėsmę. Kuro elementai yra tokius standartus atitinkanti technologija. Naudojant vandenilį ir naujas energijos konversijos (virsmo) formas, galima efektyviai gaminti energiją, praktiškai nedarant žalingo poveikio aplinkai (Stankevičius, 2016). Dėl šių priežasčių KE sistemų diegimas į visuomeninį gyvenimą yra naudingas bei svarbus faktorius technologijų vystymuisi..

1. Kuro elementų sandara ir veikimo principas

Kuro elementas susideda iš 2 sandūrų elektrodas – membrana ir dviejų lauko srauto plokštelių. Vandenilis teka per kanalus į anodo lauko plokštelę. Kanaluose naudojamas katalizatorius, kuris padeda atsiskirti protonams ir elektronams. Vandenilis gali būti tiekiamas į kuro elementą tiesiogiai arba gautas iš gamtinių dujų, metanolio ar naftos naudojant kuro reformerius, kurie angliavandenilius paverčia vandeniliu ir anglies dvideginiu naudojant cheminės katalizės reakciją. Kiekvienas KE turi du elektrodus (anodą ir katodą), prie kurių yra priklijuotas labai plonas katalizatoriaus sluoksnis. Oro srautas kanalais paduodamas į katodo plokštumą. Vandenilio protonai migruoja per membraną ir jungiasi su deguonimi sudarydami vandens molekules, o elektronų srautas prateka išorine grandine sudarydamas elektros srovę. Reakcijos metu išsiskiria šiluminė energija. Vandenį elektrocheminio proceso metu pašalina oro tėkmė. Siekiant padidinti gamybinius KE parametrus, sudedama keletas KE į vieną junginį, toks komplektas vadinamas KE paketu. Vandenilis (dujų būsenoje) ir deguonis (oro pavidalu) 18 tiekiami specialiai KE pakete tam padarytais kanalais. Pagaminama elektros galia priklauso nuo kuro elementų paketo dydžio: įtampos dydis priklauso nuo KE skaičiaus pakete, o generuojama srovė priklauso nuo veikimo ploto (Stankevičius, 2016).



1 pav. Kuro celės veikimo schema

Anodinė reakcija:

$2H_2 + 2O^{-2} \longrightarrow 2H_2O + 4e^-$;

Katodinė reakcija:

$O_2 + 4e^- \longrightarrow 2O^{-2}$;

Supaprastinta reakcija:

$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$.

2. Kuro elementų tipai

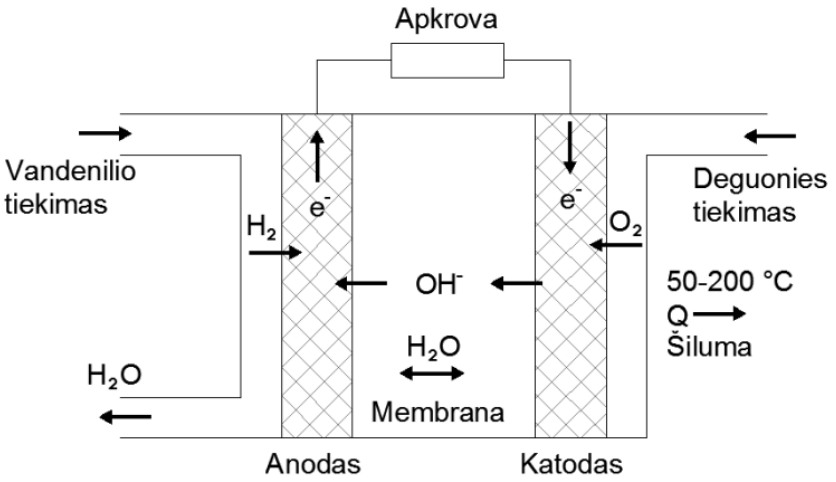
Kuro elementų sritis yra vis dar besivystanti, todėl nuolat išrandamos vis naujesnės jų technologijos. Dėl šios priežasties tikslų kuro elementų rūšių skaičių apibrėžti sudėtinga. Praktikoje plačiausiai naudojami šeši KE tipai.

- PEM – KE su polimerinio elektrolito membrana;
- KOE – KE su kieto oksido elektrolitu;
- FRE – KE su fosforo rūgšties elektrolitu;
- IKE – KE su išlydyto karbonato elektrolitu;
- ŠKE – šarminis KE;
- TM – tiesioginio tiekimo metanolio KE.

Kuro elementai skirstomi pagal darbinę temperatūra į žemos (iki 100 0C), vidutinės (10 – 250 0C) ir aukštos temperatūros (nuo 550 0C) elementus. KE temperatūra priklauso nuo naudojamo elektrolito: iki 250 0C – rūgščių arba šarmų elektrolitai, nuo 550 0C – druskų lydalai. Kuro elementai taip pat gali būti skirstomi į dvi grupes, vieniems elementams būtinas grynas vandenilis arba su galimomis minimaliomis priemaišomis, kitiems KE – angliavandeniliai ar gamtinės dujos iš kurių vandenilis išskiriamas pačiame elemente (Stankevičius, 2016).

Šarminis kuro elementas

Šarminio kuro elementas (angl. Alkaline fuel cell) buvo pirmasis modernus KE (2 pav.), kuris buvo naudojamas kosminėse misijose erdvėlaivius aprūpinti elektros energijai ir vandeniui. Šio tipo KE išsiskiria geromis dinaminėmis savybėmis, t.y. greit pradeda veikti nominaliomis sąlygomis. Darbinė temperatūra gana žema 50 – 200°C. Elektros siekia 70 proc., o galia nuo 300 W iki 5 kW. Gali būti naudojami pigesni katalizatoriai. Vietoje elektrolito naudojami OH jonams ir vandeniui laidi membrana, taip sumažinami KE matmenys (Stankevičius, 2016).



2 pav. Šarminio kuro elemento veikimo schema

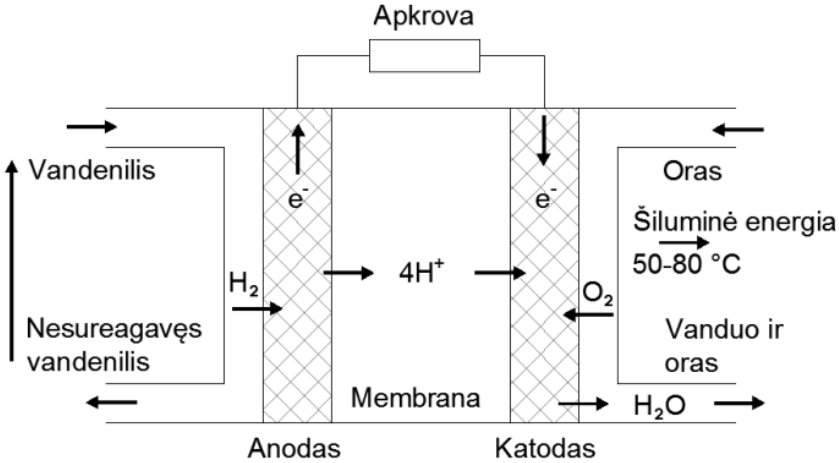
Fosforo rūgšties elektrolito kuro elementas

Fosforo rūgšties elektrolito kuro elementas (angl. phosphoric acid fuel cell) yra pirmieji pradėti naudoti komerciniais tiksliais ir iki šiol labiausiai išvystytos technologijos kuro 25 elementai. Generuojama galia nuo 100 *kW* iki 400 *kW*, todėl gali būti naudojamos, kaip mažos elektrinės arba energijos rezervo šaltinai pastatams. Pasaulyje įrengti daugiau nei 200 šio tipo kuro elementų sistemų pastatų reikmėms, taip pat yra keletą pavyzdžių, kuomet FRE KE elektrinė yra integruota transporto priemonėse. Nors šių elementų darbinė temperatūra gana aukšta – 150-200 °C, tačiau jiems vis tiek reikalingi katalizatoriai, o tam naudojama platina ir jos lydiniai. Elektrolitas yra 100 % fosforo rūgštis, supilta į matricą, kuri laidi protonams, bei mažai jautri kure esančioms CO_2 ir CO dujoms, kurioms leidžiama sudaryti iki 1,5 % bendro kuro kiekio (Stankevičius, 2016).

Protonų mainų membranos kuro elementas

PEM kuro elementuose naudojama protonų mainų membrana – tai plona, elastinga plėvelė, praleidžianti vandenilio jonus (3 pav.). Membrana iš abiejų pusių yra padengta poringos anglies elektrolitais su platinos dalelėmis, kuri yra reakcijos katalizatorius. Kietos būsenos elektrolitas yra pranašesnis už skystą, nes sumažina korozijos problemas.

Vandenilis yra tiekiamas link anodo, kur katalizatorius skatina vandenilio atomus skilti į elektronus ir protonus. Elektronai elektros srove teka elektros grandine link katodo. Šią elektros srovę galima naudoti pagal paskirtį. Deguonis tiekimas link katodo. Tuo pačiu metu protonai prasiskverbia pro membraną (elektrolitą) link katodo, kur susijungia į vandenilio atomus ir reaguoja su deguonimi, virstant į vandenį (Hou et al., 2020).

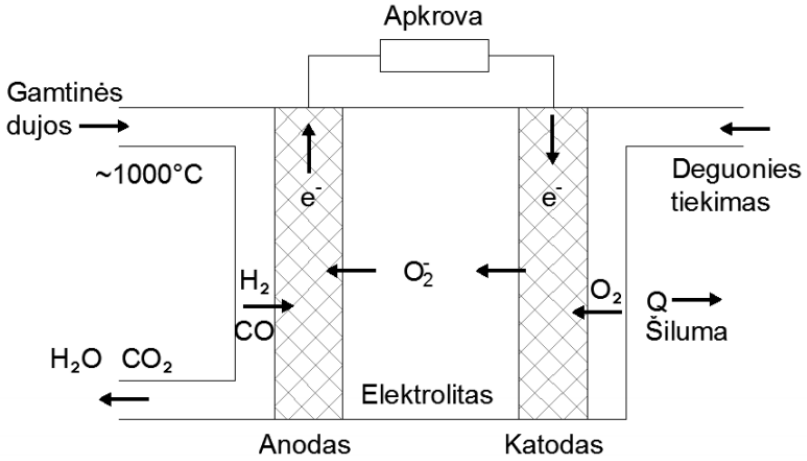


3 pav. Protonų mainų membranos kuro elemento veikimo schema

Kieto oksido elektrolito kuro elementas

Kieto oksido elektrolito kuro elementas (angl. solid oxide fuel cell) (4 pav.) yra perspektyvus panaudojimui stambesnėse pramoninėse ir elektros generavimo jėgainėse. KOE kuro elemente vietoje skysto elektrolito paprastai naudojamas kieta keraminė medžiaga cirkonio oksidas, tai supaprastina konstrukciją. Ši medžiaga leidžia darbinę kuro elementų temperatūrą pakelti iki maždaug 1000 °C. Elektros generavimo

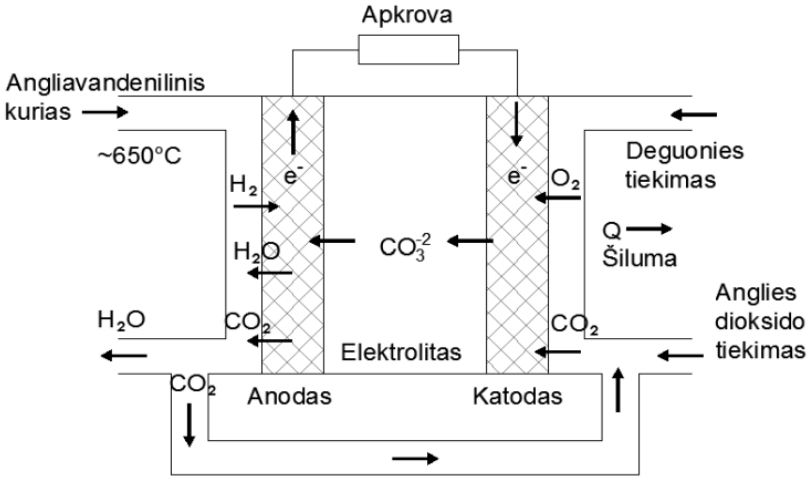
efektyvumas siekia 60 %. Nenaudojami brangūs katalizatoriai, o kuras gali būti angliavandeniliai. Pasaulyje yra tik keli demonstraciniai šio tipo kuro elementų pavyzdžiai (Stankevičius, 2016). Aukšta temperatūra riboja panaudojimo galimybes ir visa konstrukcija yra ganėtinai didelė. Kieto elektrolito pliusas yra, kad nėra jokios rizikos, kad skystis ištekės, nes jo ten nėra, tačiau jis gali skilti (Zhang et al., 2013).



4 pav. Kieto oksido elektrolito kuro elemento veikimo schema

Išlydytų karbonatų elektrolito kuro elementas

Išlydytų karbonatų elektrolito kuro elementuose (angl. Molten carbonate fuel cell) yra naudojamas skystas ličio, natrio ir kalio karbonatų tirpalas išmirkytoje matricoje (5 pav.). Didelė darbinė temperatūra, siekia maždaug 650 °C. Aukšta temperatūra yra reikalinga, norint padidinti elektrolito laidumą, bei leidžia naudoti paprastesnius katalizatorius. Iki šiol lydyto karbonato kuro elementai buvo panaudoti įrenginiuose, naudojančiuose vandenilį, anglies monoksidą, 26 gamtines dujas, propaną, biodujas, dyzelinį kurą, anglies gazifikavimo metu gautas dujas. Šio tipo kurų elementų naudingumo koeficientas elektrai panašus kaip ir kitų pagrindinių KE – nuo 50 iki 60 %. Tačiau atliekant kogeneraciją, kuomet išsiskyrusi KE šiluma panaudojama patalpų šildymui, energijos generavimo koeficientas gali siekit apie 80 %. Yra bandomieji įrengimai nuo 10 *kW* iki 2 *MW* galingumo. Numatoma, kad šio tipo kuro elementai yra ypač perspektyvūs stambesnėse elektros generavimo jėgainėse. Demonstraciniai pavyzdžiai buvo sėkmingai įrengti Japonijoje ir Italijoje (Bae et al., 2019)

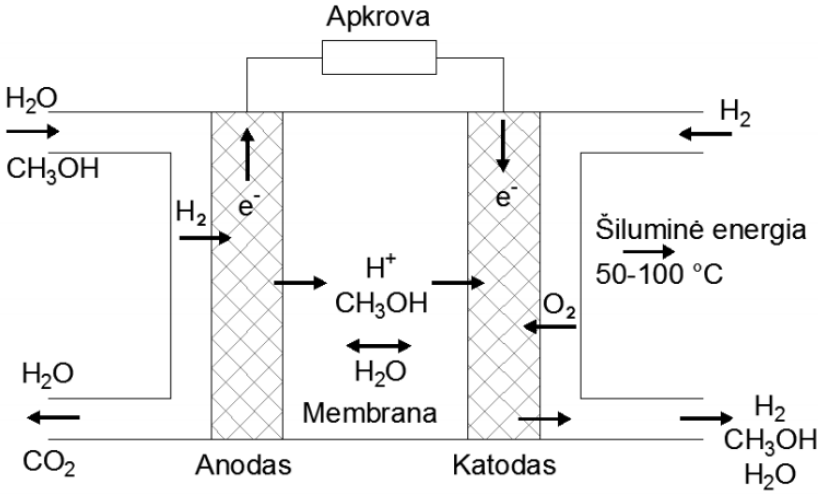


5 pav. Išlydytų karbonatų elektrolito kuro elemento veikimo schema

Tiesioginio metanolio elektrolito kuro elementas

Tiesioginio metanolio kuro elementai (angl. Direct methanol fuel cell) (6 pav.), yra panašūs į protonų mainų membranos kuro elementus kadangi čia taip pat kaip elektrolitas naudojama polimerinė membrana. Tačiau šiame KE, anodo katalizatorius pats savaime pritraukia vandenilį iš skysto metanolio, taigi prie kuro elementų nereikia įrengti kuro reformerio. Šio tipo KE galia lyginant su jo dydžių (galios tankis) yra gana didelė – nuo 25 *W* iki 5 *kW*. Naudingo veikimo koeficientas elektrai – 20-40 %, KE veikiant 50-100 °C temperatūroje. Dėl žemos darbinės temperatūros perspektyvus yra šio tipo kuro elementų panaudojimas nešiojamuose įrenginiuose, tokiuose kaip kompiuteriai ar mobilieji telefonai. Metanolio kuro elemente panaudojamos dvigubos plokštės, kurios gali būti padarytos iš nemetalinių lengvo svorio, lanksčių medžiagų,

tokiu kaip polimerai, kurios yra žymiai pigesnės nei metalinės medžiagos, taip pat šiam KE nereikalingos vėdinimo ir šildymo plokštės. Skystą kurą taip pat galima laikyti, kaip šio tipo elementų privalumą (Stankevičius, 2016).



6 pav. Tiesioginio metanolio kuro elemento veikimo schema

3. Kuro elementų panaudojimo būdai

F. T. Bacon buvo vienas iš pirmųjų žmonių, kuris kuro elementus pritaikė realiame gyvenime. Jis savo šarminių kuro elementų bandymus pradėjo 1932 metais ir 1959 metais sukūrė 5 *kW* KE. Tais pačiais metais H. K. Ihrig pademonstravo pirmą automobilį važiuojantį su kuro elementu (žr. 7 pav.), tai buvo 15 *kW* traktorius (Hacking et al., 2019, pp. 1954–2012).

7 pav. 15 kW kuro elementu važiuojantis traktorius ("Life, August 3, 1959," n.d.)

7-8-ojo dešimtmečiuose kuro elementai buvo panaudoti „Apollo" misijoje. Fosforo rūgšties elektrolito kuro elementas buvo naudojamas erdvėlaivyje, kuris gamino elektros energiją ir užtikrino geriamo vandens atsargas įgulai. Tačiau, tai neturėjo didelės įtakos mūsų visuomenėje pereiti prie vandenilinių technologijų taikymo. 8-ojo dešimtmečio pradžioje naftos krizė paskatino kuro elementų technologijų plėtrą (Hacking et al., 2019, pp. 1954–2012).

Darbinė kuro elemento temperatūra, kuri priklauso nuo elektrolito, nustato:

- KE naudingumą;
- KE paleidimo laiką;
- KE dinaminę apkrovą.

Šie parametrai nurodo galimus KE panaudojimo galimybes. Didelių gabaritų stacionariems įrenginiams reikalingas KE, kuris pasižymi dideliu efektyvumu ir gali atlaikyti didelę apkrovą. Tokio tipo sistemoms geriausia naudoti išlydytų karbonatų elektrolito arba kieto oksido elektrolito KE. Įrenginiai, kurie yra transportuojami prioritetiniai kriterijai yra trumpas paleidimo laikas bei apkrovos atlaikymas, tokius kriterijus atitinka fosforo rūgšties elektrolito KE (Mohammed et al., 2019).

Kuro elementų panaudojimas transporte

KE varomo automobilių didelis pliusas yra tas, kad nėra išmetamos kenksmingos medžiagos į aplinką ir pasižymi didesniu naudingumu nei vidaus degimo varikliai. Palyginus elektromobilį su KE varomu

automobiliu pranašumas yra, kad KE varomas automobilis gali įveikti didesnį atstumą su vienu degalų baku nei pilnai pakrautas elektromobilis, bei nereikia laukti ilgai laukti kol automobilis pasikraus.

Transporto srityje KE daugiausiai yra naudojami lengvuosiuose automobiliuose, autobusuose, krovininiuose automobiliuose. Taip pat buvo sukurti prototipai motociklų, dviračių, laivų, lėktuvų, lokomotyvų, kurie naudojo šią technologiją. Amerikiečių kariuomenės povandeninio laivas su tokia sistema sėkmingai išbuvo po vandeniu visą mėnesį be išnirimo į paviršių (Hacking et al., 2019).

Lengvuosiuose automobiliuose šią sistemą komerciškai pradėtą naudoti 2004 metais. Nuo to laiko ši sistema nemažai patobulėjo ir yra pavyzdžių kaip tokie automobiliai be gedimų sugebėjo įveikti 150-300 tūkst. kilometrų. „Toyota“ ir „Honda“ gamintojai 2015 metais į rinką išleido KE važiuojantį automobilį. „Toyota MIRAI FC-EV“ turi 100 *kW* fosforo rūgšties elektrolito KE, kurį energija aprūpina suslėgto 700 bar vandenilio bakai leidžiantys automobiliui nuvažiuoti 650 *km* (Hacking et al., 2019).

Kadangi didelė dalis autobusu yra naudojami miestuose, todėl ši sistema buvo įdiegta anksčiausiai juose. Išmetamų kenksmingų medžiagų kiekio mažinimas apgyvendintuose vietose yra svarbus tokio sprendimo faktorius. Taip pat, autobusai turi daugiau vietos įrengti KE sistemas, todėl projektavimo iššūkiai yra lengviau išsprendžiami. Pirmas koncepcinis modelis buvo pristatytas 10-am dešimtmetį. Šiuo metu vienas didžiausių iššūkių yra kaina, 2018-2022 metams yra tikimasi, kad vandeniliu varomas autobusas kainuos maždaug 400-600 tūkst. JAV dolerių (Das et al., 2017).

Vienas didžiausių perversmų su šia technologija įvyko krovininiame transporte. Keltuvams yra dažniausiai pritaikoma ši technologija. Sumažinant metinius kaštus (KE – 1100 JAV dol. per metus, baterijos – 8750 JAV dol. per metus), kurie buvo įtakojami dėl trumpesnio degalų papildymo laiko palyginus su baterijos įkrovimo (KE – 4-6 min. per dieną, baterijos – 45-60 min. per dieną). 2013 metais maždaug 4000 KE keltuvų buvo naudojami JAV įmonėse (Hacking et al., 2019).

KE stacionarus panaudojimas

Kuro elementai daugiausia yra naudojami stacionariai, 2014 metais daugiau nei 70 % visų KE sistemų buvo pritaikytos aprūpint įmones, mokyklas, universitetus, ligonines, gyvenamuosius kvartalus elektra bei šiluma. Šiuo metu šis skaičius yra dar didesnis, remiantis „Navigant Reseach“ atliktais tyrimais 2022 metais vien tik JAV 1,25 mln. pastatų turėtų būti aprūpinti KE sistemomis. Galima suskirstyti stacionarių KE elementų panaudojimą į 3 grupes: pramonei, gyventojams bei kaip atsarginį energijos šaltinį (Sun et al., 2015).

Pramonėje šis energijos šaltinis yra naudojimas, kaip pagrindinis. Šioje srityje dėl didelio naudingumo dažniausiai yra naudojami PEM, KOE arba IKE tipo kuro elementai. PEM-KE turi galimybę naudoti biodujas kaip pagrindinį energijos šaltinį.

Gyvenamiesiems pastatams dažniausiai yra naudojami PEM (greitas įjungimas, kintama energijos kiekis, karštas vanduo) arba KOE (didelis naudingumas, didelė šiluma) kuro elementai. Lyginant su paprasta CHP (angl. combined heat and power) technologija (vidaus degimo varikliai, Stirlingo varikliai) kuro elementai išskiria gerokai mažiau CO_2 emisijų. Gamtinės dujos yra naudojami kaip pagrindiniai degalai.

Kuro elementai kaip atsarginis energijos šaltinis yra dažnai naudojami eismo kontrolės punktuose, tuneliuose, ligoninėse, telekomunikacijos bendrovėse, bankuose. Lyginant paprastas baterijas, KE pasižymi, kad jų tarnavimo laikas yra ilgesnis, rečiau reikia atlikti techninę apžiūrą, mažesni aptarnavimo kaštai ir nėra savaiminio išsikrovimo pasekmių (Olympios et al., 2020).

Išvados

Kuro elementų naudojimas prisideda prie aplinkos taršos mažinimo ir energinių išteklių taupymo. Šiuo metu kuro elementų naudojimas nėra labai smarkiai paplitęs, ypač transporto srityje dėl nepalankių eksploatavimo sąlygų ir didelių automobilių kainų, tačiau ateityje yra tikimasi, kad ši situacija keisis. Automobiliai su kuro elementais pasižymi dideliu nuvažiuojamu atstumu, reikalauja mažai priežiūros, dėl nedidelio kiekio judamų detalių, bei degalų papildymas trunka mažiau laiko lyginant su elektromobilių baterijos įkrovimu. KE panaudojimo galimybės yra daug didesnės ir daugiau ištobulintos pramonės srityje, kur KE sistemos veikia stacionariai. Daugelis KE ne tik aprūpina įmones, įstaigas ar gyvenamuosius namus elektra, bet taip pat suteikia ir šilumą. Šių sistemų naudojimas šioje srityje yra efektyvesnis ir su didesne nauda lyginant su įprastomis CHP technologijomis. Taigi, KE yra potenciali priemonė prisidedanti prie ekologiško transporto vystymosi bei ekonomiškesnio išteklių panaudojimo.

Literatūra

1. Bae, J.K., Kim, H.-W., Accardo, G., Kim, G.S., Ham, H.C., Jang, S.-C., Cho, Y.S., Yoon, S.P., 2019. Study on LiI and KI with low melting temperature for electrolyte replenishment in molten carbonate fuel cells. Int. J. Hydrog. Energy 44, 25930–25938. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.08.050

2. Choubey, G., D, Y., Huang, W., Yan, L., Babazadeh, H., Pandey, K.M., 2020. Hydrogen fuel in scramjet engines - A brief review. Int. J. Hydrog. Energy. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.04.086
3. Das, H.S., Tan, C.W., Yatim, A.H.M., 2017. Fuel cell hybrid electric vehicles: A review on power conditioning units and topologies. Renew. Sustain. Energy Rev. 76, 268–291. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.056
4. Hacking, N., Pearson, P., Eames, M., 2019. Mapping innovation and diffusion of hydrogen fuel cell technologies: Evidence from the UK's hydrogen fuel cell technological innovation system, 1954–2012. Int. J. Hydrog. Energy 44, 29805–29848. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.09.137
5. Hou, J., Yang, M., Ke, C., Zhang, J., 2020. Control logics and strategies for air supply in PEM fuel cell engines. Appl. Energy 269, 115059. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115059
6. Life, August 3, 1959 [WWW Document], n.d. . Natl. Mus. Am. Hist. URL https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_1846553 (accessed 5.26.20).
7. Mohammed, H., Al-Othman, A., Nancarrow, P., Tawalbeh, M., El Haj Assad, M., 2019. Direct hydrocarbon fuel cells: A promising technology for improving energy efficiency. Energy 172, 207–219. https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.105
8. Olympios, A.V., Le Brun, N., Acha, S., Shah, N., Markides, C.N., 2020. Stochastic real-time operation control of a combined heat and power (CHP) system under uncertainty. Energy Convers. Manag. 216, 112916. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112916
9. Stankevičius, J., 2016. KURO ELEMENTO IR ŽEMO DAŽNIO KEITIKLIO ELEKTROS ENERGIJOS KONVERSIJOS PROCESŲ TYRIMAS 62.
10. Sun, J.-Z., Peter Kingori, G., Si, R.-W., Zhai, D.-D., Liao, Z.-H., Sun, D.-Z., Zheng, T., Yong, Y.-C., 2015. Microbial fuel cell-based biosensors for environmental monitoring: a review. Water Sci. Technol. 71, 801–809. https://doi.org/10.2166/wst.2015.035
11. Zhang, G., Zhang, J., Xie, T., 2020. A solution to renewable hydrogen economy for fuel cell buses – A case study for Zhangjiakou in North China. Int. J. Hydrog. Energy 45, 14603–14613. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.03.206
12. Zhang, H., Wu, J., Liu, X., Baker, A., 2013. Studies on elements diffusion of Mn/Co coated ferritic stainless steel for solid oxide fuel cell interconnects application. Int. J. Hydrog. Energy 38, 5075–5083. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.02.026

APPLICATION OF HYDROGEN TECHNOLOGIES - USE OF FUEL ROADS

Summary

An overview of hydrogen technologies and their application using fuel cells was performed in the work. Hydrogen is the most abundant chemical element in the world, so it is worth seriously considering its rational use as an energy source. Hydrogen can be used in transport in two ways: the first way is to use hydrogen instead of petrol or a mixture of petrol and hydrogen gas in a conventional internal combustion engine. Hydrogen gas is a highly explosive and highly flammable gas that, together with a gasoline blend, increases engine efficiency. Another way is to use fuel cells or fuel cells (KE) to generate electricity.

Key words: hydrogen, fuel cells, car.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Dariuš Mikonis.
Mokslo laipsnis ir vardas: Bakalaurantas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto `Automobilių inžinerijos katedros bakalaurantas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transportas, alternatyvi energija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 6677 28706, darius.mikonis@stud.vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Margarita Prokopovič.
Mokslo laipsnis ir vardas: Magistras
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Verslumo skatinimo grupės vyr. specialistė.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vadyba, technologijų taikymas pramonėje.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 683 37063, margarita.prokopovič@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos mokslo instituto vyresnysis mokslo darbuotojas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Dariuš Mikonis
Science degree and name: bachalor student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Department of Automobile Engineering bachalor student.
Author‘s research interests: Transport, alternative energy.
Telephone and e-mail address: 8 6677 28706, darius.mikonis@stud.vgtu.lt

Author name, surname: Margarita Prokopovič.
Science degree and name: Master of Science.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Group of Entrepreneurship Promotion Chief Specialist.
Author‘s research interests: Management, application of technologies into the industry.
Telephone and e-mail address: 8 683 37063, margarita.prokopovič@vgtu.lt

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

AUTOMOBILIŲ KĖBULAMS NAUDOJAMŲ MEDŽIAGŲ APŽVALGA

Dariuš Mikonis[1], Rytis Zautra[2], Jonas Matijošius[3]
[1] Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas, Automobilių inžinerijos katedra; [2] Alytaus kolegija, Inžinerijos ir biomedicinos fakulteto Inžinerijos katedros; [3] Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos mokslo institutas

Anotacija
Šiame darbe buvo atlikta automobilių kėbulams naudojamų medžiagų apžvalga. Buvo atsižvelgta į komponentų pasirinkimo kriterijus. Automobilių kėbulų medžiagos turėtų būti: lengvos, ekonomiškai veiksmingos, saugios bei perdirbamos. Tinkamas medžiagos parinkimas užtikrina ne tik atskiros detalės, bet ir viso mechanizmo darbingumą, patikimumą, ilgaamžiškumą, taip pat yra svarbus ekonomiškai. Kuo ilgiau detalė išlieka darbinga, tuo mažesnė jos gamybai sunaudotų išlaidų dalis tenka atlikto darbo vienetui. Daugiausiai naudojamos kėbulų medžiagos yra: plienas, sustiprintas plienas, magnis, aliuminis bei anglies ir stiklo pluošto mišiniai.
Reikšminiai žodžiai: automobilis, kėbulas, medžiagos.

Įvadas

Automobilių techninės priežiūros ir remonto metu atliekami ardymo-surinkimo, detalių parinkimo ir pakeitimo darbai, mechanizmai ir sistemos pripildomi eksploataciniais skysčiais, šie skysčiai periodiškai keičiami. Taip pat atliekami detalių mechaninio bei terminio apdirbimo darbai. Visų šių darbų atlikimo metu labai svarbu žinoti, iš kokių medžiagų pagamintos detalės, kokiomis savybėmis jos pasižymi, kokie apdirbimo būdai gali būti taikomi, kaip detalės gali būti sugadinamos netinkamu apdirbimu (Liu et al., 2020). Medžiagos pasirinkimas automobiliui yra pirmasis ir svarbiausias automobilių dizaino veiksnys. Tinkamas medžiagos parinkimas užtikrina ne tik atskiros detalės, bet ir viso mechanizmo darbingumą, patikimumą, ilgaamžiškumą, taip pat yra svarbus ekonomiškai (Muñoz et al., 2019). Kuo ilgiau detalė išlieka darbinga, tuo mažesnė jos gamybai sunaudotų išlaidų dalis tenka atlikto darbo vienetui. Atsparesnės medžiagos leidžia sumažinti detalių matmenis. Todėl sutaupomi metalai, kitos medžiagos, sumažėja detalės gaminimo darbų apimtis, mažiau reikia išgauti ir perdirbti žaliavų, mažiau sunaudojama energijos (Kott et al., 2020). Taupomi gamtiniai ištekliai, mažesnė aplinkos tarša. Todėl nemažiau svarbus automobilių gamintojų tikslas – naujų medžiagų, turinčių geresnes reikalingas savybes, kūrimo ir panaudojimo galimybių nagrinėjimas. Vertėtų paminėti, kad siekiant mažinti jau minėtą gamtos taršą yra nuolat galvojama apie ultralengvąsias automobiliams ir ne tik skirtas kėbulų medžiagas (Martin et al., 2020). Šio straipsnio tikslas yra išnagrinėti medžiagas, naudojamas kėbulų gamyboje, išsiaiškinti kriterijus pagal kuriuos yra renkamos medžiagos automobilių kėbulams bei pristatyti šias medžiagas ir jų panaudojimą, o taip pat išsiaiškinti kam yra naudojamos ultralengvos kėbulų medžiagos.

1. Reikalaujamos medžiagų savybės

Mažas svoris. Kadangi didelis dėmesys skiriamas šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio mažinimui, išmetamųjų teršalų kiekio mažinimui ir degalų naudojimo efektyvumo didinimui, šis kriterijus yra svarbiausias automobilių pramonei. Lengvos medžiagos gali padidinti kuro efektyvumą daugiau nei kiti veiksniai. Eksperimentai rodo, kad 10 % svorio sumažinimo gali 6–8 % sumažinti kuro sunaudojimą. Svorio mažinimą galima gauti trimis būdais (Ashurkova et al., 2017):

- Aukštos specifinės masės medžiagų pakeitimas mažesnio tankio medžiagomis, nesumažinant standumo ir ilgaamžiškumo(plieno keitimas aliuminiu, magniu, kompozitais ir putomis);
- Optimizuoti elementų ir išorinių priedų, turinčių apkrovų, konstrukciją, kad būtų sumažintas jų svoris be jokio standumo ar funkcionalumo praradimo;
- Gamybos proceso optimizavimas, pvz., taškinio suvirinimo mažinimas ir naujų jungimo būdų keitimas.

Viena pagrindinių kliūčių, neleidžianti plačiai naudoti lengvas medžiagas, yra didelė jų kaina. Tačiau svorio mažinimas vis dar yra ekonomiškiausias būdas sumažinti degalų sąnaudas (Jing et al., 2019).

Ekonominis veiksmingumas. Vienas iš svarbiausių ir vairuotojams aktualiausių veiksnių automobilių pramonėje yra kaina, kuri lemia, ar bet kurią naują medžiagą galima pasirinkti tam tikrai transporto priemonės detalei. Į kainą įeina trys komponentai: faktinės žaliavų kainos, gamybos pridėtinė vertė ir produkto projektavimo bei bandymo išlaidos. Aliuminio ir magnio lydiniai yra brangesni už šiuo metu naudojamus plieną ir ketų. Kadangi išlaidos gali būti didesnės, sprendimai parinkti lengvuosius metalus turi

būti pagrįsti geresniu funkcionalumu. Tuo tarpu didelės kainos yra viena iš pagrindinių kliūčių naudoti sudėtines medžiagas (Fritzsche et al., 2018).

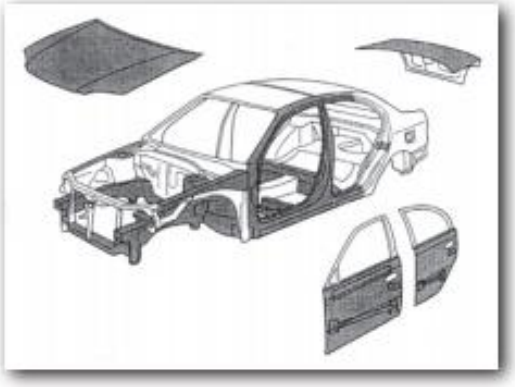
Saugumas. Gebėjimas sugerti smūginę energiją ir padėti keleiviams išlikti sveikiems yra vadinamas transporto priemonės atsparumu smūgiui. Pirmiausia reikėtų atsižvelgti į dvi automobilių pramonės sąvokas: atsparumą smūgiams ir atsparumą prasiskverbimui. Tikslesniame atsparumo smūgiams apibrėžime tai yra energijos absorbcijos potencialas kontroliuojamomis gedimų rūšimis ir mechanizmais. Tačiau atsparumas įsiskverbimui yra susijęs su visa absorbcija, neleidžiant šliuzui ar fragmentui prasiskverbti (Teodor et al., 2019).

Perdirbimas. Svarbiausios problemos automobilių pramonėje, yra „išteklių apsauga“, „išmetamo CO_2 kiekio mažinimas“ ir „perdirbimas“. Europos Sąjungoje ir Azijos šalyse yra keletas gairių šiuo klausimu (Keller and Putz, 2016). Jungtinės Valstijos nepateikė jokių taisyklių, susijusių su automobilių eksploatacijos nutraukimo reikalavimais. Pavyzdžiui, Jungtinėje Karalystėje kasmet apie du milijonus transporto priemonių tampa nebenaudojamos ir šios transporto priemonės laikomos pavojingomis atliekomis, kol jos nebus visiškai apdorotos (Klocke et al., 2014). Kai vartotojas nusprendžia nebenaudoti transporto priemonės, dažniausiai tenka:

- Parduoti transporto priemonę;
- Išardyti transporto priemonę;
- Restauruoti transporto priemonę;
- Utilizuoti transporto priemonę.

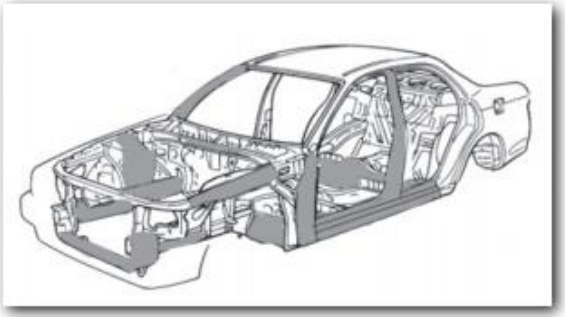
2. Naudojamos medžiagos

Plienas. Pagrindiniai veiksniai, nulemiantys tam tikros kėbulo dalies medžiagos pasirinkimą, yra įvairios savybės, tokios kaip terminis, cheminis ar mechaninis atsparumas, lengva gamyba ir ilgaamžiškumas. Taigi, jei norime pasirinkti medžiagą su šiomis savybėmis, plienas yra pirmas pasirinkimas. Per pastaruosius kelis dešimtmečius geležies ir plieno pokyčiai buvo dideli, todėl plienas tapo lengvesnis, stipresnis, tvirtesnis ir pagerino kitas eksploatacines savybes. Jis taikomas ne tik transporto priemonės kėbulams, bet ir varikliams, važiuoklėms, ratams ir daugumai kitų dalių. Geležis ir plienas sudaro svarbiausius struktūros elementus daugumai transporto priemonių ir yra nebrangios medžiagos. Žemiau pavaizduotame paveiksle pateiktos plieninės kėbulo dalys. (1 pav.).



1 pav. Plieninės kėbulo dalys

Pastaraisiais metais nuolat didėja stiprių plienų, kurie vadinami didelio stiprumo, mažai legiruotais plienais, naudojimas (2 pav.).



2 pav. Kėbulo detalės iš sustiprinto plieno

Šios medžiagos buvo itin lengvo plieninio automobilio kėbulo (ULSAB) pagrindas. „ULSAB“ automobilio kėbulas parodė 25% masės sumažėjimą kėbulo konstrukcijoje, pasižyminčioje geresniu stiprumu ir struktūriniu veikimu. Palyginti masės sumažinimai ir kiti privalumai buvo pasiekti durims, gaubtams ir t. t. Šios programos rezultatai užtikrino tokį patį kėbulo stiprumą naudojant lengvesnius legiruotus plienus, nei klasikinį plieną (“ULSAB Consortium unveils the new look of Ultralight Steel Auto Body,” 1996).

Pagrindinė plieno naudojimo kėbulo konstrukcijoje priežastis yra jos sugebėjimas įsisavinti smūgio energiją susidūrimo situacijoje.

Aliuminis. Aliuminis taip pat labai plačiai naudojamas automobilio gamyboje, pvz. pavaros, važiuoklės ir kėbulo konstrukcijose. Aliuminio naudojimas gali sumažinti transporto priemonės kūno svorį. Svarbiausios savybės yra jo mažas tankis ir didelė specifinė energijos sugerties savybė bei gera specifinė įtampa.

Aliuminis taip pat yra atsparus korozijai. Tačiau, atsižvelgiant į mažą elastingumo modulį, jis negali pakeisti plieninių dalių, todėl šias dalis reikia pertvarkyti taip, kad būtų pasiektas tas pats mechaninis stiprumas, tačiau sumažinta masė.

Aliuminio naudojimas automobilių pramonėje per pastaruosius metus išaugo. Automobiliniuose varikliuose aliuminio liejiniai buvo naudojami beveik 100% stūmoklių, apie 75% cilindrų galvučių, 85% įsiurbimo kolektorių ir transmisijų. Aliuminio liejiniai naudojami maždaug 40% ratų, taip pat kronšteinuose, stabdžių sudedamosiose dalyse, pakaboje, vairo mechanizmo dalyse ir atraminėse plokštėse. Aliuminis naudojamas kėbulo konstrukcijoms, uždarymams ir išoriniams tvirtinimo įtaisams, pvz., skersiniams, durims ar dangčiams.

Naujausi pokyčiai parodė, kad automobilio kėbulo svorį galima sumažinti 50 %, naudojant aliumininį plieną. Tai bendrą automobilio svorį sumažintų apie 20 – 30 % (Chai and Manikandan, 2014).

Titanas. Titanas labai retai pasitaikanti medžiaga, naudojama kėbulo gamyboje, daugiau naudojama pavaros sistemose, kurios gali sumažinti svorį iki 55 %. Kadangi titanas yra sunkiai apdirbamas, nėra plačiai naudojamas kėbulo gamyboje (Perks and Mudd, 2019). Teigiamos pusės: palankus stiprumo ir svorio santykis, gali atlaikyti aukštas temperatūras be struktūros pokyčių. Neigiamos pusės: labai brangios medžiagos, sunkus apdirbimas.

Magnis. Magnis yra dar vienas lengvas metalas, kuris vis dažniau pasitaiko automobilių pramonėje. Jis yra 33% lengvesnis už aliuminį ir 75% lengvesnis už plieną ar ketaus komponentus. Magnio komponentai turi daug mechaninių ir fizinių trūkumų, dėl kurių reikia unikalaus dizaino, skirto automobilių produktams. Nors jo atsparumas tempimui yra maždaug toks pats, atsparumas gniuždymui yra mažesnis nei aliuminio. Magnio lydinių modulis ir kietumas yra mažesni nei aliuminio, o šiluminio plėtimosi koeficientas yra didesnis.

Teigiamos pusės: didelis standumas ir stiprumas, suderinami su esama štampavimo infrastruktūra.

Neigiamos pusės: brangus, nepakankamas kiekis masinei gamybai. Nepakankamas lankstumas, komplikuotas sujungimas ir korozija. Retųjų žemių priedai taip pat gali būti reikalingi siekiant pagerinti energijos įsisavinimą (Kiani et al., 2014).

Anglies pluošto epoksidinis mišinys. Pluoštu sustiprinti mišiniai siūlo daugybę privalumų automobilių pramonei. Jie turi galimybę taupyti svorį, kurį užtikrina mažas medžiagos tankis. Komponentų konstrukcijos gali būti tokios, kad pluoštai atsidurtų pagrindinių įtempių vietose, o panaudoto pluošto kiekis yra pakankamas atlaikyti įtempimą, taip optimizuojant medžiagų naudojimą.

Pastaruoju metu dauguma lenktyninių automobilių kompanijų daug labiau pasitiki tokiais mišiniais, nesvarbu, ar tai būtų plastikiniai mišiniai, kevlaras (aromatinių angliavandenilių pagrindu sudarytas poliamidinis pluoštas) ar anglies pluošto epoksidinis mišinys. Taip yra todėl, kad sudėtinės struktūros yra didelio stiprumo ir mažo svorio santykis. Dažniausios medžiagos, naudojamos lenktyniniuose automobiliuose, yra anglis (grafitas), kevlaras ir stiklo pluoštai. Epoksidiniai kompozitai buvo pirmasis pasirinkimas „Formule 1“ automobilių pramonėje ir kituose lenktyniniuose automobiliuose (van de Werken et al., 2020). Nors anglies pluošto junginiai sudaro pusę plieno svorio, jie yra keturis kartus stipresni ir gali sumažinti transporto priemonės svorį iki 70 %.

Stiklo pluoštas. Stiklo pluoštas daugiausia naudojamas sportiniuose automobiliuose, tokiuose kaip Formulė – 1 boliduose. Ši medžiaga lengvesnė nei plienas ar aliuminis, lengvai formuojama ir atspari rūdims. Labai svarbus aspektas, kad šios medžiagos kėbulus gaminti nereikalauja didelių investicijų, tačiau šio kėbulo tipą pritaikyti masinei gamybai būtų sudėtinga (Soni et al., 2018).

3. Ateityje ketinamos naudoti medžiagos

Šiuolaikinių automobilių tikslas – lengvumas ir patvarumas. Mokslininkai naudoja šių tikslų pasiekimui metodų derinį, pavyzdžiui, integruotus skaičiavimo medžiagų inžinerijos (ICME) metodus, nurodytus medžiagų genomo iniciatyvoje, eksperimentinį patvirtinimą ir prototipų demonstracijas. Šiuo metu didžiausias dėmesys sutelktas į dvi, labai plačiai pasaulyje naudojamas medžiagas: plieną, aliuminį ir plastiką. Krypstama į didžiulę galimybių gamą sutelkiantį lydinių naudojimą automobilių kėbulų gamyboje (Meschut et al., 2014).

Sustiprinto plieno tobulinimas – siekiama lengvinti automobilio kėbulo gamybą naudojant lydinius, kurie pagrinde būtų sudaryti iš plieno bei kitų medžiagų, tokių kaip magnis, cinkas ir kt. lydinių. Didžiausia pasaulyje plieno ir kasybos įmonė „ArcelorMittal“ integruoja naujus bei lengvus automobilių durų sprendimus. Naudojant šiuo metu turimus plienus ir technologijas, „ArcelorMittal“ komanda parodė, kad 27 % svorio ir išlaidų sutaupymas gali būti pasiektas nekeliant pavojaus saugos ir struktūriniams reikalavimams. Žvelgiant į naujas, pažangias, stipriąsias plienas ir technologijas, kurios ateinančiais metais ateis į rinką, komanda nustatė papildomus sprendimus, kurie leis sutaupyti dar daugiau svorio - iki 34 proc., Palyginti su esamais plieninių automobilių durų sprendimais. Šiuos sprendimus galima taikyti ne tik durų gamyboje, tačiau ir viso kėbulo liejime (Gutiérrez Trashorras et al., 2013).

Aliuminio lydiniai – viena iš brangesnių medžiagų automobilio kėbulo gamyboje, tačiau vis labiau į rinką ateinanti kėbulo lengvumą ir tvirtumą suteikianti alternatyva. Lengvas aliuminio automobilis, greičiausiai bus šiek tiek brangesnis už šiandienos plieno automobilį, tačiau esant labai mažam gamybos kiekiui (mažiau nei 20 000 transporto priemonių per metus), aliuminio erdvės rėmai iš tikrųjų yra pigesni nei plieno (Kaczyński et al., 2020).

Plastikas – šiam automobilio kėbului suteikiama „Eco-Friendly“ etiketė, kurią sukuria perdirbto ir sutvirtinto plastiko lydiniai. Automobilio pagrindas išlieka toks pat ir jo komponentai nekeičiami plastikiniais, tačiau plastikinėmis dalimis galima keisti automobilio kapotą, sparnus, buferius ir kt. dalis. Tačiau susiduriama su didžiausia problema, kad tai sąlyginai ilgai trunkantis procesas, kad būtų galima pagaminti plastiko lydinį reikia laiko mišinio maišymui. Laiko tarpas, kurio reikia, kad būtų pagaminta pvz. plastikinė sparno dalis trunka 10 kartų ilgiau, nei plieninei pagaminti. Be to, kaina perdirbti plastikui bei panaudoti jį, sustiprinant jo savybes kainuoja keletą kartų daugiau negu pvz. stiklo pluošto dalys (“Plastic body panels reduce electric car’s mass,” 1997).

Išvados

Atlikus automobilių kėbulų sudedamųjų medžiagų apžvalgą nustatyta, kad lengvinant ir ribojant naudoti tradicines medžiagas vertėtų mažinti bendrą automobilio svorį, taip yra užtikrinamas ekologiškumo skatinimas ir automobilių gamybos kaštų mažinimas. 10 % sumažinus transporto priemonės svorį, degalų taupymas gali padidėti 8 %. Transporto priemonių technologijų biuras (VTO), veikiantis Energijos vartojimo efektyvumo ir atsinaujinančios energijos biure, bendradarbiauja su pramonės atstovais, nacionalinėmis laboratorijomis ir akademinėmis bendruomenėmis, kad pagerintų automobilių kėbulų gamyboje naudojamas medžiagas. Nors visada judama tikslo link, tam kad sumažinti transporto priemonės svorį, kiekviena pažangi medžiaga turi privalumų ir trūkumų, kurie apima svarbius aspektus: gamybos sąnaudas, turto trūkumą, panaudojimo galimybes ir kt..

Literatūra

1. Ashurkova, S.N., Kobishchanov, V.V., Kolchina, E.V., 2017. Methods Used to Analyze the Impact of Passenger Cars Bodies Design Features on their Stiffness and Strength Characteristics. Procedia Eng., International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017 206, 1623–1628. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.688
2. Chai, G.B., Manikandan, P., 2014. Low velocity impact response of fibre-metal laminates – A review. Compos. Struct. 107, 363–381. https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2013.08.003
3. Fritzsche, R., Richter, A., Putz, M., 2018. Product Flexible Car Body Fixtures with Position-dependent Load Balancing Based on Finite Element Method in Combination with Methods of Artificial Intelligence. Procedia CIRP, 11th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, 19-21 July 2017, Gulf of Naples, Italy 67, 452–457. https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.12.241
4. Gutiérrez Trashorras, A.J., Álvarez, E.Á., Río González, J.L., Suarez Cuesta, J.M., Bernat, J.X., 2013. Design and evaluation of a heat recuperator for steel slags. Appl. Therm. Eng. 56, 11–17. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.03.019
5. Jing, L., Liu, K., Ren, M., 2019. The transient response of car body and side windows for high-speed trains passing by each other in a tunnel. Compos. Part B Eng. 166, 284–297. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.11.144

6. Kaczyński, P., Skwarski, M., Jaśkiewicz, K., 2020. Development of the technology for press-forming of energy-absorbing elements made of 7075 aluminum alloy. J. Manuf. Process. 50, 676–683. https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2020.01.023
7. Keller, C., Putz, M., 2016. Force-controlled Adjustment of Car Body Fixtures – Verification and Performance of the New Approach. Procedia CIRP, 6th CIRP Conference on Assembly Technologies and Systems (CATS) 44, 359–364. https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.02.162
8. Kiani, M., Gandikota, I., Rais-Rohani, M., Motoyama, K., 2014. Design of lightweight magnesium car body structure under crash and vibration constraints. J. Magnes. Alloys 2, 99–108. https://doi.org/10.1016/j.jma.2014.05.005
9. Klocke, F., Kampker, A., Döbbeler, B., Maue, A., Schmieder, M., 2014. Simplified Life Cycle Assessment of a Hybrid Car Body Part. Procedia CIRP, 21st CIRP Conference on Life Cycle Engineering 15, 484–489. https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.06.056
10. Kott, M., Erz, C., Heingärtner, J., Groche, P., 2020. Controllability of Temperature Induced Friction Effects during Deep Drawing of Car Body Parts with High Drawing Depths in Series Production. Procedia Manuf., 23rd International Conference on Material Forming 47, 553–560. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.166
11. Liu, D., Marita Tomasini, G., Rocchi, D., Cheli, F., Lu, Z., Zhong, M., 2020. Correlation of car-body vibration and train overturning under strong wind conditions. Mech. Syst. Signal Process. 142, 106743. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.106743
12. Martin, S., Camberg, A.A., Tröster, T., 2020. Probability Distribution of Joint Point Loadings in Car Body Structures under Global Bending and Torsion. Procedia Manuf., 23rd International Conference on Material Forming 47, 419–424. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.324
13. Meschut, G., Matzke, M., Hoerhold, R., Olfermann, T., 2014. Hybrid Technologies for Joining Ultra-high-strength Boron Steels with Aluminum Alloys for Lightweight Car Body Structures. Procedia CIRP, 5th CATS 2014 - CIRP Conference on Assembly Technologies and Systems 23, 19–23. https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.10.089
14. Muñoz, A., Mahiques, X., Solanes, J.E., Martí, A., Gracia, L., Tornero, J., 2019. Mixed reality-based user interface for quality control inspection of car body surfaces. J. Manuf. Syst. 53, 75–92. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.08.004
15. Perks, C., Mudd, G., 2019. Titanium, zirconium resources and production: A state of the art literature review. Ore Geol. Rev. 107, 629–646. https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.02.025
16. Plastic body panels reduce electric car's mass, 1997. . Reinf. Plast. 41, 6. https://doi.org/10.1016/S0034-3617(97)91610-6
17. Soni, S., Rana, R.S., Singh, B., Rana, S., 2018. Synthesis and Characterization of Epoxy based Hybrid Composite Reinforced with Glass Fiber and Milled Carbon. Mater. Today Proc., 7th International Conference of Materials Processing and Characterization, March 17-19, 2017 5, 4050–4058. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.666
18. Teodor, V.G., Păunoiu, V., Susac, F., Baroiu, N., 2019. Optimization of the measurement path for the car body parts inspection. Measurement 146, 15–23. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.06.002
19. ULSAB Consortium unveils the new look of Ultralight Steel Auto Body, 1996. . Mater. Des. 17, 107. https://doi.org/10.1016/S0261-3069(97)87182-8
20. van de Werken, N., Tekinalp, H., Khanbolouki, P., Ozcan, S., Williams, A., Tehrani, M., 2020. Additively manufactured carbon fiber-reinforced composites: State of the art and perspective. Addit. Manuf. 31, 100962. https://doi.org/10.1016/j.addma.2019.100962

OVERVIEW OF MATERIALS USED IN CAR BODIES

Summary

An overview of the materials used in car bodies was made in the work. Component selection criteria were taken into account. Car body materials should be: lightweight, cost-effective, safe and recyclable. Proper selection of material ensures not only the workability, reliability, durability of the individual part, but also the whole mechanism, it is also important economically. The longer a part remains workable, the lower the share of the cost of its production per unit of work performed. The most commonly used body materials are: steel, reinforced steel, magnesium, aluminum and mixtures of carbon and fiberglass.

Key words: car, body, materials.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Dariuš Mikonis.
Mokslo laipsnis ir vardas: Bakalaurantas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto `Automobilių inžinerijos katedros bakalaurantas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transportas, alternatyvi energija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 6677 28706, darius.mikonis@stud.vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Rytis Zautra.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Alytaus kolegija, Inžinerijos ir biomedicinos fakulteto Inžinerijos katedros docentas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika, autoservisų procesų optimizavimas ir valdymas.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 698 33917**, rytis.zautra@akolegija.lt**

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos mokslo instituto vyresnysis mokslo darbuotojas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Dariuš Mikonis
Science degree and name: bachalor student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Department of Automobile Engineering bachalor student.
Author‘s research interests: Transport, alternative energy.
Telephone and e-mail address: 8 6677 28706, darius.mikonis@stud.vgtu.lt

Author name, surname: Rytis Zautra.
Science degree and name: doctor, associated professor.
Workplace and position: Alytaus kolegija University of Applied Sciences, **Faculty of Engineering and Biomedicine** Engineering department associated professor.
Author‘s research interests: Transport ecology, alternative energetics, car service process optimization and management.
Telephone and e-mail address: 8 698 33917, rytis.zautra@akolegija.lt

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

AUTOMOBILIŲ GEDIMŲ GARANTINIU LAIKOTARPIU TYRIMAS

Tomas Mickevičius, Marius Mažeika
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Lengvųjų automobilių patikimumo didinimas yra vienas iš svarbiausių savybių gerinančių automobilių konkurencingumą kartu su pardavimais. Todėl automobilis garantiniu laikotarpiu turi išlikti kuo patikimesnis, o atsiradusiems defektams autorizuoti servisai turi užtikrinti greitą ir kompetentingą gedimų šalinimo politiką.

Tyrime pateikta „KIA SPORTAGE“ automobilių gedimų tyrimas garantinius laikotarpiu. Tyrimų metu buvo vertinami automobilio variklio ir jo mechanizmų, pakabos ir transmisijos, aušinimo sistemos ir elektros sistemos gedimų priklausomybė nuo ridos per visą garantinį periodą. Surinkus gedimų pasiskirstymo duomenis, sudarytas statistinis matematinis modelis. Nustatyta, kad daugiausiai gedimų garantiniu laikotarpiu yra pakabos ir transmisijos elementų, o mažiausiai aušinimo sistemoje. Didžiausia tikimybė, kad automobilio pakaboje ir transmisijoje bus pastebėta gedimų yra automobiliui nuvažiavus 50 – 60 tūkstančių kilometrų. Eksploatuojant automobilį iki 10 tūkstančių kilometrų tikimybė, kad atsiras gedimų, yra mažiausia.

Reikšminiai žodžiai: garantinis laikotarpis, lengvasis automobilis, gedimai

Įvadas

Automobilių gamintojai deklaruoja daugybė inovatyvių, išmanių ar pažangių technologijų-sprendimų lengvinančių vairavimą bei darančių jį komfortabilesnį. Transporto priemonė turi būti už prieinamą kainą, geros kokybės, patikima ir nereikalaujanti didelių remonto sąnaudų.

Mašinų eksploatavimas prasideda mašinos pagaminimu ir baigiasi naudojimo pabaiga (iškomplektavimu). Mašinos skiriasi eksploatavimo periodu, seka ir trukme [1]. Techninė priežiūra – tai kompleksas darbų ir operacijų, kuriais siekiama išlaikyti transporto priemonę tvarkingą ir darbingą [2]. Automobilių gamintojai nustato privalomus jų techninės priežiūros remontavimo darbus, kad per visą eksploatavimo periodą automobiliai tenkintų nustatytus saugos reikalavimus. Suderinti techninės priežiūros ir remonto darbai dažniausiai daromi naujiems automobiliams kol taikoma gamintojo garantija. Laikant didelį darbingumą, būtina, kad didelė dalis pasireiškiančių gedimų būtų numatomi iš anksto. Darbingumas turėtų būti atkurtas dar iki automobiliui sugendant [3]. Nustatytu laiku neatlikus technines priežiūros pradėtų mažėti objekto elementų darbingumas kuris gali sukelti nepataisomų kitų detalių gedimų [4].

Patikimumas – tai objekto savybė tam tikrą laiką vykdyti savo funkcijas ir išlaikyti eksploatacinių rodiklių leistinąsias reikšmes. Automobilio patikimumą apibūdina negendamumas, ilgaamžiškumas ir pataisomumas. Negendamumas – tai objekto ypatybė negesti tam tikrą laiką arba išdirbį. Kiekybiškai jis nusakomas tikimybinėmis charakteristikomis ir tikimybiniais parametrais. Labai svarbu, kad šią patikimumo ypatybę turėtų valdymo sistemų elementai, stabdymo įtaisai ir kiti mechanizmai, kuriems sugedus gali įvykti avarija [1]. Technologinių įrenginių patikimumas turi būti pakankamai aukštas, kad eksploatuojant įrenginį tam tikrą laiką jo charakteristikos nesikeistų, nes aukšto techninio lygio technikos prastovos yra labai nuostolingos [5].

Mokslininkai atliko „Vw“ markės automobilių gedimų tikimybės garantiniu ir pogarantiniu laikotarpiu tyrimą. Tyrimui buvo pasirinkti 500 populiarių „Volkswagen“ markės automobiliai: „VW Golf“, „VW Passat“, „VW Touareg“, „VW Polo“, ir „VW Jetta“ bei fiksuotas jų apsilankymas servise garantiniu laikotarpiu. Tyrimų metu buvo kaupiama informacija apie pagrindinių automobilių sistemų (variklio, pakabos ir transmisijos, aušinimo sistemos, elektros bei kitų) gedimų pasiskirstymą. Mokslininkai pateikė palyginimą garantinio etapo ir tokios pat ridos pogarantinio, bei pastebėjo, kad garantiniu laikotarpiu gedimų intensyvumo kreivės banguoja daugiau, gedimų zonos siauresnės, tai leidžia manyti, kad šiame etape automobilių sistemų gedimų tikimybė iš tiesų mažesnė ir daugiau atsitiktinėDidesnės gedimų tikimybės zonos, pasibaigus garantinei ridai, patvirtina prielaidą, kad jeigu gamintojas garantinę ridą nustatytų didesnę, toks žingsnis jam nemažai kainuotų. Gamintojų nustatyta garantinė rida yra kompromisinis sprendimas, nes vienos sistemos pradeda intensyviai gesti nepasiekus garantinės ridos, kitos – jau už jos ribų [8].

Autoriai atliko automobilių gendamumo garantiniu laikotarpiu tyrimą. Tyrimai buvo atlikti UAB „Sostena“ servise. Tyrimams buvo pasirinkta vidutinės klasės „Renault“ markės lengvieji automobiliai: Clio, Laguna, Logan, Megane, Scenic ir Thalia. Tyrimų tikslas buvo nustatyti lengvųjų automobilių detalių gendamumą garantiniu laikotarpiu. Mokslininkai tyrimais nustatė, kad lengvųjų automobilių eksploatacijos pradžioje, automobiliui nuvažiavus 0 – 20 tūkst. km. variklio, važiuoklės bei elektros sistemų gedimų atsiradimo tikimybė buvo mažiausia, ji neviršijo 0,1. Aušinimo sistemos gedimų atsiradimo tikimybė automobiliui pasiekus 0 – 20 tūkst. km. ridą buvo didžiausia [9].

Tyrimų tikslas buvo – nustatyti tiriamų automobilių variklio sistemų ir mechanizmų, pakabos ir transmisijos, aušinimo bei elektros sistemų gedimo tikimybės priklausomybę nuo ridos.

Tyrimų metodika

Tyrimui buvo pasirinkti 300 vnt. „Kia Sportage“ markės lengvųjų automobilių (visureigis) ir fiksuotas jų apsilankymas servise garantiniu laikotarpiu. Visi šie automobiliai yra pagaminti nuo 2014 iki 2019 metų. Tyrimų metu buvo kaupiama informacija apie pagrindinių automobilių sistemų ir elementų (variklio, pakabos ir transmisijos, aušinimo sistemos ir kitų) gedimų pasiskirstymą. Šiems automobiliams suteikiama garantija 150000 km ridai arba praėjus 5 metams nuo eksploatavimo pradžios. Iš variacinių eilučių buvo sudarytos kiekvienos techninės sistemos gedimų statistinės eilutės.

Automobilių rida buvo suskirstyta į 15 intervalų po 10000 km. Pagal turimus duomenis buvo sudarytos variacinės eilutės, kuriose buvo surašyti gedimų skaičiai Sistemos statistinė gedimo tikimybė nustatoma, kaip atsitiktinio dydžio atsiradimo atvejų skaičiaus kiekviename intervale santykis su bendru informacijos skaičiumi [6,7].

Variacinėje eilutėje nurodytas kiekvieno intervalo dydis bei atsitiktinių reikšmių skaičius, kurie patenka į bendrą intervalą. Sugrupavus duomenis buvo sudaryta variacinė eilutė, kurioje surašytas gedimų skaičius. Turint variacinę eilutę sudaromas duomenų statistinės eilutės. Kuriose nurodyti intervalų dydžiai, vidurinės intervalų reikšmės, atsitiktinio dydžio reikšmių skaičius ir atsitiktinio dydžio atsiradimo statistinės tikimybės.

Statistinės tikimybės buvo apskaičiuojamos:

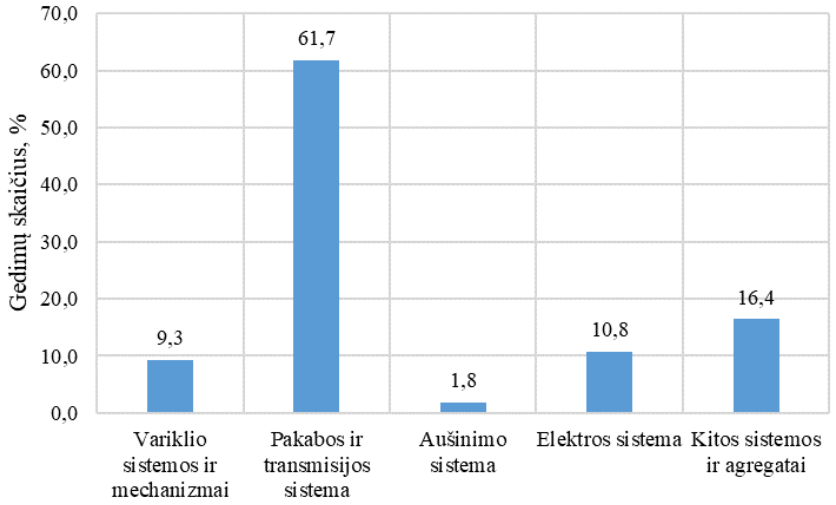
$$p_i = \frac{m_i}{N_i}, \tag{1.1}$$

čia m_i – pagrindinių sistemų kiekvieno periodo gedimų skaičius; N_i – pagrindinių sistemų gedimų skaičius garantiniu laikotarpiu.

Iš variacines eilutes sudarytos kiekvienos technines sistemos pradinių duomenų statistinės eilutės. Jose nurodytas kiekvieno intervalo dydis, intervalo vidurio reikšmės, atsitiktinio dydžio reikšmių skaičius (dažnius) bei atsitiktinio dydžio atsiradimo statistinės tikimybės.

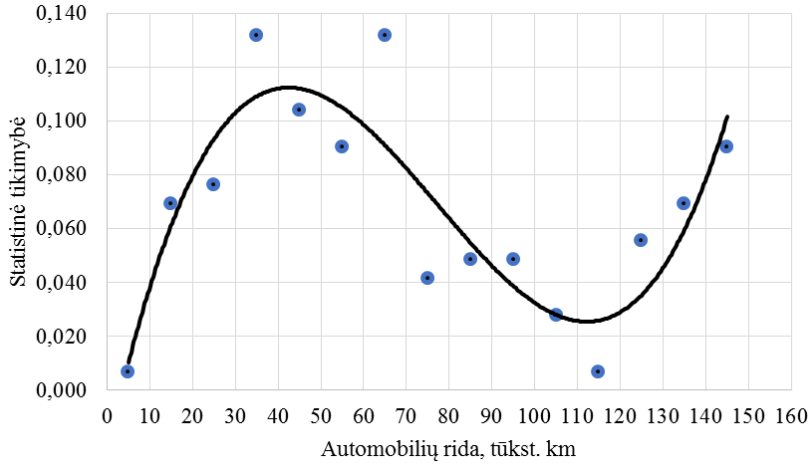
Tyrimų rezultatai

Tyrimo metu buvo renkami ir analizuojami duomenys apie tiriamų lengvųjų automobilių pagrindinių sistemų (variklio, pakabos ir transmisijos, aušinimo sistemos, elektros bei kitų) gedimų pasiskirstymą, garantiniu laikotarpiu. Iš pateikto 1.1 pav. matyti, kad apie 61,7 % visų pagrindinių gedimų sudaro pakabos ir transmisijos sistemos gedimai. Galima teigti, kad atliekant einamo remonto ar techninės priežiūros darbus reiktų skirti daugiau dėmesio šiam mazgui. Mažiausias gedimų skaičius nustatytas aušinimo sistemoje (1,8 %).



1.1 pav. Kia Sportage“ markės automobilių pagrindinių sistemų gedimų pasiskirstymas garantiniu laikotarpiu

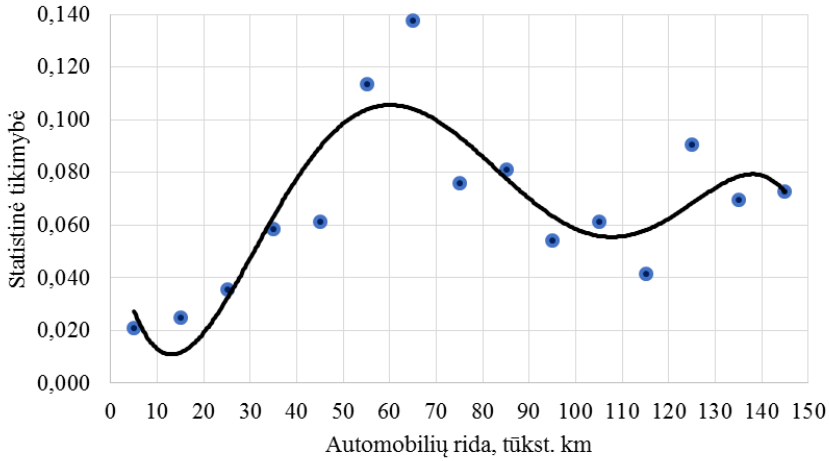
Daugiausia variklio sistemų ir mechanizmų gedimų tikimybė garantiniu laikotarpiu atsiranda automobiliui nuvažiavus 40 – 50 tūkst. kilometrų (1.2 pav.).



1.2 pav. Variklio sistemos ir mechanizmų gedimų statistinės tikimybės priklausomybė nuo ridos

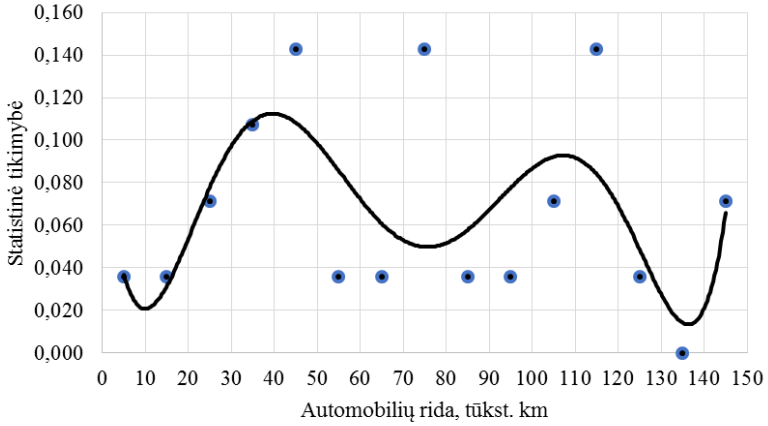
Tikėtina, kad ties 50 − 60 tūkst. km atsiradę variklio sistemos gedimai bus sutaisyti. Automobiliui nuvažiavus 110 tūkst. kilometrų sistemų defektai yra mažiausi. Automobiliams priartėjus prie garantinio laikotarpio pabaigos gedimų tikimybė išauga iki 10 %.

Daugiausia pakabos ir transmisijos sistemos gedimų garantiniu laikotarpiu atsiranda automobiliui nuvažiavus 60 tūkst. km. ridos (1.3 pav.). Didėjant ridai važiuoklės gedimai šiek tiek sumažėja. Tai paaiškinama, kad šios sistemos elementai remontuojami ar kaičiami. Kaip matyti iš grafiko, gedimų tikimybės kreivė krenta žemyn. Prie100 tūkst. km gedimų tikimybė siekia 6 %.



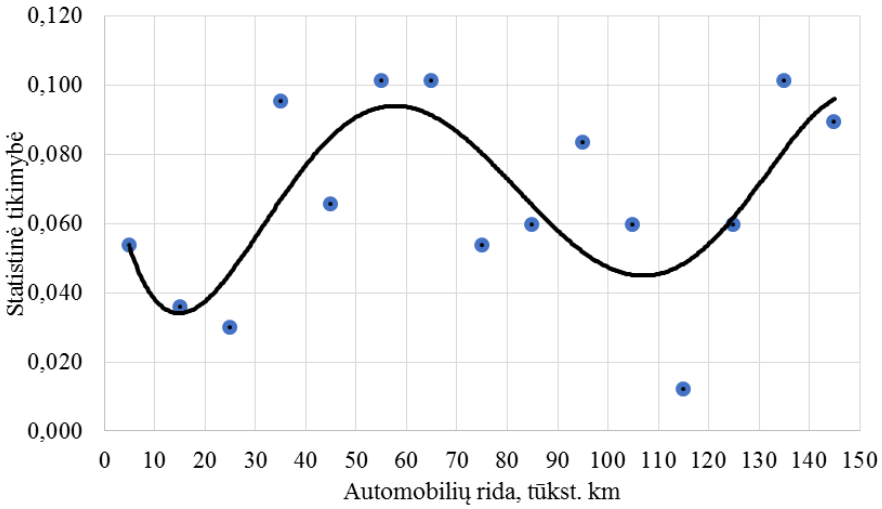
1.3 pav. Pakabos ir transmisijos sistemos gedimų statistinių tikimybių priklausomybė nuo ridos

1.4 pav. pateikta aušinimo sistemos gedimų statistinių tikimybių priklausomybė nuo ridos. Kaip matyti iš pateikto grafiko, šios sistemos gedimo atsiradimo tikimybė yra didžiausia automobiliui nuvažiavus iki 35 tūkst. kilometrų ridos.



1.4 pav. Aušinimo sistemos gedimų statistinių tikimybių priklausomybė nuo ridos

Ties 40 – 50 tūkst. km šios sistemos gedimų tikimybė pasiekia 14 %. Vėliau gedimų tikimybė mažėja. Toliau eksploatuojant automobilį gedimo tikimybė pradeda didėti. Iš pateikto grafiko matyti, kad nuo 70 tūkst. km. pradeda kilti ir pasiekus 100 – 110 tūkst. km intervalą siekia 14 %.



1.5 pav. Elektros sistemos gedimų statistinių tikimybių priklausomybė nuo ridos

Elektros sistemos gedimų statistinių tikimybių priklausomybė nuo ridos pateikta (1.5 pav.). Didžiausia elektros sistemos gedimo tikimybė pastebėta automobiliui nuvažiavus 60 tūkst. km. ridos (9 %). Toliau gedimo tikimybė mažėjo iki 110 tūkst. kilometrų ridos.

Išvados

1. Lengvųjų automobilių garantiniu laikotarpiu daugiausia yra pakabos ir transmisijos sistemos gedimų. Mažiausia gedimų nustatyta aušinimo sistemoje – 28 gedimai.
2. Didžiausia tikimybė, kad automobilio darbą sutrikdys variklio sistemų ir elementų gedimai yra automobiliui nuvažiavus 40 – 50 tūkst. kilometrų ridos. Variklio sistemų ir mechanizmų pagrindiniai gedimai: žvakių gedimai – 28 % ir degalų siurblio gedimai – 18 %.
3. Pakabos ir transmisijos sistemos atsiranda per visą garantinį laikotarpį. Mažiausia gedimo tikimybė, automobiliui nuvažiavus 10 tūkst. kilometrų, o didžiausia gedimo tikimybė nuvažiavus 60 tūkst. km. Pakabos ir transmisijos sistemos pagrindiniai gedimai: amortizatorių gedimai − 25 % ir stabilizatorių gedimai − 23 %.
4. Didžiausia aušinimo sistemos gedimo tikimybė pasireiškia automobiliams nuvažiavus 110 tūkst. km. Aušinimo sistemos grupės pagrindiniai gedimai: termostatų gedimai – 36 % ir jungiamųjų žarnų defektai.
5. Didėjant automobilio ridai elektros sistemos gedimo tikimybė didėja. Didžiausia tikimybė, kad atsiras elektros sistemos gedimų yra automobiliui nuvažiavus 20 – 30 tūkst. km. Elektros sistemos grupės pagrindiniai gedimai: lempučių defektai – 38 % ir jutiklių gedimai – 29 %.

Literatūra

1. Jonaitis, L. Mašinų servisas. Kaunas. Smaltija, 1998
2. Garbinčius, Giedrius. Automobilių techninė priežiūra ir remontas. 2012.
3. Pukalskas S. Transporto priemonės. - Vilnius, technika, 2008. – 130 p.
4. Medekšas H. Gaminių kokybe ir patikimumas – Kaunas, technologija, 2003. – 279 p.
5. Buteliauskas, Stanislovas. Automobilių sandara ir priežiūra. Kaunas „technologija “, 2008m.–188p, 2008.
6. Višniakas I., Slivinskas K. Patikimumo teorija – Vilnius, technika, 2005. – 91 p.
7. Višniakas, Ivanas; Slivinskas, Kastytis. Patikimumo teorija. Objektų kokybės vertinimo ir patikimumo skaičiavimų metodikos nurodymai. Vilnius: technika, 2005.
8. Luneckas, D., Bartulis, V. „VW “markės automobilių gedimų tikimybės garantiniu ir pogarantiniu laikotarpiu tyrimas. Science: Future of Lithuania, 2014, 6.5.
9. Tilvikas, K. Automobilių gendamumo garantiniu laikotarpiu tyrimas. Jaunasis mokslininkas, 2010.

INVESTIGATION OF THE CAR FAILURE OVER DURING THE WARRANTY PERIOD

Summary

Improving the reliability of passenger cars has been one of the most important features, and competition for cars which increased along with sales. The car must remain as reliable as possible during the warranty period, and authorized services must ensure most reliable defectation and troubleshooting policy.

This research provides an investigation of "KIA SPORTAGE" car breakdowns during the warranty period. The tests assessed the dependency of the car's engine, chassis, transmission, cooling system and electrical system on driven kilometres over the warranty period. After collecting the data on the distribution of faults, a statistical mathematical model was developed. Most of the faults were found in the chassis system and the least in the cooling system. The highest probability of failures in the car's chassis system is after the car has travelled 50-60 thousand kilometres. When operating a car for up to 10 thousand kilometres, the probability of failure is the lowest.

Key words: warranty period, car, breakdowns.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Tomas Mickevičius
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.
Darbo vietą ir pozicija: Kauno technikos kolegija, docentas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto inžinerija, transporto inžinerija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 65255737, tomas.mickevicius@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Marius Mažeika.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.
Darbo vietą ir pozicija: Kauno technikos kolegija, docentas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto inžinerija, transporto inžinerija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 60862765, marius.mazeika@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Tomas Mickevicius
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

Author name, surname: Marius Mazeika
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 60862765, marius.mazeika@edu.ktk.lt

TRIKOMPONENČIŲ DEGALŲ ĮTAKA DYZELINIO VARIKLIO DARBO RODIKLIAMS

Tomas Mickevičius, Audrius Žunda
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Straipsnyje analizuojama trikomponenčių degalų įtaką dyzelinio variklio darbo efektyvumui ir deginių emisijos rodikliams. Eksperimentiniai tyrimai buvo atliekami su vieno cilindro dyzeliniu varikliu „ORUVA F1L511“. Bandymai atlikti naudojant dyzelinius degalus (D) ir skirtingus degalų mišinius J5Bu5, J5Bu10 ir J5Bu15. Variklio apkrovos charakteristikos buvo registruotos esant pastoviems alkūninio veleno sūkiams n = 2000 min^{-1}.

Tyrimo metu nustatyta, kad mažiausia anglies viendeginio (CO) emisija (163 ppm) gauta varikliui dirbant trikomponenčiu J5Bu5 mišiniu. Didžiausia azoto oksidų (NO_x) emisija gauta varikliui veikiant grynais dyzeliniais degalais (1833 ppm). Mažiausia NO_x emisija gauta varikliui veikiant trikomponenčiu mišiniu su 15 % butanolio priedu (1643 ppm). Didžiausias dūmingumas gautas variklį maitinant grynais dyzeliniais degalais, esant maksimaliai variklio apkrovai.

Reikšminiai žodžiai: dyzelinis variklis, trikomponenčiai degalai, aviaciniai degalai, butanolis, biodyzelinas.

Įvadas

Didėjant transporto poreikiui ir kiekiui, didėja vidaus degimo variklių išmetamų degimo produktų, kurie teršia aplinką ir skatina atmosferos šiltnamio reiškinį. Transporto ir žemės ūkio sektoriai yra vieni didžiausių iškastinio kuro vartotojų bei labiausiai prisidedančių prie aplinkos taršos [1,2]. Dyzeliniai degalai šiuo metu yra vieni populiariausių motorinių degalų rūšių. Per paskutinius du dešimtmečius dyzelinių degalų vartojimas nuolat augo. Šį dyzelinių degalų padidėjusį vartojimą galima paaiškinti tuo, kad dyzeliniai varikliai dirba efektyviau, santykinai naudoja mažiau degalų variklio efektyviosios galios vienetui pagaminti ir mažiau teršia aplinką, palyginus su benzininiais varikliais. Transportas ir jo išmetamos dujos turi didelį poveikį oro kokybei bei žmonių sveikatai.

Alternatyvūs degalai tai degalų rūšis, kuri naudojama siekiant pakeisti sparčiai mažėjančius ir aplinka teršiančius mineralinius degalus.1988 m. NATO priėmė bendrą sprendimą naudoti vienus degalus kariniuose orlaiviuose, bei visose sausumos transporto priemonėse ir įrangoje. Ši idėja vadinama viena degalų koncepcija (SFC). Šio sprendimo pagrindiniai tikslai − logistinių problemų šalinimas karo atveju ir veiksmingesni NATO veiksmai taikos metų [3].

Dyzeliniai varikliai projektuojami dirbti tradiciniais mineraliniais degalais, todėl juos maitinant biodegalais ar alternatyviais degalais, iškyla įvairios techninės problemos. Daugelio mokslininkų tyrimų rezultatai parodė potencialias variklio darbo, panaudojant reaktyvinius degalus, galimybes be didelių variklio darbo proceso ir efektyvumo rodiklių pokyčių [4]. Tačiau lieka ne visiškai ištirtas reaktyvinių degalų, pasižyminčių mažesniu tankiu, klampa ir blogesnėmis tepumo savybėmis, palyginti su įprastiniais dyzeliniais degalais, ilgalaikis poveikis degalų įpurškimo sistemos elementams. Į aviacinius degalus įmaišant RME ne tik pagerina cetano skaičių, tačiau jis taip pat keičia anglies ir vandenilio santykį, tai su degalais susijęs deguonis, kuris sumažina grynąją šiluminę vertę, policiklinių medžiagų kiekį, aromatines medžiagas ir pagerina degalų tepimą [6].

Naudojant mišinius su didesniu biodegalų kiekiu pakinta degalų techninės savybės: padidėja tankis ir klampa, sumažėja šilumingumas, pakinta cetaninis skaičius, užšalimo temperatūra ir kt. Šie rodikliai įtakoja biodegalų tiekimo ir įpurškimo charakteristikas bei degiojo mišinio kokybę, kuri savo ruožtu turi įtakos dyzelinio variklio darbo efektyvumo ir ekologiniams rodikliams [5]. Pasaulyje šiuo momentu plačiausiai naudojami spiritiniai degalai vidaus degimo varikliams yra etanolis, metanolis ir butanolis. Didesnis deguonies kiekis spiritiniuose degaluose nei mineraliniuose degaluose sąlygoja biodegalų mažesnę šiluminę vertę. Jiems sudegti reikia mažiau deguonies gaunamos iš aplinkos oro, kuris tokiu būdu yra tausojamas. Spiritinių degalų elementinė sudėtis (santykis C:H dyzelinių degalų 6,5, etanolio 4) sudaro galimybę sumažinti dyzelio dūmingumą, anglies viendeginį CO, anglies dvideginį CO2 ir aldehidų emisiją [7].

Tyrimų tikslas – ištirti trikomponenčių degalų įtaką dyzelinio variklio darbo efektyvumui ir deginių emisijos rodikliams.

Tyrimų metodika

Tyrimai atlikti Vytauto Didžiojo universiteto, Žemės ūkio akademijos, Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institute, variklių bandymų laboratorijoje. Eksperimentiniams tyrimams atlikti naudojamas vieno cilindro, keturių taktų, oru aušinamas dyzelinis variklis „Oruva Motor F1L511“.

Siekiant įvertinti trikomponenčių degalų įtaką variklio darbo ir deginių emisijos rodikliams buvo paruošti trijų komponentų: aviacinių degalų (Jet A1), biodyzelino RME (B) ir butanolio (Bu) mišiniai.

Pirmiausia sumaišytas pagal tūrį dvikomponentis mišinys (95 % Jet A1 ir 5 % B). Atliekant tyrimus į šį dvikomponentį degalų mišinį buvo įmaišytas papildomas 5 %, 10 %, 15 % pagal tūrį butanolio kiekis. Tyrime nagrinėjami 4 atvejai su skirtingos sudėties degalais. Degalų fizinės ir cheminės savybės pateiktos 1 lentelė. Eksperimentiniuose tyrimuose naudoti degalai ir jų mišiniai:

1. D − 100 % dyzelinių degalų (D);
2. J5 − 95 % Jet A1 ir 5 % B;
3. J5Bu5 − 95 % J5 ir 5 % Bu;
4. J5Bu10 − 90 % J5 ir 10 % Bu;
5. J5Bu15 − 85 % J5 ir 15 % Bu.

1 lentelė.

Degalų fizinės ir cheminės savybės

Savybių rodikliai	Vertinimo metodas Jet A1 degalams	Vertinimo metodas B ir Bu	Aviaciniai dgalai Jet A1	RME (B)	N-butanolis (Bu)
Tankis esant 15 °C, kg/m^3	ASTM D4052-11	EN ISO 12185 :1999	884,7	884,7	810
Klampa, esant 40 °C, mm^2/s	ASTM D445 prie -20 °C	EN ISO 3104+AC:2000	2,9	4,8	2,63
Tepumo savybės patikslintos pagal skersmens nusidėvėjimą (HFRR) (wsd 1.4) esant 60 ^{0}C, µm	ASTM D 5001-10	EN ISO 12156-1	460	205	591
Pliūpsnio temperatūra, °C	ASTM D 56-05	EN ISO 2719:2000	59	168	35
Distiliacijos charakteristikos, ^{0}C	-	EN ISO 3405:2011	177,8 / 367	346 / 366	117,7
Savaiminio užsiliepsnojimo temperatūra, ^{0}C	-	-	~210	~342	~343
Cetaninis skaičius	-	EN ISO 5165:1999	51,3	53,4	25
Deguonies kiekis, wt %	-	-	0,51	10,9	21,62
Anglies ir vandenilio santykis, (C/H)	-	-	6,50	6,49	4,8
Stechiometrinis oro-degalų santykis, kg/kg	-	-	14,58	12,62	11,12
Žemutinis šilumingumas, MJ/kg	ASTM D 4529-01	EN ISO 8217:2012	43,10	37,23	33,08

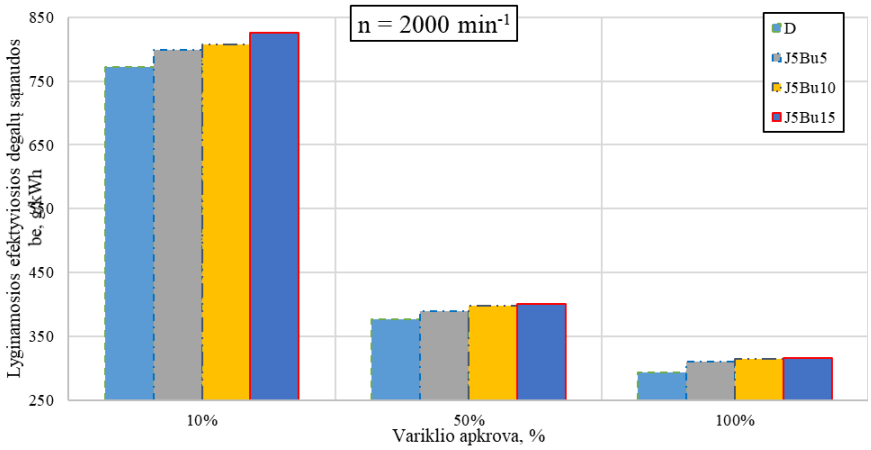
Tūrinės oro sąnaudos išmatuotos dujų skaitikliu “GAZOERZ TURBINOWY CGT-02”, o degalų sąnaudos matuotos elektroninėmis “SK-1000” svarstyklėmis.

Variklio deginių NO, NO_2, NO_x, CO, CO_2 emisijos išmatuotos dujų analizatoriumi Testo 350 XL, o deginių optinio skaidrumo (dūmingumo) kitimas įvertintas „Bosch” prietaisu RTT 100/RTT 110 nuo 0 iki 100 % skalėje.

Tyrimo metu buvo keičiama variklio apkrova, Variklio apkrovos charakteristikos registruotos esant pastoviam alkūninio veleno sukimosi dažniui n = 2000 min^{-1}. Bandymai buvo kartojami po tris kartus

Tyrimų rezultatai

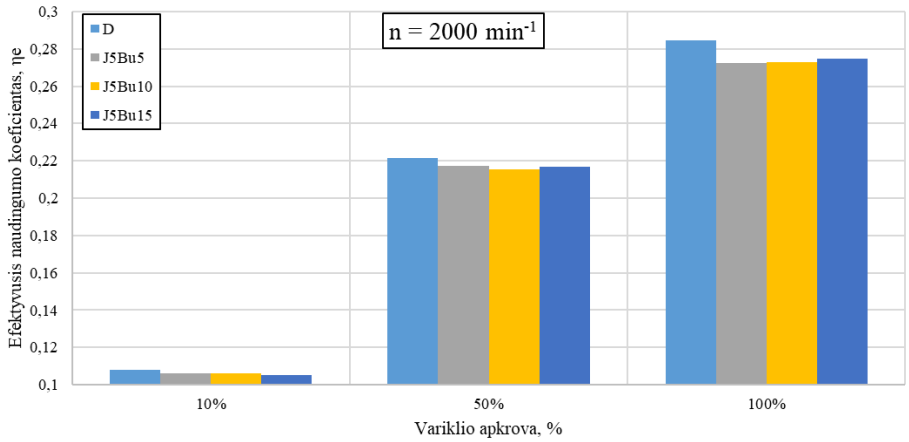
1 pav. pateikiama lyginamųjų efektyviųjų degalų sąnaudų *be* priklausomybė nuo apkrovos, dyzeliniam varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais. Kaip matyti, visuose apkrovos režimuose efektyviosios degalų sąnaudos gaunamos mažesnės naudojant grynus dyzelinius degalus. Esant pilnai variklio apkrovai, naudojant trikomponenčius degalų mišinius J5Bu5, J5Bu10 ir J5Bu15, efektyviosios degalų sąnaudos didėja atitinkamai 5,9 %, 7,0 % ir 7,6 %, palyginti su dyzeliniais degalais maitinamu varikliu.



1 pav. Lyginamųjų efektyviųjų degalų sąnaudų b_e priklausomybė nuo apkrovos, varikliui dirbant skirtyngos sudėties degalais

Visais apkrovų režimais varikliui veikiant trikomponenčiu mišiniu su 15 % butanolio priedu buvo gautos didžiausios efektyviosios lyginamosios degalų sąnaudos. Lyginant trikomponenčius mišinius tarpusavyje, pastebėta, kad didėjant butanolio priedui degaluose, sąnaudos taip pat didėjo. Tai sąlygoja degalų šilumingumas. Trikomponenčių degalų mišinių J5Bu5, J5Bu10 ir J5Bu15 žemutinis šilumingumas sumažėja atitinkamai 1,1 %, 2,5 % ir 3,5 % palyginti su dyzeliniais degalais.

Grafiko 2 pav. analizė rodo, kad varikliui veikiant nedidele apkrova, efektyvusis naudingumo koeficientas yra truputi didesnis dyzeliniais degalais veikiančiu varikliu. Esant maksimaliai variklio apkrovai, naudojant trikomponenčius degalų mišinius J5Bu5, J5Bu10 ir J5Bu15, efektyvusis naudingumo koeficientas mažėja atitinkamai 4,4 %, 4,3 % ir 3,6 %, palyginti su dyzeliniais degalais maitinamu varikliu. Butanolis priklausantis alkoholių grupei, pasižymi didesniu degimo greičiu, deguonies kiekiu, ilgesne molekuline struktūra, kurio santykio didėjimas mišiniuose turi įtakos efektyviajam naudingumo koeficiento didėjimui.

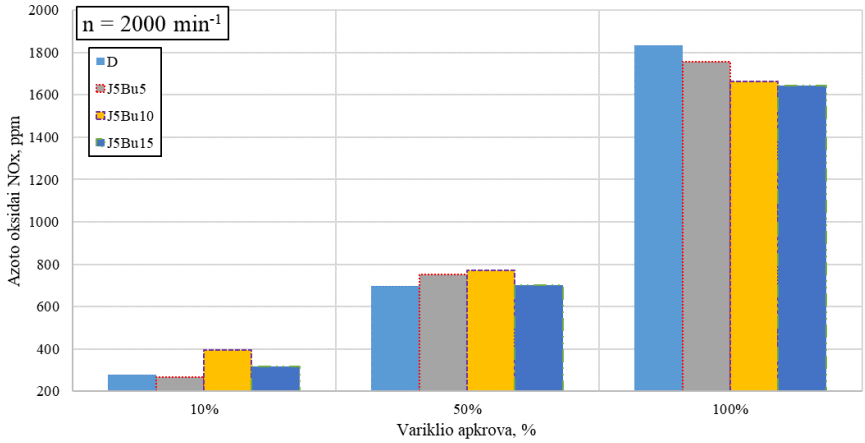


2 pav. Efektyviojo naudingumo koeficiento η_e priklausomybė apkrovos, varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais

Azoto oksidai (NOx) susideda iš azoto viendeginio (NO) ir azoto dvideginio (NO2). Pastebėta, kad NO kiekis išmetamosiose dujose yra daug didesnis negu NO_2. Esant aplinkos temperatūrai, deguonis ir azotas nereaguoja tarpusavyje. Skirtingai nei esant aplinkos temperatūrai, vidaus degimo variklyje aukštos temperatūros skatina reakcijas tarp deguonies ir azoto formuojant azoto oksidus. Didžiausia dalis NOx vidaus degimo varikliuose susidaro dėl deguonies kiekio ir degimo temperatūros. Kuo pastarieji veiksniai yra didesni, tuo didesnė susidaro azoto oksidų emisija. Temperatūra cilindre tiesiogiai priklauso nuo apkrovos arba įpurškiamų degalų kiekio.

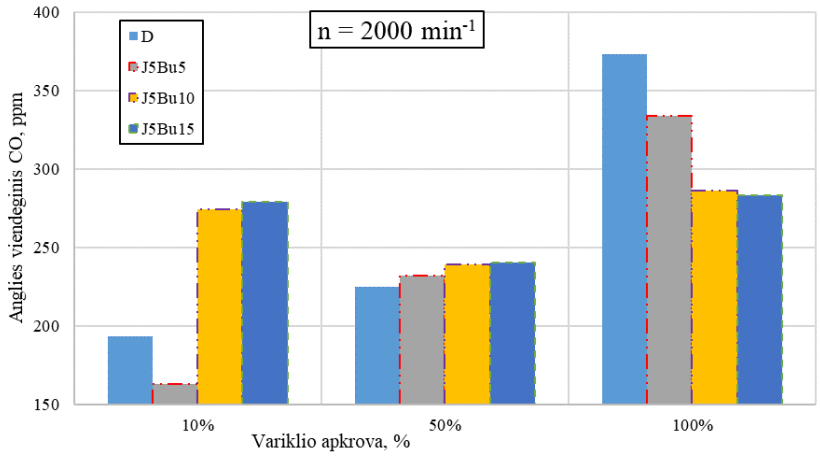
3 paveiksle pateikta azoto oksidų priklausomybė nuo vidutinio efektyviojo slėgio, varikliui dirbant skirtingais degalais. Atlikto bandymo rezultatai rodo, kad esant mažiausiai variklio apkrovai, didžiausia NOx emisija gauta varikliui veikiant trikomponenčiu degalų mišiniu J5Bu10 (397 ppm), o mažiausia su trikomponenčiu J5Bu5 degalų mišiniu (267 ppm). Esant maksimaliai apkrovai, mažiausia azoto oksidų

emisija buvo gauta variklį maitinant degalų mišiniu J5Bu15 (1643 ppm), o didžiausia varikliui veikiant grynais dyzeliniais degalais (1839 ppm).



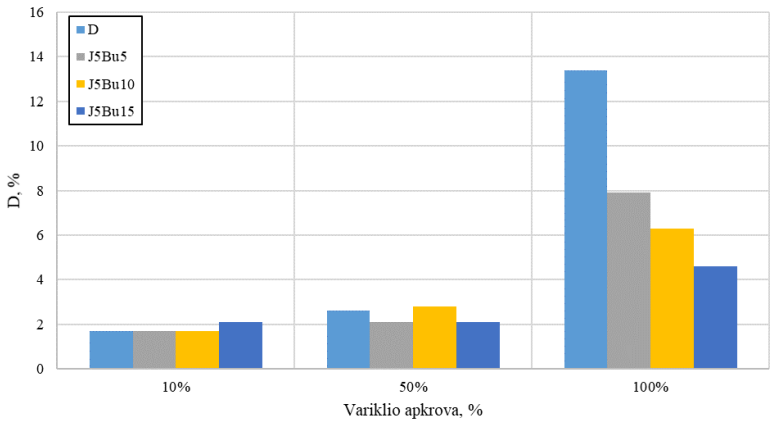
3 pav. Azoto oksidų NO_x priklausomybė nuo apkrovos, varikliui dirbant dyzeliniais degalais ir dvikomponenčiu degalų mišiniu

Anglies viendeginio susidarymą lemia nepilnai įvykusi degimo reakcija, kuomet anglis degaluose dalinai oksiduojasi nepasiekiant anglies dvideginio fazės. Atlikto bandymo rezultatai rodo, kad varikliui dirbant mažiausiu apkrovos režimu didžiausias anglies viendeginio (CO) kiekis gautas variklį veikiant trikomponenčiu degalų mišiniu J5Bu15 (279 ppm), mažiausias su degalų mišiniu J5Bu5 (163 ppm). Esant pilnai variklio apkrovai, didžiausia anglies viendeginio emisija, buvo gauta, varikliui veikiant dyzeliniais degalais (373 ppm), o mažiausia panaudojus trikomponentį J5Bu15 degalų mišinį mišinį (283 ppm) (4. pav.).



4 pav. Anglies viendeginio (CO) emisijos priklausomybė nuo apkrovos, varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais

Dūmingumas – išmetamųjų dujų neskaidrumo skaitmeninė vertė, išreiškiama absorbcijos koeficientu arba optiniu tankiu. Esant mažiausiam apkrovos režimui variklį veikiant skirtingos sudėties degalais, dūmingumo reikšmės gautos panašios ir didesnio skirtumo nepastebėta.



5 pav. Dūmingumo priklausomybė nuo apkrovos, varikliui dirbant skirtingos sudėties degalais

Tai reiškia, jog trikomponenčiame mišinyje esantis butanolio kiekis žymesnės įtakos neturėjo. Esant didžiausiam apkrovos režimui mažiausia dūmingumo vertė buvo gauta naudojant trikomponentį mišinį su 15 % butanolio priedu (4,6 %), o didžiausia variklį veikiant dyzeliniais degalais (13,4 %). Tai sudaro net 2,9 karto didesnį taršos poveikį aplinkai.

Išvados

1. Lyginamosios efektyviosios trikomponenčių degalų mišinių sąnaudos padidėjo visame tirtų apkrovų diapazone. Varikliui dirbant pilna apkrova, panaudojus trikomponenčių degalų mišinius J5Bu5, J5Bu10 ir J5Bu15, lyginamosios efektyviosios degalų sąnaudos padidėjo 5,9 %, 6,9 %, ir 7,6 %, atitinkamai, palyginti su dyzeliniais degalais veikiančio variklio sąnaudomis.
2. Panaudojus trikomponentį degalų mišinį J5Bu15, pilnos apkrovos režimu veikiančio variklio naudingo veikimo koeficientas gautas 3,6 % mažesnis (0,274) palyginti su dyzeliniais degalais veikiančiu varikliu (0,284).
3. Dyzeliniais degalais maksimalia apkrova veikiantis variklis generavo didžiausią (1839 ppm) bendrąją azoto oksidų NO_X emisiją. Panaudojus skirtingų degalų mišinius J5Bu5, J5Bu10 ir J5Bu15, labiausiai aplinkai ir žmogui kenksmingą NO_X emisiją pavyko sumažinti 4,7 %, 10,4 % ir 11,9 %, atitinkamai.
4. Didžiausia anglies viendeginio CO emisija varikliui dirbant pilnos apkrovos režimu, buvo gauta varikliui veikiant dyzeliniais degalais (373 ppm), o mažiausia panaudojus trikomponentį degalų mišinį J5Bu15 (283 ppm).
5. Vidutinės apkrovos režime trikomponenčiu degalų mišiniu J5Bu15 veikiantis variklis dūmino 24 % mažiau palyginus su dyzeliniais degalais. Pilnos apkrovos režime variklio deginių dūmingumas buvo sumažintas trigubai panaudojus trikomponentį degalų mišinį J5Bu15.

Literatūra

1. Vilutienė V., Labeckas G., Slavinskas S. Alternatyvių degalų panaudojimas dyzeliniame varyklyje. Journal of Management. 2013, Vol. 12, P.12.
2. McDonnell KP, Ward SM, McNulty PB, Howard-Hildige R. (2000). Results of Engine and Vehicle Testing of Semirefined Rapeseed Oil. Transactions of the ASAE, Vol. 43(6), p. 1309–1316.
3. H. Solmaz, H. Yamık, Y. İçingür , A. Calam Investigation of the effects of civil aviation fuel Jet A1 blends on diesel engine performance and emission characteristics, Indian Journal of Engineering & Materials Science Vol. 21, April 2014, pp. 200-206
4. Europos Komisija. Baltoji knyga. 2011. Bendros Europos transporto erdvės kūrimo planas. Konkurencingos efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos transporto sistemos kūrimas. Briuselis: 28–31
5. Labeckas G., Slavinskas S. (2006). The effect of rapeseed oil methyl ester on direct injection Diesel engine performance and exhaust emissions. Energy Conversion and Management, Vol. 47, Nr. 13–14, p. 1954–1967.
6. Labeckas, G., & Slavinskas, S. (2015). Combustion phenomenon, performance and emissions of a diesel engine with aviation turbine JP-8 fuel and rapeseed biodiesel blends. Energy Conversion and Management, 105, 216-229.
7. Labeckas, G., Slavinskas, S., & Mažeika, M. (2014). The effect of ethanol–diesel–biodiesel blends on combustion, performance and emissions of a direct injection diesel engine. Energy Conversion and Management, 79, 698-720.

INFLUENCE OF THREE-COMPONENT FUEL CONSISTING ON DIESEL ENGINE PERFORMANCE AND COMBUSTION EMISSIONS

Summary

The aim of this article was to investigate the influence of three-component fuel on the efficiency and emission performance of a diesel engine. The results obtained during the research are presented, which are investigated with a single-cylinder diesel engine "ORUVA F1L511". The study examines diesel fuel and fuel blends J5Bu5, J5Bu10 and J5Bu15. The results obtained in the study are comparable. Engine load characteristics were recorded at n = 2000 rpm. The study found that the lowest carbon monoxide (CO) emissions (163ppm) were obtained by using J5Bu5 fuel blend. Maximum nitrogen oxide (NOx) emissions were obtained with the engine running on diesel fuel (1839ppm). The lowest NOx emission was obtained with the engine running on a three-component J5Bu15 fuel blend (1643ppm). The highest opacity was obtained when the engine was fuelled with 100% diesel fuel and at full load.

Key words: diesel engine, three-component fuel, aviation fuel, butanol, biodiesel

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Tomas Mickevičius
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.
Darbo vietą ir pozicija: Kauno technikos kolegija, docentas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto inžinerija, transporto inžinerija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 65255737, tomas.mickevicius@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Audrius Žunda.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.
Darbo vietą ir pozicija: Kauno technikos kolegija, docentas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto inžinerija, transporto inžinerija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 65255737, audrius.zunda@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Tomas Mickevicius
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

Author name, surname: Audrius Zunda
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, audrius.zunda@edu.ktk.lt

METALS RESEARCH AND TEST METHODS

Mantas Anužis, Vilma Vaičiakauskienė, Raimonda Sudžiūvienė
Klaipeda State University of Applied Sciences

Summary

In the article was performed Lithuanian and foreign literature review about metal analysis and test methods of metals.Metal hardness methods in diferent ways are considered. Hardness is a characteristic of a material, not a fundamental physical property. It is defined as the resistance to indentation, and it is determined by measuring the permanent depth of the indentation.

It consists of an introduction, theoretical part, research part, conclusions, references (5 entries).

Key words: Metal, hardness, test method, materials.

Introduction

Difrenets methods are used for research and testing of materials. They determine the parameters of the material structure (submicrostructure, microstructure, mesostructure, macrostructure), state parameters (density, porosity, voids, dispersity), material composition (chemical, mineral, phase), processes taking place in the material (solidification, structure formation, energy transfer, energy transformations, mass changes), physical properties (exposure to moisture, heat, gas and water vapor, high temperature, fire, sound waves, electricity, radiation), chemical properties (chemical activity, chemical resistance), mechanical properties (strength, impact resistance, deformations, hardness, abrasion, wear, fatigue), complex properties (corrosion, aging, durability), defects (internal structures, inclusions, external).

The classification of test and control methods is given in Figure 1.

Methods for testing the mechanical properties of materials and methods for testing the structure of materials are the most commonly used for metal testing. All materials are tested according to the methodology specified in the standards (Naujokaitis, 2005).

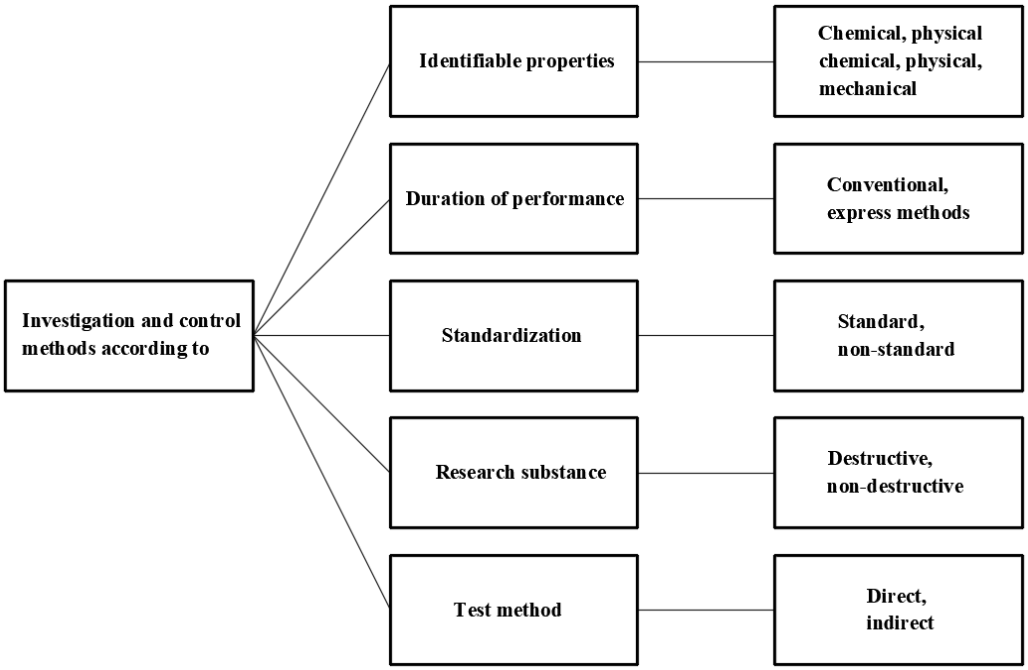


Figure 1. Classification of test and control methods
Source: created by authors

Investigation methods of metal mechanical properties

When testing the mechanical properties of materials, samples of a certain shape are made from the test material, which are loaded and deformed in a test machine, usually before failure.

The following material properties are investigated using the methods of testing the mechanical materials properties: strength, impact resistance, resistance to deformations, hardness, wear, fatigue.

Strength is the material property subjected external loads, resist deformation or disintegration.

The strength of the metal is usually tested in tensile and compressive tests. Using this method, the specimen is deformed at a low constant rate.

Hardness is the material property to resist the penetration of a harder material. The hardness of a metal is usually determined by pressing a certain size of the nozzle - an indicator - and measuring the area or depth of the embossing. Hardness best describes the resistance of a material to local deformation, allows to judge its resistance to abrasion, and is also related to the strength and plasticity of the material (Naujokaitis, 2005).

The following methods can be used to determine the hardness of metals:

1) Brinell method;
2) Rockwell method;
3) Vickers method;
4) Knoop method.

Brinell method

The Brinell hardness test method as used to determine Brinell hardness, is defined in ASTM E10. Most commonly it is used to test materials that have a structure that is too coarse or that have a surface that is too rough to be tested using another test method, e.g., castings and forgings. Brinell testing often use a very high test load (3000 kgf) and a 10mm diameter indenter so that the resulting indentation averages out most surface and sub-surface inconsistencies.

The Brinell method applies a predetermined test load (F) to a carbide ball of fixed diameter (D) which is held for a predetermined time period and then removed. The resulting impression is measured with a specially designed Brinell microscope or optical system across at least two diameters – usually at right angles to each other and these results are averaged (d). Although the calculation below can be used to generate the Brinell number, most often a chart is then used to convert the averaged diameter measurement to a Brinell hardness number.

Common test forces range from 500kgf often used for non-ferrous materials to 3000kgf usually used for steels and cast iron. There are other Brinell scales with load as low as 1kgf and 1mm diameter indenters but these are infrequently used.

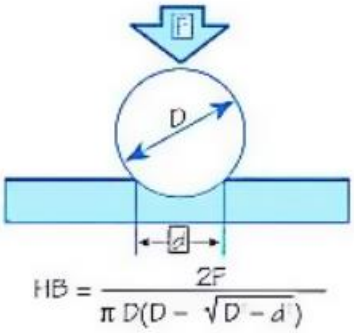


Figure 2. Brinell test method mllustration

Source: The Brinell test method (2020) Access through internet: <https://www.hardnesstesters.com/test-types/brinell-hardness-testing>

Here: D = Ball diameter; d = impression diameter; F = load; HB = Brinell result.

Typically the greatest source of error in Brinell testing is the measurement of the indentation. Due to disparities in operators making the measurements, the results will vary even under perfect conditions. Less than perfect conditions can cause the variation to increase greatly. Frequently the test surface is prepared with a grinder to remove surface conditions.

The jagged edge makes interpretation of the indentation difficult. Furthermore, when operators know the specifications limits for rejects, they may often be influenced to see the measurements in a way that increases the percentage of “good” tests and less re-testing.

Rockwell method

Hardness is a characteristic of a material, not a fundamental physical property. It is defined as the resistance to indentation, and it is determined by measuring the permanent depth of the indentation. More simply put, when using a fixed force (load) and a given indenter, the smaller the indentation, the harder the material.

The Rockwell test is generally easier to perform, and more accurate than other types of hardness testing methods. The Rockwell test method is used on all metals, except in condition where the test metal structure or surface conditions would introduce too much variations; where the indentations would be too large for the application; or where the sample size or sample shape prohibits its use.

The Rockwell method measures the permanent depth of indentation produced by a force/load on an indenter. First, a preliminary test force (commonly referred to as preload or minor load) is applied to a sample using a diamond or ball indenter. This preload breaks through the surface to reduce the effects of surface finish. After holding the preliminary test force for a specified dwell time, the baseline depth of indentation is measured.

After the preload, an additional load, call the major load, is added to reach the total required test load. This force is held for a predetermined amount of time (dwell time) to allow for elastic recovery. This major load is then released, returning to the preliminary load. After holding the preliminary test force for a specified dwell time, the final depth of indentation is measured. The Rockwell hardness value is derived from the difference in the baseline and final depth measurements. This distance is converted to a hardness number. The preliminary test force is removed and the indenter is removed from the test specimen.

Preliminary test loads (preloads) range from 3 kgf (used in the "Superficial" Rockwell scale) to 10 kgf (used in the "Regular" Rockwell scale). Total test forces range from 15kgf to 150 kgf (superficial and regular) to 500 to 3000 kgf (macrohardness).

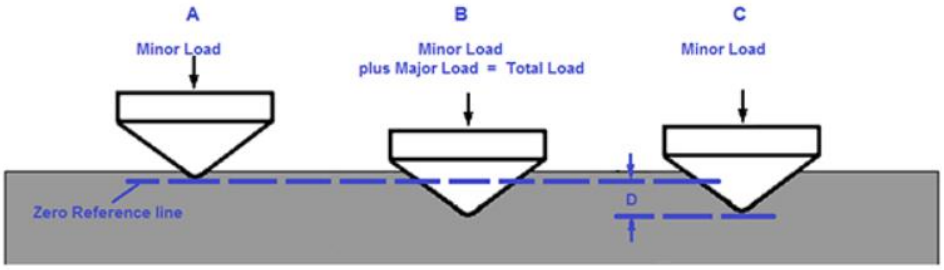


Figure 3. Rockwell test method illustration
Source: The Brinell test method (2020) Access through internet: < https://www.hardnesstesters.com/test-types/rockwell-hardness-testing>

Here: A = Depth reached by indenter after application of preload (minor load).

B = Position of indenter during Total load, Minor plus Major loads.

C = Final position reached by indenter after elastic recovery of sample material.

D = Distance measurement taken representing difference between preload and major load position. This distance is used to calculate the Rockwell Hardness Number.

Hardness is expressed as follows (Naujokaitis, 2005):

$$\text{HRC (HRA)} = 100 - \frac{h - h_0}{0{,}002}$$

Here: HRC (HRA) - Rockwell hardness; h_0 is the indentation depth at an initial load of 10 kgf; h is the indentation depth at the main load.

Vickers method

The Vickers method is applied to thin-walled products to determine microhardness. When determining the hardness of the metal by the Vickers method a quadrilateral pyramid with an apex angle between the opposite planes of 136 ° is embossed in it. Vickers hardness is calculated from the load and the embossed surface area. Vickers hardness is denoted by the letters HV (Naujokaitis, 2005).

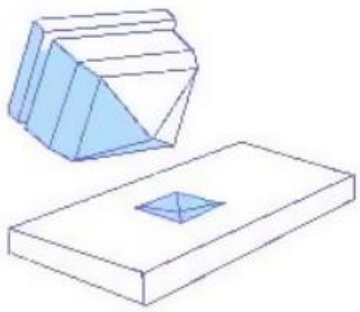


Figure 4. Vickers test method illustration
Source: Opposing indenter faces are set at a 136 degree angle from one another. (2020) Access through internet: < https://www.hardnesstesters.com/test-types/vickers-hardness-testing>

There is no direct dependence between the hardness values determined by different methods (Naujokaitis, 2005).

Wear is the reduction in mass and volume of a material under the action of frictional loads. The harder the material, the lower its wear. The wear of materials is determined by test machines: grinding wheel, sandblasting machine, etc. Wear is expressed as the ratio of the weight loss of the sample to the area of the test sample (Naujokaitis, 2005):

$$D_m = \frac{m - m_1}{A}$$

Here: m is the mass of the sample before the test, kg;

m_1 is the mass of the sample after the test, kg; A - surface area of the abrasive material.

Wear and tear is the decomposition of a material under the action of friction and impact loads. The wear of the materials is determined by test machines: rotating drums, partially filled with steel or cast iron balls). Depreciation rate is defined as relative loss, percentage (Naujokaitis, 2005):

$$R_n = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m_1}$$

Here: m_1 is the mass of the sample before the test; m_2 is the mass of the sample after the test.

Fragility - the property of a material to break down suddenly without significant plastic deformations. The peculiarity of brittle materials is that their tensile strength is significantly lower than the compressive strength, they have poor impact resistance (Naujokaitis, 2005).

Impact toughness is the property of a material to resist fracture under an impact-dynamic load. Fracture can be continuous, which is characterized by plastic deformations that slow down the decomposition, and brittle, which occurs suddenly, without plastic deformations. Degradation of the same material under various conditions can be both sustained and brittle. The tendency of a material to brittle fracture is determined by the characteristic impact resistance (Naujokaitis, 2005).

The numerical values of impact toughness are determined by impact pendulum bending tests. The specimens are 10x10x55 mm in size with a certain incision. The numerical value of the impact resistance is calculated according to the formula (Naujokaitis, 2005):

$$\mathrm{KC} = K/C$$

Here: K - work used for dismantling, J; A - the unit of cross-section of the sample at the notch, m^2.

$$\mathrm{K} = F(H - h)$$

Here: F - the gravity of the beater; H - lifting height of the force; h - the height to which the striker rose after breaking the sample.

Numerical values of impact toughness are not included in the product strength calculations, but show the comparative reliability of these products: of the two parts of equal strength, the one with the higher toughness will perform better (Naujokaitis, 2005).

Knoop method

A pyramid shaped diamond is used for testing in the Knoop scale. This indenter differs from the pyramid indenter used on a Vickers test. The Knoop indenter is more elongated or rectangular in shape. The Knoop method is commonly used when indentations are closely spaced or very near the edge of the sample.

A pyramid shaped diamond is used for testing in the Knoop scale. This indenter differs from the pyramid indenter used on a Vickers test. The Knoop indenter is more elongated or rectangular in shape. The Knoop method is commonly used when indentations are closely spaced or very near the edge of the sample.

The width of the Knoop indentation can provide more resolution for measurement and the indentation is also less deep. Consequently, it can be used on very thin materials.

In a Knoop test, a predetermined test force is applied with a pyramid-shaped diamond indenter for a specified dwell time period. The indenter used on a Knoop test is pyramid-shaped but more elongated than the indenter used on a Vickers test. After this dwell period, the force is removed.

Unlike the Vickers test where the indentation length on the vertical and horizontal axes are measured and averaged, the Knoop method only uses the long axis. This measurement is then converted to a Knoop hardness number using a chart.

Since the test indentation is very small in a Knoop test, it is useful for a variety of applications: testing very thin materials like foils or measuring the surface of a part, small parts or small areas, measuring individual microstructures, or measuring the depth of case hardening by sectioning a part and making a series of indentations to describe a profile of the change in hardness.

Sectioning is usually necessary with a microhardness test in order to provide a small enough specimen that can fit into the tester. Additionally, the sample preparation will need to make the specimen's surface smooth to permit a regular indentation shape and good measurement, and to ensure the sample can be held perpendicular to the indenter.

Often the prepared samples are mounted in a plastic medium to facilitate the preparation and testing. The indentations should be as large as possible to maximize the measurement resolution. (Error is magnified as indentation sizes decrease) The test procedure is subject to problems of operator influence on the test results.

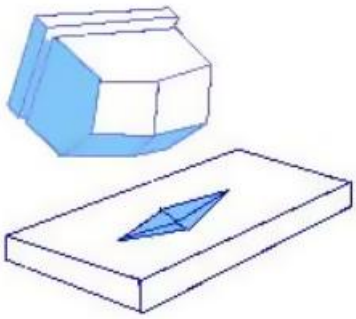


Figure 4. Knoop test method illustration

Source: The long side faces are set at 172 degree, 30 minute angle to one another. Short side faces are set at a 130 degree angle one another.. (2020) Access through internet: <https://www.hardnesstesters.com/test-types/knoop-hardness-testing>

Methods of metal structure research

Microscopic research methods and spectral analyzes methods are most often used to study the structure of metals methods and radiation research methods.

Microscopic research methods

The method of optical microscopy is most commonly used to study crystal shapes and sizes,

crystal growth and their defects, phase transformations of materials, recognition of minerals (Naujokaitis,

2005). Microscopic analysis is also used to study the degradation processes of structural materials (for crack identification) (Elzbut, 2007).

Objects up to 0.2 μm in size can be observed with an optical microscope (Elzbutas, 2007).

According to the properties of the studied materials, specially designed microscopes are selected

microscopy methods (Naujokaitis, 2005).

The light field method is used to study the part of the objects that absorb part of the rays falling on them reflects and scatter part. The field of light is created by those who do not enter the object under study and propagate near it rays. This method investigates opaque objects (metals, their ores, etc.). Can be explored and transparent objects, but they must have light-absorbing elements (mineral, metal alloy grinders, etc.).

The phase contrast method investigates objects that change the phase of the wave propagating through it. The changes are usually recorded on a photographic plate. A phase contrast of the subject is formed object structure view. This method examines transparent colorless objects with particles unequal optical density. The contrast of the structure of the test object can be increased by using special microscope accessories: objective, capacitor.

The interference method examines objects by dividing each light beam into two one spreads through the object and the other goes near it. The first beam lags behind the second - the course of the rays the difference determines the optical properties of the test object. When both rays meet in the eyepiece, they interferes. Using this method, the dry mass of the test object can be calculated, its concentration, object thickness, refractive index. This method examines transparent colorless objects (thin polymer layers).

Polarizing method of test items observed in polarized light. The method exploration of minerals and metal alloys.

Fluorescent method investigated ultraviolet or blue light rays affect the objects themselves fluoresce, or glow when they absorb the paint. This method is mainly investigated transparent objects with different elements absorb ultraviolet rays, which illuminated test item.

Infrared method examines objects that are illuminated by infrared rays. The image of the test object is only visible photographed or electronic device transferred to the screen. This method is investigated opaque objects (minerals, crystals, glasses).

Microscopy is possible to analyze objects structure, physical properties of minerals, metals, crystals, rock chemical composition of materials (Naujokaitis, 2005).

Metal structure, particle shape, size, number of phases and arrangement featured a very increase (Naujokaitis, 2005).

Microscopy can be used to examine the structure, physical properties, minerals, metals, crystals,

composition of rocks and chemicals (Naujokaitis, 2005).

Metal structure, particle shape, size, number of phases and arrangement featured a very increase (Naujokaitis, 2005).

Electron microscope can track up at 2 - 5 nm sized objects.

Electron microscopes according to the principle of operation is divided into: emission, would reflect, raster, mirror, shadow (Elzbutas, 2007).

Very thin objects are examined under *a translucent electron microscope*, the microscope electronic circuitry is analogous to an optical microscope optical scheme, the difference is that Instead of the electronic microscope and the optical lens used in electronic contact lens. The resolution of the translucent electron microscope is about 2 nm.

Emisiniame electronic microscope image of the object restores the object to emit electrons. Emission electron microscope resolution is about 10 nm. It is proportional to emitting the electron energy and inversely proportional to the cathode electric field strength.

Reflective electron microscope the image of an object is reproduced by reflected electrons. The resolution of a reflecting electron microscope depends on the angle of reflection of the electrons: if electron reflection angle ~ 90 °, the resolution will be low, if much higher - the resolution will be high - about 10 nm.

Raster electronic microscope image of an object using an electronic probe (diluted many times the electron source, an image), which transition surface under investigation. The resolution of a raster electron microscope is about 10 - 20 nm. It depends on the probe diameter and thickness of the test object.

Mirror investigated by electron microscopy of large surface of an object. Object image would reflect received electrons are directed to a screen. Resolution of a mirror electron microscope capacity is about 100 nm. It is proportional to the voltage of the stopping field at the object surface.

Shadow electron microscope investigated thin objects. An image of the object is received by illuminating the surface of the object with an electronic probe. Bumps are shaded on the screen. The resolution of the shadow electron microscope is determined by the diameter of the probe and the electron diffraction.

Transilluminated and raster electron microscopes are most commonly used for research.

Using a scanning electron microscope to detect the first steel decay of clusters, the size of several microns, creep pores and microcracks grain boundaries. Using a transilluminated electron microscope can be seen steel individual pores and grain shape, size distribution and the nature of the investigation of the microstructure degradation commencement, development and end.

Spectral analysis methods

X-rays are transverse waves of an electromagnetic nature. The length of these waves. X-rays can be conditionally divided into solids with waves length and soft wavelengths (Elzbutas, 2007).

X-ray methods essence: according to reflection diffraction image of the test substance determined structural characteristics. X-ray diffraction of the crystal lattice caused by molecules, atoms.

Goat spectroscopy is an electronic spectroscopy that examines the energy levels of excited atoms.

The method of arousal is divided into:

- electronic - excited by an electron beam,
- photoelectronic - excited by photons (usually in the UV range),
- ionic - excited by ion beams.

Goat electron spectroscopy can be used to study the surface, chemical composition of materials differences, surface distribution of elements and information on their chemical state. Using this method makes it possible to determine very small quantities of elements and to examine untreated andsufficiently rough surface.

X-ray microscopy is a set of methods used to examine the microscopic structure of an object using X-rays and using an X-ray microscope.

This method is used in the production of metals, as well as in the study of thin coatings and finishing of small parts quality, internal structure of objects and crystal defects (Naujokaitis, 2005).

X-ray analysis methods studied (Elzbutas, 2007):

- qualitative, quantitative, mineral and phase composition of the substance (X-ray analysis);
- crystalline material unit cell shape, size, type of symmetry as well as the geometric dimensions (rengenostruktūrinė analysis);
- crystal defects;
- internal defects and inclusions (X-ray defectoscopy);
- materials, texture, dispersion particle size and orientation, etc.

The most important methods of X-ray structural analysis for the study of single crystals are:

(crystal irradiated with monochromatic X - rays) and X - ray (diffraction the image in the photographic film is recorded by a goniometer and the blackening of the diffraction spots is measured microphotometer).

The Debay and Sherer method is used to study polycrystals. The sample, in this case, is in the form of a cylindrical column and compressed from the powder of the test substance.

X-ray spectral analysis - study of the electronic structure of a substance by emission, absorption or photoelectron X-ray spectra and their intensity, which depends on the inhibitors particle energy.

X-ray spectra according to the excitation method can be (Naujokaitis, 2005):

- braking - spectra are continuous and are formed by braking fast electrical particles in the material;
- characteristic - spectra are linear and are formed when an atom of matter collides with a high-energy electric particle or a quantum of primary X-rays and an electron leaks from one of the inner layers (K, L, M, N, O, P) of the excitation atom.

X-ray spectral analysis can determine the elemental composition of a substance, chemical bonds, and the internal energy levels of an atom.

Radiation testing methods are used to study the internal structure of materials. Radiation of α, β, γ particles, neutron and proton flux can be used for research. The least penetrating are α-rays, slightly more penetrating are β-rays, the most penetrating are γ-rays, which are of the same nature as X-rays. The fluxes of neutrons, protons, and α and β particles are characterized by particle radiation. The latter particles (α and β) excite ionization in the gaseous environment, therefore their fluxes are used to study substances by the method of gas analysis (Elzbutas, 2007).

Conclusions

1) After all metal hardness testing methods overview we can conclude that all methods are almost equally provide information on the hardness of metals.

2) Brinell and Vickers tests, the Rockwell test requires no material prep, and hardness value is easily readable without any extra equipment, making this one of the most commonly used methods of measuring metal hardness.

3) The unit of hardness given by the test is known as the Vickers Pyramid Number (HV) or Diamond Pyramid Hardness (DPH). The hardness number can be converted into units of pascals, but should not be confused with pressure, which uses the same units.

4) Hardness is the property of a material that enables it to resist plastic deformation, penetration, indentation, and scratching. Therefore, hardness is important from an engineering standpoint because resistance to wear by either friction or erosion by steam, oil, and water generally increases with hardness.

References

1. Elzbutas H. Statybinių medţiagų savybių ir struktūros ypatybių tyrimo metodai: mokomoji knyga. – Kaunas: Vitae Litera, 2007. – 148 p.
2. LST CR 10320:2006. Maţai legiruotų plienų optinė emisinė analizė (įprastinis metodas). C, Si, S, P, Mn, Cr, Ni ir Cu nustatymo metodas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2006.
3. LST EN 444:1998. Neardomieji bandymai. Metalinių medţiagų radiografinio tyrimo rentgeno ir gama spinduliuote bendrieji reikalavimai. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 1998.
4. LST EN ISO 6507-1:2006. Metalai. Vikerso kietumo bandymas. 1 dalis. Bandymo metodas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2006.
5. Naujokaitis A. Medţiagų mokslas: mokomoji knyga. – Vilnius: Technika, 2005. – 264 p.
6. Hardnesstesters - Rockwell Hardness Testing. https://www.hardnesstesters.com/test-types/rockwell-hardness-testing/ (1 May 2020).
7. Hardnesstesters - Brinell Hardness Testing. https://www.hardnesstesters.com/test-types/brinell-hardness-testing/ (1 May 2020).
8. Hardnesstesters - Vickers Hardness Testing. https://www.hardnesstesters.com/test-types/vickers-hardness-testing/ (1 May 2020).
9. Hardnesstesters - Knoop Hardness Testing. https://www.hardnesstesters.com/test-types/knoop-hardness-testing/ (1 May 2020).
10. ISO 6507-1: Metallic materials – Vickers hardness test – Part 1: Test method.

METALŲ TYRIMAI IR BANDYMŲ METODAI

SANTRAUKA

Straipsnyje atlikta Lietuvos ir užsienio literatūros apžvalga apie metalų analizę ir metalų bandymo metodus. Nagrinėjami metalo kietumo metodai skirtingais būdais. Kietumas yra medžiagos savybė, o ne pagrindinė fizinė savybė. Jis apibrėžiamas kaip atsparumas įbrėžimams ir nustatomas išmatuojant nuolatinį įbrėžimo gylį.

Staripsnį sudaro įvadas, teorinė dalis, tiriamoji dalis, išvados, literatūros sąrašas (5 įrašai).

Reikšminiai žodžiai: metalas, kietumas, bandymo metodas, medžiagos.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Mantas Anužis.
Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius.
Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Aplinkos ir statybos inžinerijos katedros lektorius.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybinės medžiagos, pramoninių pastatų konstrukcijos.
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 611 67738, m.anuzis@kvk.lt.

Autoriaus vardas, pavardė: Vilma Vaicekauskienė.
Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė, lektorė.
Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Aplinkos ir statybos inžinerijos katedros lektorė.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybinės medžiagos, pramoninių pastatų konstrukcijos.
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 698 36588, v.vaicekauskienė@kvk.lt.

Autoriaus vardas, pavardė: Raimonda Sūdžiuvienė.
Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė, lektorė.
Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Aplinkos ir statybos inžinerijos katedros lektorė.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybinė fizika, fizika.
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 46 38033, r.sudziuviene@kvk.lt.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Mantas Anužis.
Science degree and name: master, lecturer.
Workplace and position: Klaipeda State University of Applied Sciences, Faculty of Technologies, Department of Environmental and Construction Engineering, lecturer.
Author's research interests: building materials, constructions of industrial buildings.
Telephone and e-mail address: +370 611 67738, m.anuzis@kvk.lt.

Author name, surname: Vilma Vaicekauskienė.
Science degree and name: master, lecturer.
Workplace and position: Klaipeda State University of Applied Sciences, Faculty of Technologies, Department of Environmental and Construction Engineering, lecturer.
Author's research interests: building materials, constructions of industrial buildings.
Telephone and e-mail address: +370 698 36588, v.vaicekauskiene@kvk.lt.

Author name, surname: Raimonda Sūdžiuvienė.
Science degree and name: master, lecturer.
Workplace and position: Klaipeda State University of Applied Sciences, Faculty of Technologies, Department of Environmental and Construction Engineering, lecturer.
Author's research interests: construction physics, physics.
Telephone and e-mail address: +370 46 38033, r.sudziuviene@kvk.lt.

SIJOS ĮLINKIŲ NUSTATYMAS GRAFOANALITINIU, ANALITINIU IR KOMPIUTERINIU METODAIS

Jurijus Tretjakovas[1,2], Audrius Čereška[1,2]
[1]*Vilniaus Gedimino technikos universitetas,* [2]*Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija*

Anotacija

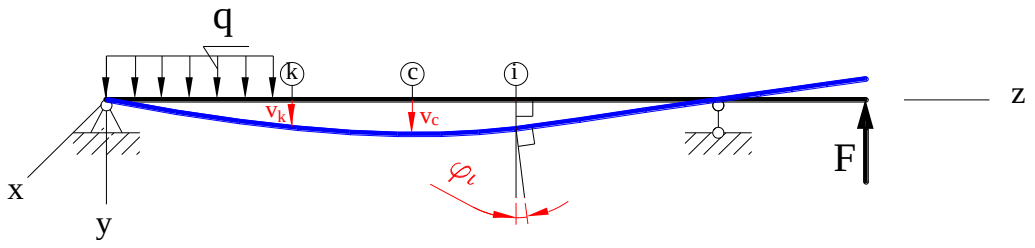
Gembinės ir dviatramės sijos, dviejuose guoliuose įtvirtinti lenkiami ir sukami strypai kurie vadinami velenais yra dažniausiai mechanikos inžinerijose pasitaikantys elementai. Tokių elementų skaičiuojamoji analizė dažnai atliekama remiantis ne tik stiprumo sąlyga, bet ir standumo reikalavimais. Sijų standumas aprašomas poslinkiais, kurie gali būti skaičiuojami pritaikant grafoanalitinį metodą, pasitelkiant žinynų formules arba modeliuojant kompiuteriniais metodais. Straipsnyje pateiktas šių būdų praktinis taikymas dviatramės sijos pavyzdžiu, aprašomi būdų trūkumai ir privalumai.

Reikšminiai žodžiai: sija, sijos įlinkis, sijos modelis, grafoanalitinis metodas, analitinis metodas, kompiuterinis metodas.

Įvadas

Sijos deformacijas reikia žinoti skaičiuojant sijų stiprumą ir standumą, bei skaičiuojant statiškai neišsprendžiamų lenkiamų sistemų uždavinius. Statiškai neišsprendžiamos konstrukcijos yra standesnės ir patikimesnės, tačiau jų sprendimo algoritmai sudėtingesni. Svarbu žinoti skaičiavimo metodų privalumus ir trūkumus bei galimybes juos taikyti skaičiuojant, statiškai išsprendžiamas ir statiškai neišsprendžiamas, lenkiamas sistemas [1, 2].

Nagrinėjant išlinkusią siją atsiranda skerspjūvio susikirtimo su neutraliuoju sluoksniu taškų poslinkiai – išilginės ašies taškai pasislenka statmenai ašiai (1 pav. ašies *y*) kryptimi, o skerspjūviai pasisuka apie neutraliąją liniją (1 pav. kampas φ_i). Statmenas ašiai taško pasislinkimas vadinamas įlinkiu, o skerspjūvio kampinis pasisukimas – deviacija [1,2,4]. Sijos įlinkiai (1 pav. įlinkiai v_c, v_k ir φ_i) nagrinėjami koordinačių *x y z* sistemoje.



1 pav. Dviatramės sijos poslinkiai: įlinkiai v_c ir v_k ir deviacija φ_i [3]

Šiame straipsnyje nagrinėjami sijų įlinkių skaičiavimo būdai [1,2,4,5]:

- grafoanalitinis metodas Moro integralui spręsti;
- tipinės žinynų formulės;
- skaičiuojamųjų programų (tame tarpe ir komercinių) taikymas;
- modeliavimas skaitiniais metodais (baigtinių elementų metodas, baigtinių skirtumų metodas ir kt.).

Pasirinkta tema aktuali kadangi gauti rezultatai padės optimaliai pasirinkti skaičiavimo metodą ir žinoti stipriąsias ir silpnąsias puses. Darbe pateikta metodų analizė bei jų privalumai ir trūkumai.

Darbo objektas – dviatramė sija su konsole bei sijos tarpatraminio viduriniojo skerspjūvio įlinkio skaičiavimo algoritmas.

Tyrimo tikslas – taikyti įvairias skaičiavimo metodologijas tampriai dviatramei sijai apkrautai kvazistatine apkrova.

Šiam tikslui pasiekti buvo iškelti tokie uždaviniai:

1. Sugeneruoti dviatramę stačiakampio skerspjūvio siją su konsole;
2. Skaičiuoti įlinkį naudojant grafoanalitinį (Vereščiagino) metodą;
3. Gauti įlinkio išraišką naudojant tipines formules ir superpozicijos principą;
4. Pritaikyti vieną iš skaičiuojamųjų programų ir/arba baigtinių elementų metodą.

Sijos poslinkių skaičiavimo metodų tyrimas publikuojamas dvejuose straipsniuose. Šis straipsnis yra antra tyrimo dalis, todėl sijos pradinės ir skaičiuojamosios schemos sudarytos bei apkrovų aprašymai pateikti analogiški, kaip darbe [3].

Tyrimo metodika. Dviatramės sijos poslinkių tyrimas atliekamas, grafoanalitiniu, analitiniu ir kompiuteriniu metodais [6].

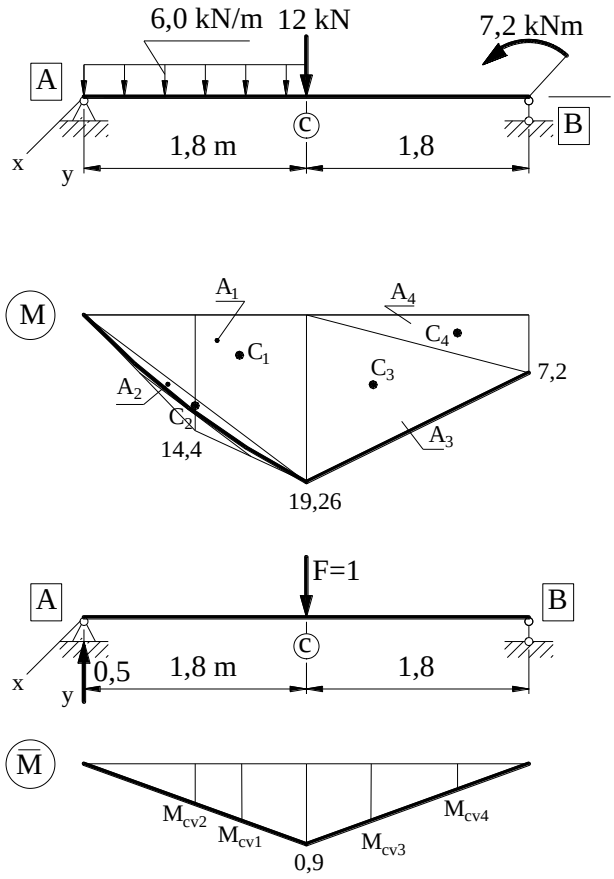
Įlinkio skaičiavimas grafoanalitiniu metodu

Darbe [3] minėta, kad Moro integralo trūkumas yra tai, kad pointegralines funkcijas reikia išreikšti analitiškai. Tai yra visiškai nepatogu, kai sija turi du ir daugiau ruožų. Todėl integravimas prastinamas sprendžiant Moro integralą, vadinamu grafoanalitiniu metodu.

Metodas pagrįstas tuo, kad Moro integralo ruože su tiesine vienetinio momento funkcija, integralas išreikštas:

$$\int_0^l \left(M \cdot \overline{M}_i\right) dz = A_k \cdot \overline{M}_{cvi} \qquad (1)$$

čia A_k - lenkimo momentų diagramos plotas; $\overline{M}_{cvi}$ - ordinatė vienetinėje diagramoje ties ploto svorio centru.



2 pav. Sijos, tikros ir vienetinės jėgos, lenkimo momentų diagramos

Metodo privalumas, kad bet kokio sudėtingumo tikrosios lenkimo momentų *M* diagramos ruožus galima suskaidyti į *n* elementariųjų (trikampių ir parabolių nuopjovų) elementus.

Įsitikinus, kad vienetinė momentų funkcija po elementariuoju plotu yra tiesinė, skaičiuojamas įlinkis taikant formulę:

$$v_i = \frac{1}{EI_x} \sum_{j=1}^{n} A_{kj} \cdot \overline{M}_{cvij} \qquad (2)$$

Taikant statikos pusiausvyros lygtis ir pjūvio metodą sudaroma sijos tikrųjų lenkimo momentų diagrama *M* ir vienetinio lenkimo momentų diagrama $\overline{M}$ (2 pav.).

Skaičiuojamas įlinkis:

$$v_c = \frac{1}{EI_x}\sum_{j=1}^{4} A_j \cdot \overline{M}_{cvi} = = \frac{1\cdot 10^3}{120\cdot 10^9 \cdot 17{,}28\cdot 10^{-6}}\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot 19{,}26\cdot 1{,}8\cdot\frac{2}{3}\cdot 0{,}9 + \frac{6{,}0\cdot 1{,}8^3}{12}\cdot\frac{1}{2}0{,}9 + \right.$$

$$\left.\frac{1}{2}\cdot 19{,}26\cdot 1{,}8\cdot\frac{2}{3}\cdot 0{,}9 + \frac{1}{2}\cdot 7{,}2\cdot 1{,}8\cdot\frac{1}{3}\cdot 0{,}9\right) = \frac{24{,}1\cdot 10^3}{120\cdot 10^9 \cdot 17{,}28\cdot 10^{-6}} = 11{,}62\cdot 10^{-3} m = 11{,}62 \quad mm \tag{3}$$

Įlinkio skaičiavimas tipinėmis formulėmis

Kai sijos deformavimasis vyksta fizinio ir geometrinio tiesiškumo ribose ir galioja superpozicijos principas, tuomet galima pritaikyti literatūroje [2,4,5] pateiktas formules poslinkiams skaičiuoti.

Gauta įlinkio išraiška:

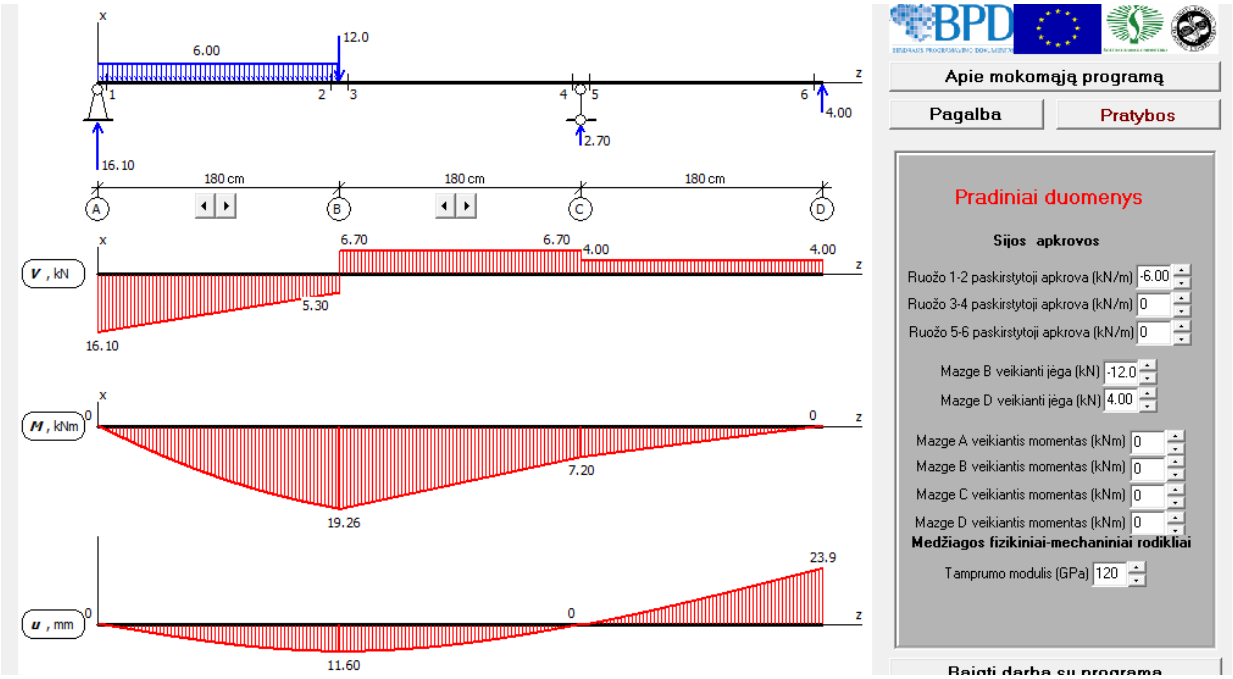
$$v_c = \frac{1\cdot 10^3}{120\cdot 10^9 \cdot 17{,}28\cdot 10^{-6}}\cdot\left(\frac{12\cdot 3{,}6^3}{48} + \frac{6{,}0\cdot 1{,}8^2\cdot\left(3\cdot 3{,}6^2 - 2\cdot 1{,}8^2\right)}{96} + \frac{7{,}2\cdot 3{,}6^2}{16}\right) =$$

$$= \frac{24{,}1\cdot 10^3}{120\cdot 10^9 \cdot 17{,}28\cdot 10^{-6}} = 11{,}62\cdot 10^{-3} m = 11{,}62 \quad mm \tag{4}$$

Tipinių formulių naudojimas iki dabar buvo greičiausias kelias įlinkiui nustatyti, tačiau esant sudėtingesnei išorinei apkrovai, metodo taikymas sudėtingas.

Įlinkio skaičiavimas skaičiuojamąja programa

Bet kokios skaičiuojamosios programos esmė yra konkrečios sijos geometrijos, skerspjūvio, medžiagos ir apkrovų apibūdinimas. Šiuo atveju naudojama skaičiuojamoji programa [4], kuri pateikta 3 pav.



3 pav. Sijos modeliavimas skaičiuojamąja programa

Šioje programoje atvaizduojamos sijos įrąžų diagramos (skersinės jėgos *V* ir lenkimo momentai *M*) ir įlinkių pasiskirstymo grafikas pavadintas raide *u*. Grafikas *u* yra žemiausias 3 pav. grafikas, pjūvio 2–3 įlinkis 11,60 mm.

Modeliavimas baigtinių elementų metodu

Baigtinių elementų metodu sudaromas modelis, kuris užrašomas matricinėmis algebrinėmis lygtimis.

$$[M]\{\ddot{U}\}+[C]\{\dot{U}\}+[K]\{U\}=\{F\} \tag{5}$$

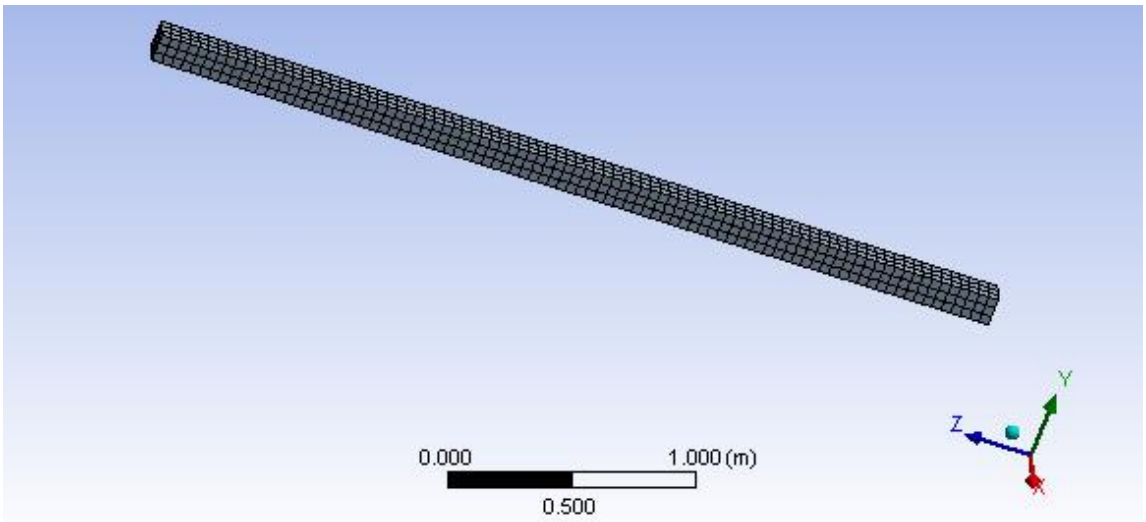
čia: $[M]$ - sijos konstrukcijos masių matrica; $[C]$ - konstrukcijos slopinimo matrica; $[K]$ - konstrukcijos standumo matrica; $\{U\}$ - konstrukcijos mazgų poslinkių vektorius; $\{F\}$ - sijos išorinių apkrovų vektorius.

Kadangi uždavinys kvazistatinis, vadinasi greičių $\{\dot{U}\}$ ir pagreičių $\{\ddot{U}\}$ vektoriai gali būti lygūs nuliui. Tuomet lygtis (5) užrašoma taip:

$$[K]\{U\}=\{F\} \tag{6}$$

Pastaroji lygtis vadinama statikos lygtimi, matriciniame forma. Ji sprendžiama taikant baigtinių elementų programą ANSYS [7].

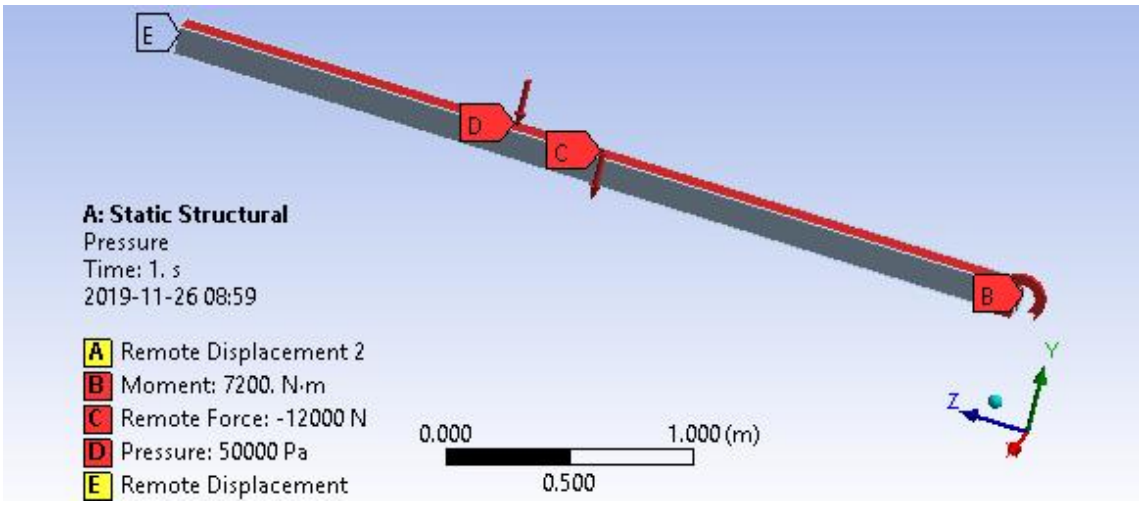
Modeliuojama sija su reguliaru tinklu, baigtinių elementų modelį sudaro 5024 mazgai ir 801 elementai (4 pav.)



4 pav. Sija padalinta baigtiniais elementais

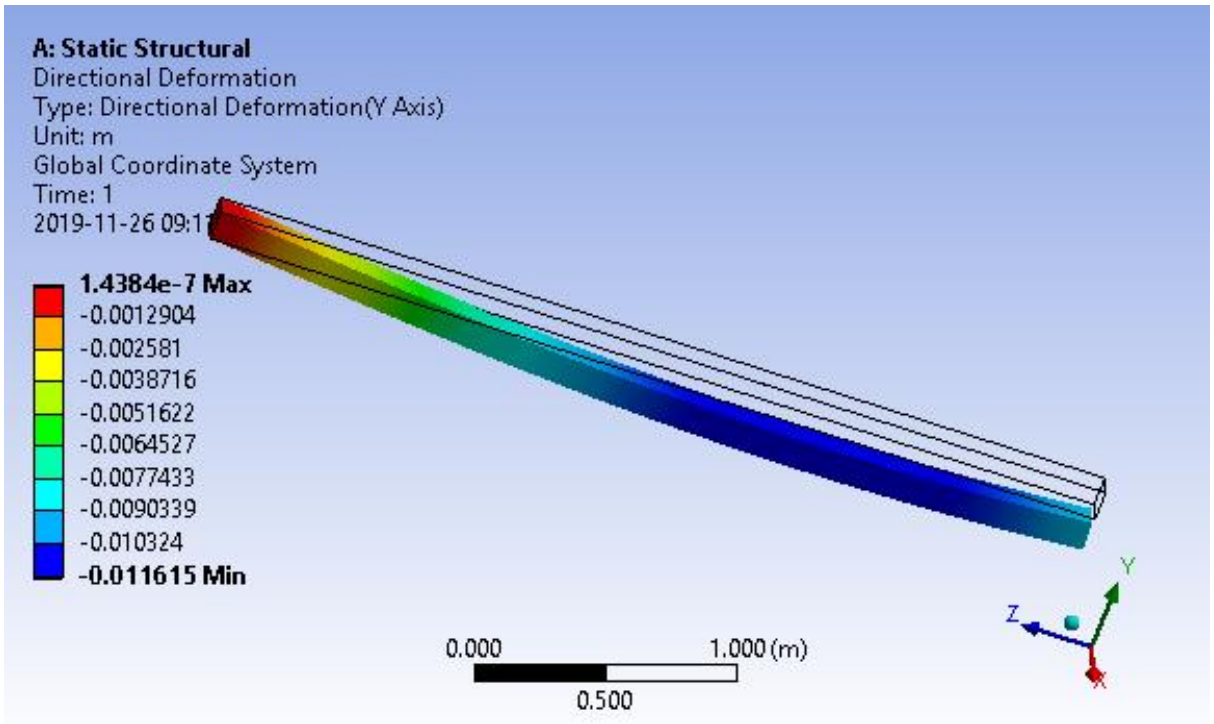
Baigtinių elementų modelio apkrovos ir kraštinės sąlygos parodytos 5 pav. Sijos linijinis tolygiai paskirstytas krūvis konvertuojamas į paviršinę apkrovą:

$$p=\frac{6}{0{,}12}=50\ \ {}^{kN}\!/_{m^2} \tag{7}$$



5 pav. Sijos apkrovos ir kraštinės sąlygos

Gautas sijos poslinkių pasiskirstymas po deformavimosi pavaizduotas 6 pav.



6 pav. Sijos poslinkių pasiskirstymas *y* ašies kryptimi

Gautas maksimalus poslinkis (11,615 mm) modeliuojant dviatramę siją baigtinių elementų metodu.

Rezultatai

Sijos įlinkių skaičiavimo skirtingais būdais rezultatai ir paklaidos pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė.

Sijos įlinkiai

Metodas	Įlinkis, mm	Paklaida, %
Grafoanalitinis	11,62	0
Tipinės formulės	11,62	0
Skaičiuojamoji programa	11,60	0,2
Modeliujant ANSYS	11,615	0,04

Gautų rezultatų paklaidos skaičiuojamos lyginant reikšmes su grafoanalitiniu metodu gautu rezultatu.

Apibendrinimai ir išvados

Atlikus dviatramės sijos su konsole tarpatraminio centrinio taško įlinkio skaičiavimo būdų apžvalgą daromos tokios išvados:

Skaičiuoti įlinkį grafoanalitiniu būdu galima, kai apkrova yra sudėtinga. Šiuo metodu galima skaičiuoti, bet kurio taško įlinkį, nes vienetinę jėgą galima pridėti prie bet kurio sijos pjūvio.

Tipines formules taikyti įmanoma tik pritaikius superpozicijos principą. Jei apkrova sudėtingesnė arba reikia ieškoti netarpatraminio centrinio pjūvio (t. y. bet kurio kito pjūvio) įlinkio, šio metodo taikyti negalima.

Naudojant skaičiuojamąsias kompiuterines programas galima modeliuoti, bet kokios geometrijos ir bet kaip apkrautą siją.

Gautų rezultatų analizė parodė, kad paklaidos 0,2% ir 0,04% (lyginant su grafoanalitinio metodo sprendiniu) inžineriniuose skaičiavimuose leidžiamos ir sprendiniui įtakos neturi.

Literatūra

1. Atkočiūnas, J., J. Nagevičius. Tamprumo teorijos pagrindai. Vilnius: Technika, 2004.
2. Čižas A. Medžiagų atsparumas. Konstrukcijų elementų mechanika. Vilnius: Technika, 1993.
3. Hibbeler R.C. Mechanics of Materials. Prentice Hall, 2011.

4. Vislavičius, K. ir kt. Medžiagų atsparumo elektroninis vadovėlis. Vilnius, 2008.
5. Tretjakovas, J., Čereška, A. Sijos įlinkių nustatymas integravimo ir Moro metodais. Inžinerinės ir edukacinės technologijos ISSN 2029-9303, 2019, Nr. 2, 81-86 p.
6. Zienkiewicz, O.C., Taylor R.L. The Finite Element Method. The Basis. Vol. 1. Fifth edition, Butterworth Heinemann, Oxford, 2000.
7. Moaveni, S. Finite Element Analysis. Theory and Applications with ANSYS, 3/E. -New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River, 2014.

EVALUATION OF THE BEAM DEFLECTION USING GRAPHANANALYTICAL, ANALYTICAL AND COMPUTER METHODS

Summary

Boom and two-support beams, bending and rotating rods mounted in two bearings which are called shafts are the most common elements in mechanical engineering. Computational analysis of such elements is often performed based not only on the strength condition but also on the stiffness requirements. The stiffness of the beams is described by the displacements that can be calculated using a graph analytical method, using reference formulas, or modeling by computer methods. The article shows the practical application of these methods on the example of a two-support beam, describes the disadvantages and advantages of the methods.

Key words: beam, beam deflection, beam model, graphoanalytical method, analytical method, computer method.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jurijus Tretjakovas
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas
Darbo vietą ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Statybos fakulteto, Taikomosios mechanikos katedros docentas
Autoriaus mokslinių interesų sritys: baigtinių elementų metodas, irimo mechanika
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 686 21859, jurijus.tretjakovas@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Audrius, Čereška
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, profesorius
Darbo vietą ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto, Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros profesorius
Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaninių statinių ir dinaminių sistemų diagnostika ir monitoringas
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 606 90514, audrius.cereska@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Jurijus Tretjakovas
Science degree and name: doctor, associate professor
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering Faculty, Applied Mechanics Department associate professor
Author‘s research interests: finits elements method, fracture mechanic
Telephone and e-mail address: +370 686 21859, jurijus.tretjakovas@vgtu.lt

Author name, surname: Audrius, Čereška
Science degree and name: doctor, professor
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanics Faculty, Mechanical and material engineering department professor
Author‘s research interests: diagnostics and monitoring of static and dynamic mechanical systems
Telephone and e-mail address: +370 606 90514, audrius.cereska@vgtu.lt

GAMYBOS EFEKTYVUMO NUSTATYMAS

Loreta Valatkienė[1], Donata Putnaitė[1], Andrius Kozlovas[2]
[1]*Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra;*
[2]*Kauno technikos kolegija*

Anotacija

Straipsnyje nagrinėjama gamybos efektyvumo nustatymo ir vertinimo prielaidos gamybos įmonėsė. Sistemiškai analizuojama apribojimų teorijos (TOC – *Theory of Constraints*) taikymas gamyboje, siekiant efektyvesnės gamybos, pateikiama LEAN irankių diegimo gamybinėje įmonėje svarba, atkreipiamas dėmesys į gamybinės veiklos matavimą, naudojant pagrindinius valdymo rodiklius (KPI – *Key Perfomance Indicators*). Teorinėje straipsnio dalyje yra analizuojama Apribojimų teorijos (TOC) atsiradimo istorija, atskleidžiami rodikliai, kurie yra būtini bet kurios organizacijos ekonominiams rodikliams nustatyti. Taip pat pateikiami pagrindiniai LEAN principai. Apžvelgiama subalansuotų rodiklių sistema bei esminių veiklos rodiklių paskirtis. Straipsnio tiriamojoje dalyje pateikiamas tyrimo aprašymas apie LEAN įrankių naudingumą įmonės veikloje. Straispnyje yra keliamas probleminis klausimas – kam yra reikalingas gamybos efektyvumas ir kaip jį apskaičiuoti bei nustatyti.

Reikšminiai žodžiai. Efektyvumas, veikos efektyvumo vertinimas, apribojimų teorija, esminiai valdymo rodikliai.

Įvadas

Kiekvieną kartą, kai matau sėkmingą verslą, žinau - kažkas priėmė drąsų sprendimą. Kiekvienais metais Lietuvoje daugėja gamybinių įmonių, kurios įkuriamos tiek lietuviško, tiek ir užsienio šalių kapitalo pagalba. Taip pat didėja produkcijos (prekių) eksportas globaliu mastu. Tai reiškia, kad daug produkcijos, kuri pagaminama Lietuvoje, parduodama įvairiose šalyse.

Beje konkurencija gamybos srityje - baldų pramonėje, metalo, medienos apdirbime, yra didelė, todėl norint išsilaikyti ir tapti lyderiu savo gamybos srityje reikia pokyčių. Šiuolaikinė ekonomikos teorija ir pasaulio ekonomikos praktika šalių ekonomikos funkcionavimo rezultatus vertina dviem būdais: ekonomikos augimu ir socialinės produkcijos efektyvumu. Šios sąvokos yra artimos ir susijusios viena su kita, tačiau vis dėlto nėra tapačios. Ekonominis augimas yra nacionalinės ekonomikos plėtra tam tikru laikotarpiu, kuris matuojamas absoliučiuoju bendrojo vidaus produkto (BVP) ir bendrųjų nacionalinių pajamų (BNP) padidėjimu arba šių rodiklių augimo tempu vienam gyventojui.

Laikotarpiu kai Lietuva priklausė Tarybų Socialistinių Respublikų Sąjungai (TSRS), vyravo planinė ekonomika su penkmetiniais planais ir visos gamybinės įmonės buvo orientuotos į penkmetinius planus ir siekė jų įgyvendinimo. Tuomet gamybos įmonėse taip pat buvo kalbama apie gamybos efektyvumą, jo pamatavimą. Lietuvai atkūrus nepriklausomybę ir įstojus į Europos Sąjungą pastebėta, kad keičiasi ir įmonių elgsena gamybos efektyvinimo kontekste.

Temos aktualumas. Kiekviena pelno siekianti įmonė norėdama išlikti konkurencinga rinkoje, turi skirti didelį dėmesį savo finansinei būklei stebėti, analizuoti ir vertinti tiek retrospektyvoje tiek perspektyvoje. Įvairių rodiklių kompleksinė analizė gali padėti atrasti silpnąsias įmonės veiklos sritis, taip pat numatyti veiklos tobulinimo galimybes. Tik tinkamai priimti, iš anksto gerai apgalvoti sprendimai gali užtikrinti gamybos įmonių konkurencinį pranašumą. Bet kurioje įmonėje ar padalinyje visada galima atrasti bent vieną tokią kliūtį (apribojimą), kuris juntamai trikdo veiklą, blogina jos rezultatus (Simsit, Günay, Vayva, 2014: 932). Todėl Apribojimų teorija (TOC - *Theory of Constraints*) yra pritaikyta sprendžiant strategijos kūrimo, projektų valdymo, marketingo, finansų, kokybės valdymo, gamybos sinchronizavimo ir kitus įmonės valdymo aspektus. Kitaip tariant, nuolatinis žmonių ir organizacijų tobulėjimas turi tapti įprastiniu elgsenos būdu. Tačiau, dažniausiai būna taip, jog ilgą laiką nesikeičiančios organizacijos, patenka į savo pačios spąstus, sąlygojančius nuolat krintančius efektyvumo rodiklius (Jasinavičius, Karalienė, 2012: 718).

Problema. Straipsnio probleminis klausimas - kaip nustatyti (apskaičiuoti) gamybos efektyvumą?

T**ikslas** – apskaičiuoti gamybos padalinio efektyvumą.

Tikslui pasiekti keliami šie **uždaviniai**:

1) Išanalizuoti apribojimų teorijos taikymą gamyboje ir atskleisti jos naudą, siekiant efektyvesnės gamybos.
2) Išnagrinėti pagrindinius įmonės veiklos rodiklius KPI (Key Performance Indicators).
3) Apskaičiuoti gamybinio padalinio efektyvumą gamybos kontekste.

Naudojami metodai: literatūros lyginamoji analizė, apibendrinimo metodas, įmonės gamybinio padalinio dokumentų turinio analizė.

Straipsnio struktūra. Straipsnis yra sudarytas iš trijų dalių. Pirmoje darbo dalyje nagrinėjama apribojimų teorijos (TOC - Theory of Constraints) esmė, KPI nauda įmonei. Antroje dalyje analizuojama įmonės gamybos efektyvumo vertinimo nauda organizacijoje.Trečioje dalyje pateikiamos straipsnio metu gautos išvados.

Apribojimų teorijos (toc) taikymas gamyboje

Apribojimų teorija (TOC) – tai efektyvus veiklos valdymo sprendimas, kuris jau nuo 1975m. pateikia metodologiją ir patikrintus sprendimus sistemų ir organizacijų gerinimui. TOC pateikia koncepcinių ir praktines žinių bei „know-how“ sąvadus, apimančius visus verslo valdymo aspektus. Apribojimų teorija siūlo praktines logistinių sistemų, pardavimų, žmonių, marketingo ir gamybos valdymo programas, kurios jau daugelį metų užtikrintai, nuolat ir pastoviai veda įmones bei organizacijas į veržlųjį veiklos lygmenį, visame pasaulyje.

Šią teoriją sukūrė daktaras Eliyahu Goldratt, kuris paskyrė visą savo gyvenimą, ieškodamas procesų ir instrumentų išgryninimo, kurie leistų vadybininkams rasti teisingą kelią į nuolatinį procesų gerinimą POOGI (angl. *Process of OnGoing Improvement*). Jo išgrynintos metodologijos ir mąstymo procesai nutaikyti ne tik į vadybines sistemas, bet ir į kiekvieną, kuris nori pakeisti savo gyvenimą į geresnį, ir ypatingai į jaunimą, tuo tikslu, kad jame išugdyti mąstymo bei komunikavimo įgūdžius.

Amerikiečių rašytojas, knygos „The Myth“ autorius Michael Gerber išskiria du organizacijų kūrimo bei valdymo būdus: sisteminį ir amatininko.

Amatininko būdo svarbiausias požymis – įmonės tikslų pasiekimas priklauso nuo pačių amatininkų. Kai įmonės praktikuoja šį valdymo būdą, matyti, kad:

1. Įmonių vadovai-lyderiai kartu yra ir tie žmonės, nuo kurių priklauso viskas. Tai reiškia, kad jie atlieka įvairias pareigas. Nėra aiškios ribos tarp personalo kuris gamina gaminius ir kuris valdo procesą, gaminantį gaminius.
2. Įmonių vadovai įsitraukę į užsakymų vykdymo procesą, ir tie įmonių vadovai yra grandis, kuri galima pavadinti yra ekspeditorius, spartinantis užsakymo eigą. Ir užsakymas nėra išsiunčiamas laiku, jeigu kas nors iš įmonės vadovų neskiria tam dėmesio.
3. Klientų aptarnavimo ir tenkinimo kontekste įmonės veiklos vykdymas labai priklauso nuo „svarbiausių“ žmonių, kurie nebūtinai gali būti vadovai.
4. Nesant sistemai, vadovas „turi ilgai vykdyti konkrečias pareigas, kol jis „išmoksta“ gerai atlikti savo darbą“.

Išvada. Nagrinėjamo amatininko valdymo būdo pasekmės yra tokios: „vadovai daugiau dirba savo versle, negu vadovauja tam verslui“. Išėjus vadovams, įmonės reikalai gali pašlyti. Šio valdymo būdo idėja – valdymo, vadovavimo įgūdžiai įgyjami per sukauptą patirtį ir vadovauja specialistai, besiremiantys nuovoka. Šiuo atveju yra kliaujamasi svarbiausiais vadovais, jų sprendimais.

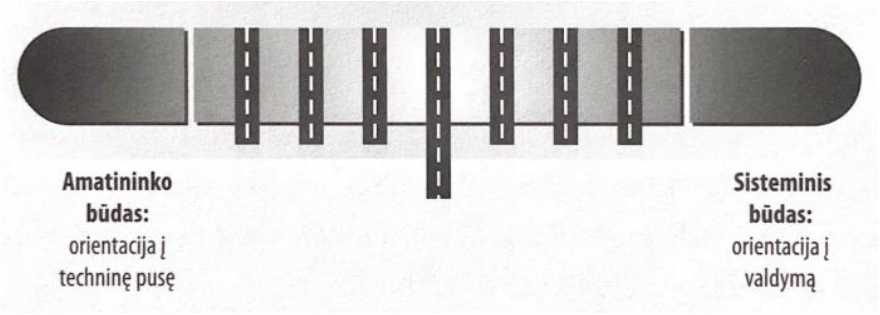
Sisteminis būdas. Šis valdymo būdas nepriklauso nuo amatininkų (ekspertų). Įmonės vadovybė stengiasi sukurti tokį įmanomą atkartoti organizacijos valdymo procesą, kad jo galima būtų išmokyti kitus. Sisteminiame valdymo būde vadovų kuriamas procedūrinis verslo modelis tokia linkme, tarsi tas verslas įgautų dauginimosi galimybę.

Įmonė, kuri orientuota į sisteminį valdymo būdą, turi tokius požymius:

1. Sistemų pagalba tvarkomas kasdieninis darbas, kuris nukreiptas į reikiamų klientams rezultatų pateikimą.
2. Įmonė veikia be tiesioginio vadovybės įsikišimo.
3. Vadovai deda visas pastangas, planuodami ateitį.
4. Darbuotojų mokymas nukreiptas į sistemos mokymą.

Sisteminio valdymo būdo idėja – verslą valdo, tvarko sistema, o žmonės mokomi valdyti pačią sistemą.

Praktika rodo, kad nė viena organizacija nenaudoja grynai sisteminio ar grynai amatininko būdo. Įmonės, kurios labai stipriai orientuotos į sisteminį valdymo būdą bus šiek tiek orientuotos ir į techninę pusę. Tuo pačiu įmonės, kurios labiau orientuotos į techninį valdymo būdą, naudoja kai kurias sistemas (1 pav.).



1 pav. Amatininko valdymo-sisteminio valdymo būdų kontinuumas
Šaltinis: Mark J. Woeppel. Gamybininko vadovas.

Ar svarbu, kurį būdą įmonės naudoja? Sisteminis būdas duoda nuoseklius, pastovius klientų vertinamus rezultatus – patikimumą, sugebėjimą reaguoti ir nuoseklumą, pastovumą. Šis valdymo būdas kontrastingai atrodo kontekste su amatininko valdymo būdu, kuris vien dėl savo prigimties ilgesnį laiką negali duoti pastovių rezultatų, dėl to, kad paprasčiausiai jis ne tam skirtas. Amatininko būdas nukreiptas į žmones, duodančius sistemos rezultatus, o ne žmones, kurie gauna rezultatus. Sprendimų priėmimo procesai yra nukreipti į produkto teikimą klientams ir rezultatų – akcininkams, yra sistemos.

Teigiama, kad gamybinio vieneto efektyvus tvarkymas labiau susijęs su kompetentingu vadovavimu negu su bet kokiu kitu veiksniu. Kaip valdoma gamyba – naudojant amatininko ar sisteminį būdą? Jei gamyba priklauso nuo darbuotojų patirties ir intuicijos, tai aiškia suprantama, kad tai amatininko valdymo būdas. Tačiau, jei gamybos valdymui naudojamas taisyklių rinkinys, kuris yra pakankamai patikimas, kad galima būtų gauti įmanomus numatyti rezultatus, tokiu atveju naudojamas sisteminis valdymo būdas.

Patirtis rodo, kad įmonės, naudodamos sisteminį valdymo būdą, gali pasiekti daugiausiai naudos. Kadangi šis būdas sinchronizuoja ir suderina visas įmonės funkcijas, tai įmonės našumas jau pirmaisiais metais padidės 15-20%, o gamybos ciklas sutrumpės 50-75%, kartu gaunant teigiamą finansinį rezultatą.

Išvada. Įmonė gali ir turi naudoti sisteminį valdymo būdą, tačiau jis nebus grynai sisteminis, jame bus ir dalis amatininko valdymo būdo, tačiau ši dalis bus nežymi.

Apribojimų valdymas – filosofija ir metodų komplektas verslo veiklai valdyti ir optimizuoti. Įmonė turi įgyvendinti sisteminį valdymo būdą, o apribojimų valdymo (CM - *Constraint Management*) įdiegimas yra greičiausias kelias tai pasiekti. Sisteminis valdymo būdas yra orientuotas į sprendimų priėmimą ir vadovavimo prioritetų nustatymą. Galima panaudoti kai kurias specifines procedūras, bet apribojimų valdymas duoda sprendimų rėmus, kurie leidžia įgyvendinti atitinkamas procedūras, kurios veda prie sisteminio valdymo būdo.

Matavimo sistema. Įmonėje diegiant įvairius pokyčius bene didžiausia kliūtis yra tikslo suderinimas su darbuotojų elgesiu. Įgyvendinant sisteminį valdymo būdą, tenka įveikti prarają tarp kasdieninio sprendimų priiminėjimo (ir elgesio) ir įmonės tikslo. Taigi, viena iš priemonių šiai prarajai įveikti yra matavimo, vertinimo sistema.

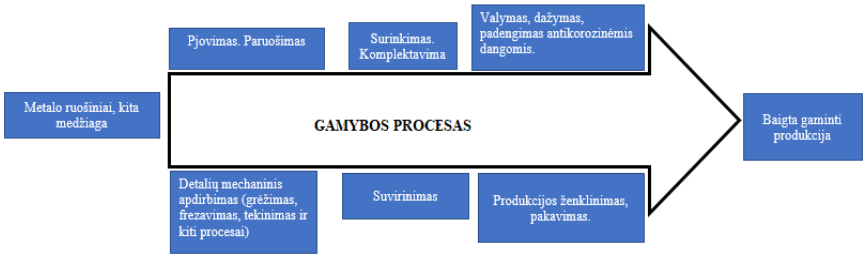
Ši sistema turi būti paprasta, lengvai suprantama, valdoma. Turi būti aišku kieno rodikliai matuojami. Esant sudėtingai sistemai, bus sunku atskirti svarbius dalykus nuo nesvarbių. Matavimo sistema turi būti naudinga kasdienių sprendimų priėmimui, o taip pat ši sistema turi skatinti vadovus sutelkti dėmesį į konkrečius rezultatus, kuriuos įmonė norėtų matyti. Rodikliai parodo kas yra svarbu įmonėje, ir jie turi būti suprantami visiems, tuo pačiu parodo prioritetus. Kas yra matuojama – svarbu. Pavyzdžiui sporte: jei nebus fiksuojamas rezultatas, varžybos neteks prasmės, ir tada natūraliai kyla klausimas: o kam tų varžybų iš viso reikia? Galima teigti, kad įmonės darbuotojai, atėję į darbą taip pat žaidžia žaidimą. Jį galima būtų pavadinti „darykim pinigus“. Tačiau daugelis žmonių nesupranta šio žaidimo esmės ir jie žaidžia kitą žaidimą pavadinimu „gaukim atlyginimą“. Pastarojo žaidimo esmė visiškai kitokia nei „darykim pinigus“. Netgi tinkami rodikliai nesuformuos iš darbuotojų puikios komandos ir nebus pasiekti planuoti geri rezultatai, jeigu darbuotojai nesupras, kas yra svarbu. To išgryninimui tarnauja rodiklių sistema. Darbuotojų elgesys netiesiogiai yra formuojamas rodiklių. Vadybos aksiomoje teigiama, kad tai kas yra matuojama, gerėja. Kaip tai paaiškinti? Matavimai visada veikia ir paveikia žmones. Matuojant veiklą, matuojamas ir darbuotojas, konkretus asmuo. Reiktų vadovaujantis prielaida, kad darbuotojai nori „laimėti“. Taigi rezultatą reikia pranešti darbuotojams, taip skatinant gerinti tą rezultatą ir jis iš tikrųjų gerės.

Tinkamos matavimo sistemos sukūrimas prasideda nuo matuojamo subjekto tikslo ar misijos apibūdinimo. Įmonės yra pelno siekiančios organizacijos, todėl anot Dr. E.Goldratt tikslo apibrėžimas būtų toks: uždirbti daugiau pinigų dabar ir ateityje. Todėl matavimai remsis gebėjimu uždirbti pinigus. Gebėjimas

uždirbti pinigus matuojamas absoliučiais rodikliais - grynasis pelnas, arba santykiniais – investicijų pelningumas (ROI). Jei matavimas skirtas atskiram gamybiniam padaliniui rodikliai gali būti kitokie.

Gamyba

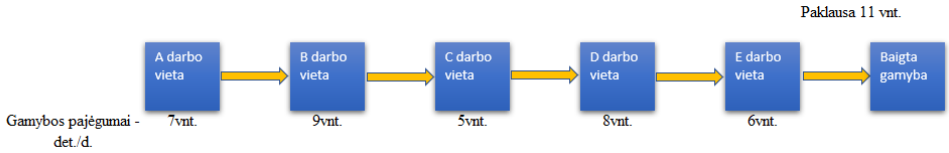
Gamyba – visuma darbų, reikalingų atlikti, norint gamtos išteklius paversti naudingu žmogui gaminiu. Ta visuma darbų gali būti: gamybos technologijos kūrimas, tyrimas, medžiaginių resursų gavyba, jų perdirbimas, transportavimas, sandėliavimas ir kt. Šių visų darbų, t.y. viso gamybinio proceso neatlieka viena įmonė: viena įmonė kasa ir perdirba rūdą tolimesniam apdorojimui, metalurgijos įmonė iš rūdos išlydo ketų ir plieną iš kurių gaminami valcuoti, kalti, štampuoti gaminiai, o metalo apdirbimo įmonėse iš metalurgijos gamyklų medžiagos gaminami gaminiai, detalės (2pav.).



2 pav. Gamybos procesas
Šaltinis: sudarytas autorių

Viena iš pagrindinių gamybos sektoriaus problemų – darbo (gamybos) efektyvumas, kurį daugelis matuoja, nematydami bendro vaizdo ir neatsižvelgdami į tai, kokią įtaką jų sprendimai turi visai sistemai.

Apribojimų teorija (TOC) analizuoja įvairias problemas, kurios atsiranda, vykstant gamybos procesui. 3 paveiksle pavaizduota gamybinė operacija. Ji vyksta per penkias darbo vietas tokia tvarka: A-B-C-D-E-baigta gamyba.

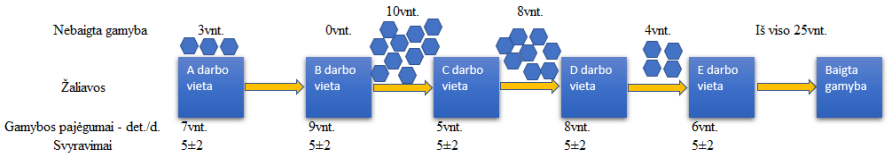


3 pav. Darbo vietų gamybiniai pajėgumai
Šaltinis: sudaryta autorių

Šioje schemoje išgryninama tai, kad kiekviena darbo vieta gali pagaminti tam tikrą kiekį produkcijos: A-7vnt., B-9vnt., C-5vnt., D-8vnt., E-6vnt. Rinkos paklausa yra 11vnt. Analizė rodo, kad B ir D darbo vietos dirba efektyviai, bet vis tiek negali patenkinti paklausos. Natūraliai kyla klausimas: ką daryti, tokiu atveju? Kaip sureguliuoti gamybą, kad visos darbo vietos dirbtų efektyviai ir patenkintų rinkos paklausą? Galimi sprendimo keliai – visur atlikti dar didesnius pagerinimus, arba gal koncentruotis į dvi paskutines darbo vietas, kad jos efektyviau užbaigtų procesą. Dėl to tikėtina, kad užsakymas bus įvykdytas laiku ir didžiausiu gamybiniu pajėgumu.

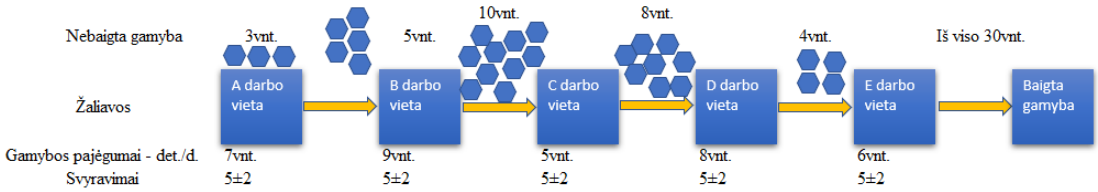
D ir E darbo vietos susitvarko su užduotimi (atitinkamai 8vnt. ir 6vnt.), tačiau matyti, kad jų pajėgumas yra tik penkios dalys per dieną, kadangi D ir E nepagamins daugiau nei C.

Galimas problemos sprendimo būdas yra visoms darbo vietoms pridėti atsargų. Bet čia pamatomas svyravimas, o kartais net ir chaosas: nebaigta gamyba labai greitai gali keisti savo pozicijas, vienoje vietoje susikaupti, o kitoje sumažėti ir proceso pajudinimas gali tik dar labiau „užkišti“ ir sudaryti eilę prie vienos ar kitos darbo vietos (4 pav.).



4 pav. Darbo vietų gamybiniai pajėgumai pridėjus atsargų
Šaltinis: sudaryta autorių

Iš 4 pav. matyti, kad B darbo vieta gali likti be darbo (jai trūksta atsargų), bet kitose darbo vietose bus daug nebaigtos gamybos. Tokia situacija pateikia versiją, kad be darbo esanti darbo vieta (ar darbuotojas) efektyvumo kontekste gali būti traktuojama kaip švaistymas, kuris netoleruojamas. Dėl to imamasi skubių priemonių ir kad darbo vieta neliktų be darbo, pridedama atsargų. Taigi, B darbo vietai pridedama dar 5 vnt. atsargų (5 pav.). Rezultatas gaunamas toks: nebaigtos gamybos gaunama ne 25 vnt., o 30 vnt. Išvada – taip sprendžiant problemą, pabaigti gamybą ir atiduoti produktą užsakovui trunka ilgiau.



5 pav. Darbo vietų gamybiniai pajėgumai pridėjus atsargų
Šaltinis: sudaryta autorių

Atsargų pristūmimas ir bandymas visur pritaikyti efektyvumą gali sukelti betvarkę, chaosą. Kitas sprendimo būdas – atsargas tiesiog paskirstyti. Atsargų sutelkti daugiau ten, kur jų reikia ir mažiau kitose vietose. Šiam procesui valdyti naudojama metodika būgnas-buferis-virvė. Tai Apribojimų teorijos metodika.

Išanalizavus veiklos valdymo metodiką ir ją pritaikius praktikoje, atsiranda būtinybė pamatuoti, apskaičiuoti gamybos efektyvumą ir įdiegtų metodų, valdymo įrankių įtaką įmonės finansiniams ir nefinansiniams rodikliams. Organizacijos būklei įvertinti, pamatuoti naudojami pagrindiniai veiklos valdymo rodikliai (angl. KPI – *Key Performance Indicator*).

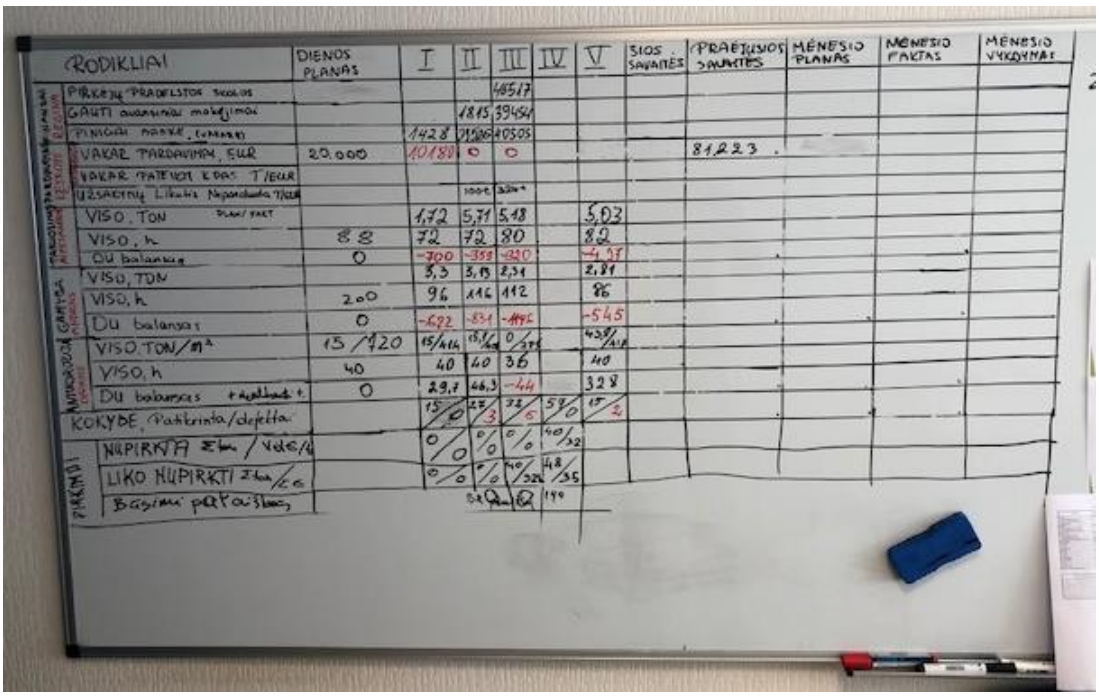
Gamybinės veiklos matavimas, naudojant kpi

Gamybos departamento misija: gaminti daugiau gaminių, suvartojant mažiau išteklių.

Pagrindiniai veiklos valdymo rodikliai (angl. KPI – *Key Performance Indicator*) yra naudojami tam, kad būtų galima įvertinti organizacijos veiklos būseną su siekiamais tikslais, kitaip tariant ar organizacija juda sėkmės link. Todėl labai svarbu pasirinkti tokį pagrindinių veiklos rodiklių rinkinį, kuris yra tinkamiausias konkrečiai organizacijai. KPI naudojamas kaip parametrų rinkinys, kuris atspindi esamus kritinius taškus kurie gali turėti lemiamos įtakos ateities veiksniams. Kodėl taip svarbu periodiškai matuoti tam tikrus rodiklius (tiek finansinius, tiek nefinansinius) įmonėje? Dėl daugelio priežasčių. Visų pirma, negalima pagerinti to, ko negalima išmatuoti. Neįmanoma užbėgti už akių nuostoliams, jei tam tikri kontrolės taškai neindikuoja potencialios problemos. Galiausiai, periodiškai stebint įmonės rodiklius, dauguma jų pagerėja savaime (Leanekspertai, 2020).

Gamybinės veiklos rezultatų vertinimas yra pagrindinė gamybos veiklos valdymo priemonė. Atliekant priežiūros valdymą, vienas iš svarbiausių klausimų yra užtikrinti, kad planuojami ir atliekami veiksmai duotų laukiamų rezultatų. Praktikoje veiklos efektyvumui vertinti taikoma daug gana įvairių rodiklių. Dėl tokių rodiklių bendro sąrašo visiško sutarimo nėra, o atsižvelgiant į itin platų organizacijų veiklų spektrą ir su tuo susijusias ypatybes, vargu ar toks sutarimas galimas (Škėlaitė, Mačiulytė-Šniukienė, 2019: 4).

Gamybinės įmonės veiklą, naudojant pagrindinius veiklos rodiklius, rekomenduojama stebėti kasdien. Tai reiškia, kad padalinių vadovai įmonės vadovybei pateikia nustatytus rodiklius ir susirinkime juos analizuoja, komentuoja, o taip pat išsikelia uždavinius, kuriuos įgyvendinus, pagerėtų esama situacija. Jau vien tik situacijos sekimas, rodiklių surašymas į „lentą“ (čia duomenų surašymas į bendrą įmonės lentelę“) (6pav.) duoda teigiamų rezultatų ir tikėtina, kad realių išsikeltų uždavinių efektyvumui padidinti įgyvendinimas padės įmonei judėti sėkmės link.



6 pav. Įmonės rodiklių (KPI) „lenta“
Šaltinis: įmonės dokumentas

Tyrimo metu buvo atliktas įmonės gamybinio padalinio monitoringas ir nustatyti pagrindiniai veiklos rodikliai, kurie pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė

KPI rodikliai

Eil.nr.:	Data	Projekto nr.:	Projektuojamas laiko normatyvas gamybai, h/t	Darbo valandos (tabelinės), h	Faktinės laiko sąnaudos gamybai, h/t	Faktinių laiko sąnaudų gamybai nukrypimas nuo projektuojamo laiko normatyvo gamybai, h	**Faktinis KPI**	**Projektuojamas KPI (Tikslas)**	Pagamintos produkcijos kiekis, t	Projektines_darbo_valandos
1	2020-04-01	PROJ-1	28.9	48	10.27	18.63	0.36	1	4.67	135.09
2	2020-04-01	PROJ-2	14	72	28.98	14.98	2.07	1	2.48	34.79
3	2020-04-01	PROJ-3	13.04	40	14.91	1.87	1.14	1	2.68	34.97
4	2020-04-02	PROJ-1	28.9	59	16.86	12.04	0.58	1	3.50	101.14
5	2020-04-02	PROJ-2	14	56	56.21	42.21	4.01	1	1.00	13.95
6	2020-04-02	PROJ-3	13.04	57	13.91	0.87	1.07	1	4.10	53.43
7	2020-04-03	PROJ-1	28.9	56	16.41	12.49	0.57	1	3.41	98.61
8	2020-04-03	PROJ-2	14	40	27.77	13.77	1.98	1	1.44	20.17
9	2020-04-03	PROJ-3	13.04	64	22.26	9.22	1.71	1	2.87	37.49
10	2020-04-06	PROJ-1	28.9	24	18.71	10.19	0.65	1	1.28	37.08
11	2020-04-06	PROJ-2	14	56	22.26	8.26	1.59	1	2.52	35.22
12	2020-04-06	PROJ-3	13.04	40	12.11	0.93	0.93	1	3.30	43.07
13	2020-04-07	PROJ-1	28.9	32	16.08	12.82	0.56	1	1.99	57.50
14	2020-04-07	PROJ-2	14	44	33.53	19.53	2.40	1	1.31	18.37
15	2020-04-07	PROJ-3	13.04	36	19.33	6.29	1.48	1	1.86	24.29
16	2020-04-08	PROJ-2	14	88	19.92	5.92	1.42	1	4.42	61.85
17	2020-04-09	PROJ-4	23.05	65	58.95	35.90	2.56	1	1.10	25.42
18	2020-04-09	PROJ-2	14	31	23.27	9.27	1.66	1	1.33	18.65
19	2020-04-10	PROJ-4	23.05	112	61.95	38.90	2.69	1	1.81	41.67

Šaltinis: sudaryta autorių

1 lentelėje pateikti pagrindiniai įmonės gamybinio padalinio pagrindiniai rodikliai – projektuojamas laiko normatyvas gamybai, darbo valandos, faktinės darbo laiko sąnaudos gamybai, pagamintos produkcijos kiekis - (KPI), kuriais remiantis nustatomas efektyvumas. Iš šių kasdien stebimų ir pateikiamų į „lentą“ rodiklių apskaičiuojamas faktinis KPI ir palyginamas su projektuojamu KPI. Pasinaudojus „Exel“ skaičiuokle, vizualiai matyti dieninis gamybos padalinio efektyvumas. Faktinis KPI skaičius žaliame fone rodo, kad veikla buvo efektyvi. Spalvų diapazone nuo pastelinės gelsvos iki raudonos spalvos esantis KPI skaičius rodo, kad veikla buvo neefektyvi. KPI rodikliai rodo, kad gamybos efektyvi veikla buvo vykdoma 2020-04-01, 2020-04-02, 2020-04-03, 2020-04-06 ir 2020-04-07 dienomis, gaminant projektų PROJ-1 ir PROJ-3 gaminius. Kitomis dienomis gamyba buvo neefektyvi.

2 lentelė

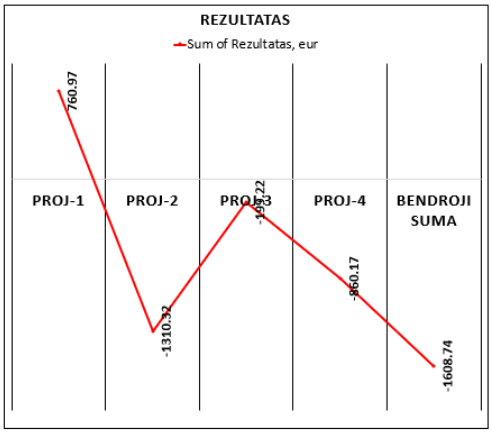
Finansinių rodiklių rezultatai

Projekto numeris	Suma – Faktinių laiko sąnaudų gamybai nukrypimas nuo projektuojamo laiko normatyvo gamybai, h	Suma – Pagamintos produkcijos kiekis, t	Suma – Projektuojamas laiko normatyvas gamybai, h/t	Sum of Rezultatas, eur
PROJ-1	66.17	14.86	144.50	760.97
PROJ-2	113.94	14.50	98.00	1310.32
PROJ-3	17.32	14.82	65.20	199.22
PROJ-4	74.80	2.91	46.10	860.17
Bendroji suma	**139.89**	**47.09**	**353.80**	1608.74

Šaltinis: sudaryta autorių

Gautus nefinansinius rodiklius, kurie pateikti 1 lentelėje, pavertus finansiniais, matyti, kad projektas PROJ-1 pagamintas pelningai, bet kiti projektai: PROJ-2, PROJ-3 ir PROJ-4 – nuostolingai (2 lentelė).

Išvada: bendras gamybos efektyvumas – žemas, tai parodo laukelis *bendroji suma* (2 lentelė, 7 pav.). Joje įrašytas raudona spalva skaičius reiškia, kad gamyba „suvalgė“ ne tik jai skirtus pinigus projekto įvykdymui, bet ir dalį įmonės pelno.



7 pav. Finansinio rodiklio rezultato diagrama
Šaltinis: sudaryta autorių

Išvada: bendras gamybos efektyvumas – žemas, tai parodo laukelis „***Bendroji suma***“ (2 lentelė, 7 pav.). Joje įrašytas raudona spalva skaičius reiškia, kad gamyba „suvalgė“ ne tik jai skirtus pinigus projekto įvykdymui, bet ir dalį įmonės pelno.

Apibendrinant galima teigti, kad pagrindiniai veiklos rodikliai naudojami matuoti trumpalaikiams ir ilgalaikiams tikslams, bei siejami su įmonės misija bei vizija. Naudojant šiuos rodiklius įmonės veiklos analizei, galima objektyviai įvertinti įmonės esamą situaciją ir tendenciją.

Pagrindiniai įmonės veiklos rodikliai (3 lentelė) – parametrų rinkinys, atspindintis esamus kritinius taškus, galinčius turėti lemiamos įtakos ateities veiksmams.

3 lentelė

Pagrindiniai veiklos rodikliai. Dvi matavimų grupės

Pagrindiniai rezultato rodikliai	Pagrindiniai veiklos (valdymo) rodikliai
Pagrindiniai rezultatų rodikliai atspindi faktą, kurį sudaro daugelio rodiklių suma (pvz.: cecho našumas (visų operacijų našumo suma. Surinkimo-suvirinimo padalinio savaitės našumo vidurkis. Tai grupiniai rodikliai ar jų vidurkiai. Jie leidžia įmonės vadovybei įvertinti padėtį.	Pagrindiniai veiklos (valdymo) rodikliai nukreipti į konkrečią darbo vietą: darbo cechą, barą, darbuotoją, brigadą, procesą, kokybės elementą, gaminį ar jų grupę. Už šį rodiklį priskiriama atsakomybė, t.y. rodiklis turi šeimininką.

Šaltinis: www.imperatum.lt.. Prieiga per internetą: www.imperatum.lt/wp-content/uploads/2015/03/OEE-overall-equipment-effectiveness-mokymų-medžiaga.pdf

Išvados

1. Naudojant Apribojimų teoriją (TOC), įmonės turi galimybę įgyti didesnį konkurencinį pranašumą nuolat kintančioje verslo aplinkoje, kadangi pastaroji analizuoja įvairias problemas, kurios atsiranda, vykstant gamybos procesui. Šios teorijos dėka galima spręsti startegijos kūrimo, marketingo, finansų, kokybės valdymo, gamybos valdymo problemas.

2. Pagrindiniai veiklos valdymo rodikliai (KPI) yra finansiniai ir nefinansiniai. Jie yra įrankiai, kuriais nustatoma ar organizacija juda sėkmės link.

3. Praktiškai nustatytas gamybinio padalinio veiklos efektyvumas, panaudojant pagrindinius veiklos rodiklius (KPI). Nustatyta, kad pelningai pagamintas projektas PROJ-1, jo santykinis vidutinis KPI – 0,54, kai siekiamas (tikslas) KPI = 1. Kitų projektų santykiniai vidutiniai KPI: PROJ-2 – 2,16, PROJ-3 – 1,27, PROJ-4 – 2,62. Šie rodikliai rodo, kad gamybos veikla buvo nuostolinga.

Literatūra

1. Adomaitienė J., Zubrickienė I. Projektai mokymosi procese: iniciatyvumą įgalinantys aspektai. (2015). ISSN 2029-6894. Andragogika, Nr. 1 (6), p. 58-78).
2. Goldratt, E. M. The Goal: A Process of Ongoing Improvement. (2004). ISBN 978-0-88427-178-9.
3. Jasinavičius N. Tobulos gamybos link. (2018). TOC sprendimai. E-knyga. „Verslo klasė“.
4. Jasinavičius R. , Karalienė L. Darbo efektyvumo didinimo metodai ir jų vertinimas darniai ekonomikos plėtrai. (2012), No. 1 (1), ISSN 2335-2450 (online), p. 712-725.
5. Leanekspertai. Įmonės veiklos rodiklių (KPI) matavimas.[Žiūrėta 2020-05-10], prieiga per internetą: < http://www.leanekspertai.lt/kpi-rodikliu-matavimas.html>.
6. Lean sektorius. Apie Lean. Kas yra Lean? (2020). [Žiūrėta 2020-05-10], prieiga per internetą: <www.leansektorius.lt>.
7. Lietuvos darbo rinkos tendencijos 2018 m. I pusmetis. (2018). [Žiūrėta 2020-05-05], prieiga per internetą: <https://www.ldb.lt/Informacija/DarboRinka/Tendencijos_pdf/Darbo%20rinkos%20tendencijos%202018%20I%20pusme%C4%8Dio.pdf>.
8. Macijauskytė I., Vasiliauskas A.V. „LEAN“ logistikos principų taikymo transporto sektoriuje probleminiai aspektai. (2013). 16-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos „Transporto inžinerija ir vadyba“, straipsnių rinkinys, ISBN 978-609-457-490-0 / eISBN 978-609-457-489-4, p. 247- 252.
9. Mark J. Woeppel. Gamybininko vadovas. (2007). ISBN 978-9955-689-14-0.
10. Myerson, P. A. The Journey to Continious Supply Chain Improvement. (2012). Inbound Logistics 32 (4), p. 38.
11. Melendez J. R., Nunez A., Abdallah Y., Malvacias E., Macarena A., Almeida G. A., Layana R. J. Theory of Constraints: a systematic review from the managment context. Vol. 39 (Number 48), 2018, p. 14.
12. Mickevičienė R., Burinskienė A. Lean vadybos sistemos diegimo iššūkiai gamyboje. (2019). 22-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminė konferencija. eISSN 2029-7149, Article Number vvf.2019.009.
13. Odm Consulting. Veiklos matuokliai KPI. (2020). 2020-05-03, prieiga per internetą: [Žiūrėta 2020-05-12], <https://www.odmconsulting.com/lt/ORGANIZACIJOS-TOBULINIMAS/VEIKLOS-MATUOKLIAI--KPIs-.html>.
14. Oficialiosios statistikos portalas. Lietuvos gyventojai (2019 m. leidimas). Tarptautinė migracija. (2019). [Žiūrėta 2020-04-20], prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/lietuvos-gyventojai/lietuvos-gyventojai-2019/gyventoju-migracija1/tarptautine-migracija>.
15. Pakdil F., Leonard K.M. The effect of organizational culture on implementing and sustaining lean processes.(2015). Journal of Manufacturing Technology Management. Vol.26 ,No.5, p.725-743.
16. Petryla K. LEAN ir apribojimų teorija priešai ar draugai? (2018). ISBN 978-609-442-109-9.
17. Simsit Z. T., Günay N. S., Vayvay Ő. Theory of Contstraints: a Literture Review. (2014). Precedia – Social and Behavioral Sciences 150, p. 930-936. doi: 10.1016/j.sbspro.2014.09.104.
18. Steponavičius M., Šimkūnas A. OEE ir KPI rodiklių, kaip LEAN įrankių naudojimas gamybos valdyme. (2015), Vilnius. [Žiūrėta 2020-05-12], prieiga per internetą: < http://www.imperatum.lt/wp-content/uploads/2015/03/OEE-overall-equipment-effectiveness-mokym%C5%B3-med%C5%BEiaga.pdf>.
19. Strazdas R., Černevičiūtė J. Verslo procesų identifikacimas kūrybinių industrijų įmonių veiklos tobulinimo kontekste. (2014). Tarptautinis verslas: inovacijos, psichologija, ekonomika. T. 5, Nr. 1 (8), p. 14-26.

20. Šivickienė R. Lean, Six Sigma ir apribojimų teorijos metodologijų lyginamoji analizė ir derinimo galimybės. (2014).Profesinės studijos: Teorija ir Praktika. Issue 13, p. 144-150.
21. Škėlaitė B., Mačiulytė-Šniukienė A. Gamybinių įmonių veiklos efektyvumo vertinimo teoriniai aspektai ir modelis. (2019). 22-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminė konferencija. eISSN 2029-7149, Article Number vvf.2019.008.
22. TOC sprendimai. Apribojimų teorija TOC. (2020). [Žiūrėta 2020-05-03], prieiga per internetą: <www.toc.lt>.

PRODUCING EFFICIENCY OF ENTERPRISES

Summary

The article deals with assumptions for determining and evaluating production efficiency production company. The application of the theory of constraints (TOC) in production for more efficient production is systematically analyzed, the importance of LEAN tools implementation in a manufacturing company is presented, attention is paid to the measurement of production activities using key performance indicators (KPI). The theoretical part of the article analyzes the history of the emergence of the Theory of Constraints (TOC), reveals the indicators that are necessary to determine the economic performance of any organization. The basic principles of LEAN are also presented. The system of balanced indicators and the purpose of key performance indicators are reviewed. The research part of the article provides a description of the research on the usefulness of LEAN tools in the company's activities. The article raises a problematic question - who needs production efficiency and how to calculate and determine it.

The aim of the article is to reveal the essence of the LEAN system and analyze its benefits in the organization. **Objectives of the article**:

1) To review the application of the theory of constraints in production and to reveal its benefits for more efficient production;

3) To present the benefits of KPI of production activity measurement tools in the evaluation of the company's activity;

4) Evaluate the benefits of evaluating the company's production efficiency in the organization.

Key words: efficiency, evaluation of operational efficiency, theory of constraints, essential management indicators.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Loreta Valatkienė.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, lektorė.
Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universiteto, Elektros ir elektronikos fakulteto, Elektros energetikos sistemų katedros lektorė.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: gamybos technologijos, medžiagų technologijos, sumanios medžiagos, ergonomika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 80288, loreta.valatkiene@ktu.lt.

Autoriaus vardas, pavardė: Donata Putnaitė.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, lektorė.
Darbo vietą ir pozicija: Kauno technologijos universiteto, Elektros ir elektronikos fakulteto, Elektros energetikos sistemų katedros lektorė.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: gamybos technologijos, medžiagų technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija, ergonomika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 687 97379, donata.putnaite@ktu.lt.

Autoriaus vardas, pavardė: Andrius Kozlovas.
Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius.
Darbo vietą ir pozicija: Kauno technikos kolegijos, Transporto ir mechanikos inžinerijos krypčių studijų programų departamentas, lektorius.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: gamybos technologijos, medžiagų technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 611 58048, andrius.kozlovas@edu.ktk.lt.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Loreta Valatkienė.
Science degree and name: doctor, lecturer.
Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, lecturer of Department of Electrical Power Systems.
Author‘s research interests: manufacturing technologies, material technologies, smart materials, ergonomics.

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

Author name, surname: Donata Putnaitė.
Science degree and name: doctor, lecturer.
Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, lecturer of Department of Electrical Power Systems.
Author's research interests: manufacturing technologies, material technologies, methodology of engineering sciences, ergonomics.
Telephone and e-mail address: 8 687 97379, donata.putnaite@ktu.lt.

Autoriaus vardas, pavardė: Andrius Kozlovas.
Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius.
Darbo vietą ir pozicija: Kauno technikos kolegijos, Transporto ir mechanikos inžinerijos krypčių studijų programų departamentas, lektorius.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: gamybos technologijos, medžiagų technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 611 58048, andrius.kozlovas@edu.ktk.lt.

PRAMONINIO KRANO VEŽIMĖLIO ĮTEMPIŲ PASISKIRSTYMO ANALIZĖ

Jelena Selivonec[1,2], Aleksandr Vika[2]
[1]*Vilniaus Gedimino technikos universitetas,* [2]*Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija*

Anotacija

Pramoninių kranų gamyba galima priskirti prie vienetinės gamybos. Du trečdaliai vieno krano gamybos kainos priklauso ir nuo medžiagos kiekio. Pagamintas kranas turi tarnauti be pagamintos konstrukcijos remonto tiek kiek numatyta. Straipsnyje analizuojama kaip keičiant pramoninio krano vežimėlio geometrija persiskirsto įtempiai. Analizė skirta konstrukcijos stiprumui ir standumui užtikrinti. Taikant baigtinių elementų metodą gauti maksimalūs įtempiai neviršija takumo ribos ir tarpatraminio vidurinio pjūvio vertikalus poslinkis nepažeidžia standumo sąlygos.

Reikšminiai žodžiai: pramoninio krano vežimėlis, įtempių pasiskirstymas, baigtinių elementų metodas.

Įvadas

Pramoninių kranų gamyba galima priskirti prie vienetinės gamybos. Virš 60% vieno krano gamybos kainos priklauso ir nuo medžiagos kiekio (t.y nuo jo masės). Iš vienos pusės įmonė galės pasiūlyti žemesnę krano kainą, kai bus sunaudojama mažiau medžiagos. Iš kitos pusės pagamintas kranas turi tarnauti be pagamintos konstrukcijos remonto tiek kiek numatyta ir turi tenkinti stiprumo bei standumo reikalavimus. Kad įmonė galėtu konkuruoti su kitomis įmonėmis, ji turi pasiūlyti geriausią kainą ir užtikrintą kokybę.

Skirtingų konstrukcijų pramoninius kranus eksploatuoja laivų uostai, gamyklos, geležinkelis, t.y. visų sričių pramonė, kur gali būti keliami, kraunami, perkraunami, gabenami kroviniai. Mokslinių tyrimų gausa rodo įvairių tipų kranų ir atskirų kranų elementų deformavimo analizės aktualumą [1-5].

Darbe [1] nagrinėjamas ožinio krano vežimėlio judėjimas išilgai krano sijos. Čia autoriai įvertina krano sijos formos pasikeitimo įtaką normalinių įtempių pasiskirstymui. Antžeminio krano rato ir bėgo geometrija modeliuojama [2] straipsnio autorių. Čia tiriamas šoninis judėsis bei rato krašto ir bėgio kontaktas. Darbuose [3,4] nagrinėjamas dinaminis apkrovų poveikis kranui. Penkiolika ir daugiau metų naudojamų kranų nuovarginiai testai buvo atlikti [5] darbe. Čia atliktas pastovus ir atitinkantis darbo režimų apkrovimas.

Straipsnyje pateikta sudaryto skaičiuojamojo modelio maksimaliųjų Mizeso įtempių bei įlinkių kitimo analizė.

Tyrimo objektas – pramoninio krano vežimėlis.

Tyrimo tikslas – sumažinti vežimėlio masę, užtikrinant konstrukcijos stiprumą ir standumą

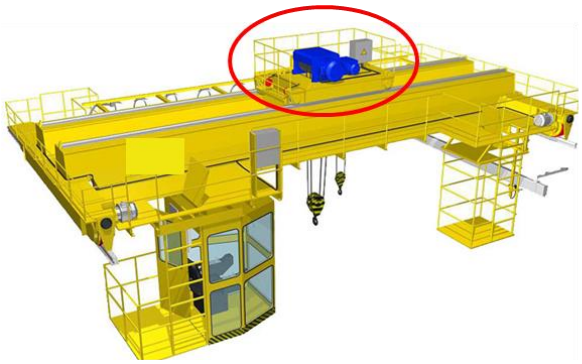
Uždaviniai: sudaryti vežimėlio skaičiuojamąjį modelį; įvertinti modelio naudojamos medžiagos fizinį netiesiškumą; rasti atskirų dalių įtempių reikšmes; nustatyti maksimalius poslinkius pavojingame pjūvyje.

Darbe buvo taikomas baigtinių elementų metodas.

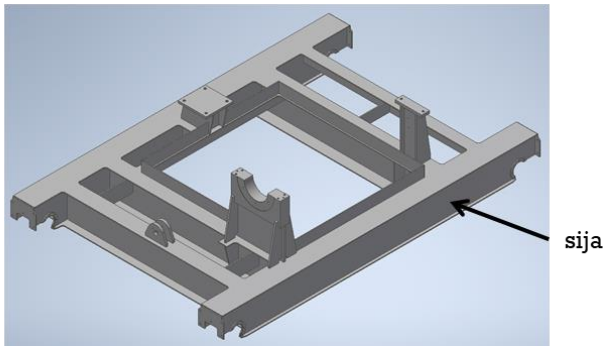
Sudarytas pramoninio krano vežimėlio modelis leidžia analizuoti įtempių bei deformacijų pasiskirstymus, keičiant jo geometriją.

Skaičiuojamasis modelis

Darbe nagrinėjama viena iš stambiųjų dalių pramoninio krano – vežimėlis (1 pav.). Dažniausiai vežimėliai gaminami iš lakštinio plieno suvirinant atskirus elementus. Pramoninių kranų keliamoji galia gali buti įvairi. Tai priklauso nuo užsakančios kraną įmonės darbo pobūdžio, ypatumų, specifikos. Mūsų analizuojamojo krano keliamoji galia yra 10 t. Vežimėlio išoriniai matmenys ~ 2m × 3m.



a



b

1 pav. Pramoninio krano vežimėlio modelis: a – bendras pramoninio krano vaizdas; b – vežimėlis

Tyrimo tikslui pasiekti mes pasirinkome sukurto modelio vežimėlio sijos aukščio (1 pav., b) mažinimą. Visų elementų, sudarančių vežimėlio siją, aukštis mažinamas lygiagrečiai stebint sijos elementų deformavimąsi (vertikalusis sijos poslinkis neturi viršyti leistinojo poslinkio).

Skaičiuojamasis modelis buvo sudarytas naudojant Solidworks programinę įrangą [6]. Iš medžiagų bibliotekos parinkome S355J2 plieną. Modelio medžiagos mechaninių savybių rodikliai: tamprumo modulis 210 GPa; medžiagos sustiprėjimo modulis 1,49 GPa; Puasono koeficientas 0,28; takumo riba 283 MPa.

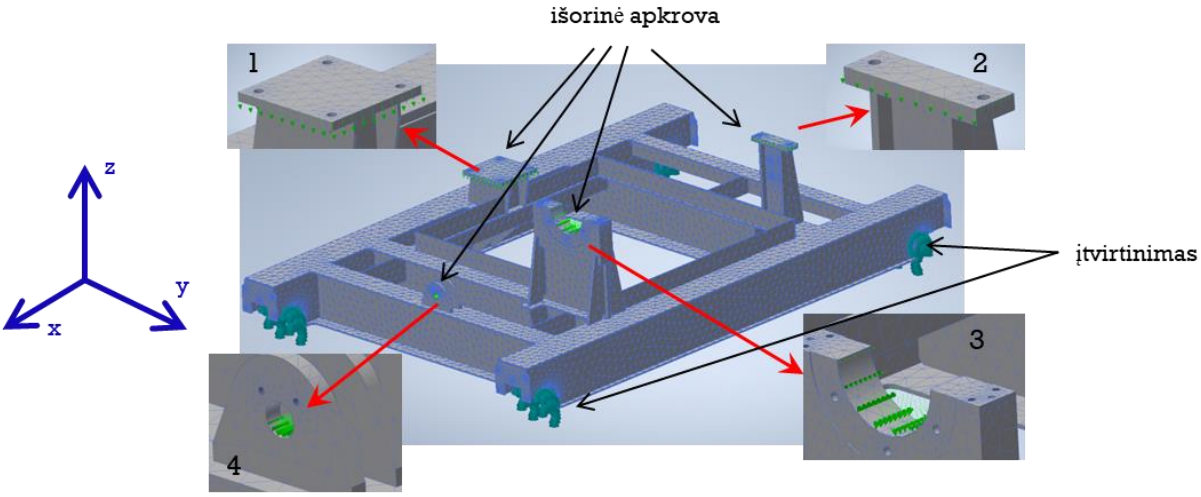
Išorinės apkrovos didumas buvo pastovus. Vežimėlį veikianti jėga, kaip galima matyti 2 paveiksle, pridėta keturiose vietose tolygiai paskirstant ją paviršiuose. Remiantis realaus industrinio krano darbo režimu visa tenkanti vežimėliui apkrova parodyta 1 lentelėje. Standusis įtvirtinimas padarytas keturiose vietose ten, kur vežimėlis remiasi į ratukus (kompiuterinių resursų taupymo sumetimais ratukai neįeina į skaičiuojamąjį modelį). Sprendžiamas statinis uždavinys.

1 lentelė

Industrinio krano vežimėlio apkrova

apkrovos vieta	jėgos dedamoji pagal ***x*** ašį, kN	jėgos dedamoji pagal ***y*** ašį, kN	jėgos dedamoji pagal ***z*** ašį, kN
1	-	6,84	-43,4
2	-	-3,42	-21,7
3	-	-3,42	-21,0
4	-	-	-21,0

Skaičiuojamojo modelio sijos aukštis mažinamas nuo 330 mm iki 240 mm, taikant 30 mm žingsnį.



2 pav. Vežimėlio skaičiuojamasis modelis su kraštinėmis sąlygomis

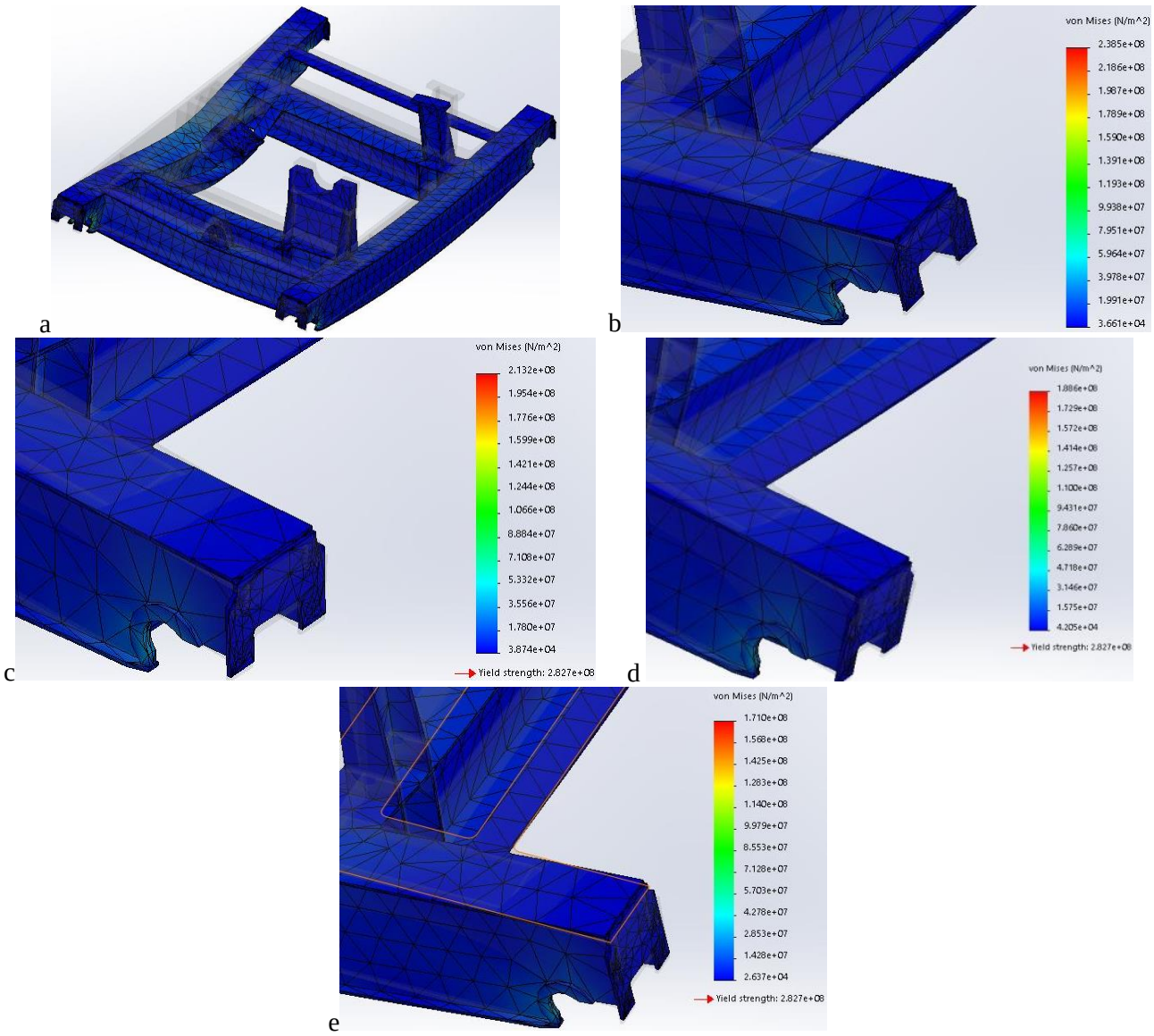
Vežimėlio stiprumui užtikrinti naudojama gerai tinkanti plastinėms medžiagoms ir plačiai naudojama energinė plastiškumo hipotezė [4], dar vadinama Mizeso. Pas mus yra sudėtingasis triašis įtempių būvis, todėl stiprumas kontroliuojamas pagal tokią formulę:

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{1}{2}((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2)}, \quad (1)$$

čia $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – svarbiausieji įtempiai; σ_r – redukuotieji įtempiai.

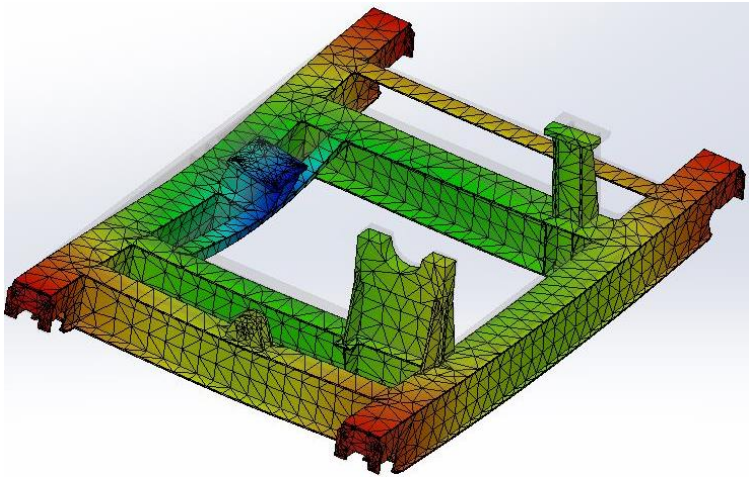
Skaičiavimo rezultatai ir jų analizė

Gauti rezultatai iliustruojami normalinių įtempių pasiskirstymu pramoninio krano vežimėlyje (3 pav.).Vežimėlio geometrijai besikeičiant, buvo pastebėtas maksimaliųjų normalinių įtempių persiskirstymas. Straipsnyje pateikiami keturių vežimėlių su skirtinga geometrija modeliai. Paveiksle 3 pavaizduoti jų skaičiavimo rezultatai. Bendras įtempių pasiskirstymo vaizdas rodo įtempių didėjimą ties atramomis (3 pav., a). Stiprumui užtikrinti skaičiuojami Mizeso įtempiai. Modelyje, kur vežimėlio sijos aukštis didžiausias, maksimalūs įtempiai 171 MPa (3 pav., e). Kai sijos aukštis sumažinamas 30 mm, maksimalūs įtempiai 189 MPa (3 pav., d). Sijos aukščiui sumažėjus dar 30 mm, maksimalūs įtempiai 213 MPa (3 pav., c). Esant mažiausiam, iš pateiktų straipsnyje, sijos aukščiui, įtempiai 238 MPa (3 pav., b). Gauti rezultatai rodo, kad takumo riba nebuvo viršyta.

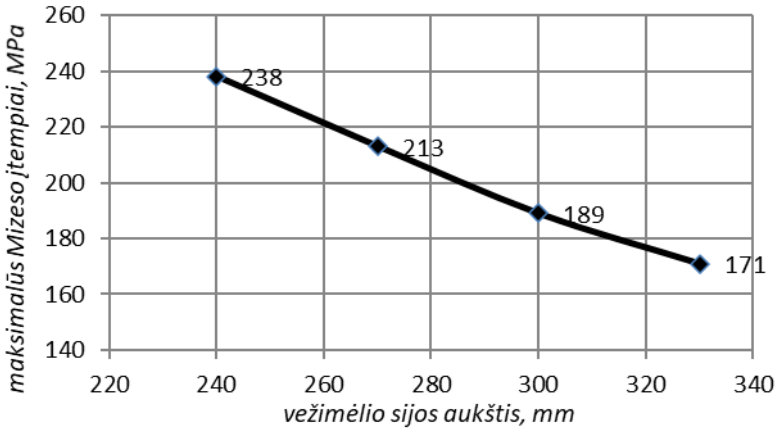


3 pav. Mizeso įtempių pasiskirstymas vežimėlyje: a – bendras vežimėlio vaizdas; b, c, d, e – didžiausių normalinių įtempių dalies vaizdai esant skirtingai geometrijai

4 paveiksle skaičiavimo rezultatai iliustruojami linijinių poslinkių vertikaliąja kryptimi pasiskirstymu.

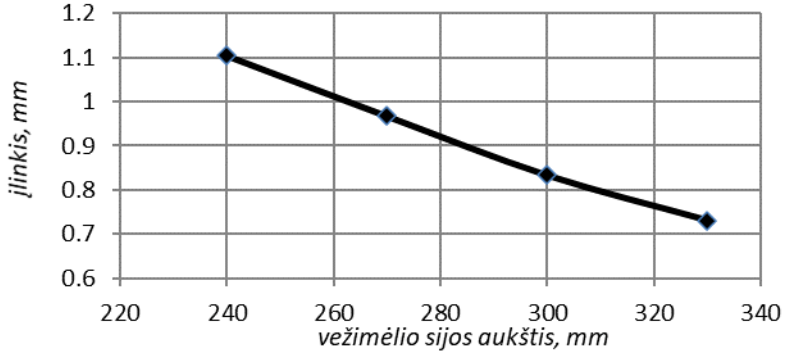


4 pav. Linijinių vertikaliųjų poslinkių pasiskirstymas vežimėlyje



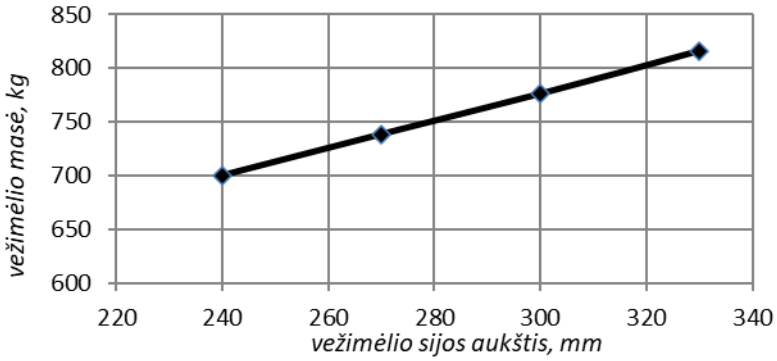
5 pav. Maksimalių Mizeso įtempių priklausomybė nuo vežimėlio sijos aukščio

Vežimėlio maksimalių įtempių priklausomybė nuo vežimėlio sijos aukščio parodyta 5 paveiksle. Sumažėjus sijos aukščiui nuo 330 mm iki 300 mm, maksimalūs normaliniai įtempiai padidėjo 10%. Sumažinus aukštį dar vienu žingsniu, įtempiai išaugo 15%. Ir prie 240 mm įtempiai padidėjo dar tiek pat, t.y. 15%.



6 pav. Tarpatraminio vidurinio pjūvio įlinkio priklausomybė nuo vežimėlio sijos aukščio

Standumas užtikrinamas stebint konstrukcijos poslinkius vertikalios ašies kryptimi. Didžiausias dėmesys buvo skirtas skaičiuojant tarpatraminio vidurinio pjūvio poslinkius. Nes būtent šitie pjūviai, dėl konstrukciją veikiančių apkrovų, labiausiai įlinksta. Tarpatraminio vidurinio pjūvio poslinkio priklausomybė (6 pav.) nuo vežimėlio sijos aukščio rodo vertikalaus poslinkio didėjimą mažėjant sijos standžiui. Keičiant sijos aukštį nuo didžiausio iki mažiausio, įlinkis didėja 34%.



7 pav. Vežimėlio masės priklausomybė nuo vežimėlio sijos aukščio

Vežimėlio sijos aukštį keičiant nuo 330 mm iki 240 mm, t.y kiekviename žingsnyje 9% (skaičiuojant nuo pradinės reikšmės), vežimėlio masė mažėja 4,9%, 9,52% ir 14,23% atitinkamai.

Išvados

Atlikus pramoninio krano vežimėlio įtempių pasiskirstymo keičiant geometriją analizę buvo gautos tokios išvados:

1. Maksimalūs įtempiai neviršija naudotojo plieno takumo ribos;
2. Vežimėlio masės sumažėjimas 14% didina maksimalius įtempius 40%
3. Didinant vežimėlio masę įlinkis mažėja;
4. Gauti rezultatai rodo įtempių persiskirstymą, keičiant modelio geometriją.

Literatūra

1. Sowa L., Kwiatoń P. *Numerical analysis of stress fields generated in the gantry crane beam*. Procedia Engineering. 2017. 177, 218 – 224
2. **Ping L., Qin F.** *Effect of lateral movement of overhead crane carriage on wheel-rail contact state*. Journal of Wuhan university of science and technology. 2012-04
3. Zelić A. et al. Experimental determination of lateral forces caused by bridge crane skewing during travelling. Eksploatacja i Niezawodność. 2018. 20(1), 90-99.
4. Ouyang W.P. et al. Research on Anti-swing Mechanism of Crane. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. 382, 042013
5. Kitsunai Y. et. al. Fatigue Strength of Gusset Welded Joints under Simulated Program Loading of Overhead Travelling Crane. JSME International Journal Series A Solid Mechanics and Material Engineering. 1998. 41(1), 112-120.
6. HYPERLINK „http:// www.solidworks.com“ www.solidworks.com [žiūrėta: 2020-01-16]
7. Barauskas R., Belevičius R., Kačanauskas R. *Baigtinių elementų metodo pagrindai*. Vilnius: Technika, 2004**.**
8. Goodno B.J., Gere J.M. *Mechanics of materials.* Boston, MA : Cengage Learning, 2018.

ANALYSIS OF STRESS DISTRIBUTION OF THE INDUSTRIAL CRANE CARRIAGE

Summary

The manufacture of industrial cranes can be classified as unit production. Two thirds of the production cost of a single crane also depends on the amount of material. The manufactured crane shall serve without repair of the manufactured structure as much as intended. The paper analyses how the geometry of the industrial crane carriage changes the stress distribution. The analysis is designed to provide strength and stiffness to the structure. The maximal stresses obtained by the finite element method do not exceed the yield strength and the vertical displacement of the mid-section of the span does not violate the stiffness condition.

Key words: industrial crane carriage, stress distribution, finite element method.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jelena Selivonec.
Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, docentė
Darbo vietą ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Statybos fakulteto Taikomosios mechanikos katedros lektorė.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: baigtinių elementų metodo taikymas konstrukcijų elementų skaičiavimuose.
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 615 38505, jelena.selivonec@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Aleksandr Vika.
Mokslo laipsnis ir vardas: magistras
Darbo vietą ir pozicija: Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Technikos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros lektorius.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: konstrukcijų elementų kompiuterinis modeliavimas
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 676 00473, a.vika@vtdko.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Jelena Selivonec.
Science degree and name: doctor, associate professor.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering Faculty, Applied Mechanics Department Lecturer.
Author‘s research interests: application of finite element method in calculations of structural elements.
Telephone and e-mail address: +370 615 38505, jelena.selivonec@vgtu.lt

Author name, surname: Aleksandr Vika.
Science degree and name: master.
Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical Faculty Mechanical Engineering Department Lecturer.
Author‘s research interests: computer modeling of structural elements
Telephone and e-mail address: +370 676 00473, a.vika@vtdko.lt

RYŠIO SIGNALO NYKIMO TYRIMAI FIKSUOTOJO BELAIDŽIO RYŠIO LINIJOSE

Stasys Kašėta[1], Vitas Grimaila[2]
Kauno technikos kolegija[1], Kauno technologijos universitetas[2]

Anotacija

Straipsnyje pateikiama dalis radijo signalo sklidimo ir fedingo efekto (signalo laikino nykimo) dvejų metų eksperimentinių tyrimų rezultatų. Buvo išbandytos Lietuvos teritorijoje esančios 15 GHz dažniu veikiančios belaidės mikrobangų diapazone veikiančios ryšio linijos. Parodytas įvairių atmosferos reiškinių, tokių kaip lietaus, rūko, rasos, oro sąlygų, žemės ir rasos taško poveikis signalo stiprumui ir ryšio kokybei šiose belaidžio ryšio linijose. Eksperimento rezultatai parodė radijo ryšio įrenginių darbo priklausomybę nuo atmosferos reiškinių žemės paviršiuje.

Reikšminiai žodžiai: radijo ryšys, mikrobangų sklidimas, signalo fedingas, daugelio kelių efektas

Įvadas

Pastebėta, kad fiksuotojo plačiajuosčio belaidžio ryšio sistemų patikimas veikimas labai priklauso nuo atmosferos sąlygų. ITU-R P.530-x serijos rekomendacijose pateikiami signalo sklidimo prognozavimo metodai, reikalingi projektuojant antžeminius radijo ryšius. Straipsnyje parodoma, kaip svarbu įvertinti tikrąsias atmosferos charakteristikas geografinėse vietovėse, kuriose turėtų būti suprojektuotos ir įrengtos radijo ryšio linijos.

Reikėtų pažymėti, kad daugelis radijo ryšio tyrėjų patvirtina, kad darbiniuose dažniuose iki 10 GHz, signalas sklinda išsklaidydamas savo energiją daugelio kelių principu ir, kad dar aukštesniuose dažniuose labiau pasireiškia neigiama lietaus įtaka. Tačiau aktualu įvertinti, kaip dažnai signalo sklidimo daugeliu kelių principas pasireiškia aukštesniuose negu 10 GHz dažnių diapazonuose ir kokios atmosferos sąlygos tai lemia.

Rezultatai, pateikti (Grimaila, 2010), rodo belaidžio ryšio linijos priėmimo dalyje gauto signalo stiprumo ir belaidžio ryšio kokybės parametrų pasiskirstymą per palyginus trumpus laiko intervalus dienos bėgyje. Pažymėta, kad radijo bangų sklidimo atviroje erdvėje išsamesnei analizei būtina atlikti ilgesnius dvidešimt keturių valandų stebėjimo radijo bangų sklidimo ir slopinimo tyrimus. Rezultatai, pateikti (Kašėta, 2014), parodo įvairių atmosferos reiškinių poveikį radijo signalo priėmimo kokybei įvairiuose kalendorinių metų laikotarpiuose.

Tiesioginio matomumo radijo ryšio stočių, veikiančių Lenkijos teritorijoje 6 GHz dažnių diapazone tyrimas, kai stipriai pasireiškia signalo sklidimas daugelio kelių principu, pateiktas (Bogucki, 2009). Čia pateiktas platus signalo sklidimo daugeliu kelių kilmės paaiškinimas. Be to, pabrėžiama, kad signalo laikinas nykimas (fedingas) dėl sklidimo daugelio kelių principu yra ne tik ryšio linijos ilgio ar radijo dažnio pasirinkimo pasekmė, bet tam turi įtakos ir klimato bei aplinkos reljefo sąlygos.

7–8 GHz dažnio signalo sklidimo pasireiškiant daugelio kelių efektui tyrimo įvairiose Latvijos teritorijos vietose rezultatai pateikti (Serdega, 2005). Vienoje iš pagrindinių išvadų autoriai teigia, kad „daugelio kelių sklidimo efekto aktyvumas yra didžiausias vasarą ir žemiausias žiemą“.

Tiesioginio matomumo radijo ryšio stočių, veikiančių 11,5 GHz ir 18,6 GHz dažnių diapazonuose, ryšio nutrūkimų dėl lietaus įtakos analizė pateikta (Bogucki, 2007). Tokio paties tipo stočių, veikiančių pietų Afrikos pietrytinėje dalyje 19,5 GHz dažnių diapazone, ryšio nutrūkimų analizė pateikiama (Odedina, 2008). Tiesioginio matomumo radijo ryšio stočių, veikiančių 7,2 GHz dažnių diapazone, 12-os mėnesių tyrimai, skirti mikrobangų signalo slopinimo ir lietaus įtakos tyrimui, pateikti (Shoewu, 2011), o laikino signalo nykimo matavimo ir analizės rezultatai bevielėse radijo ryšio stotyse, veikiančiose 2,4 GHz dažnių diapazone, pateikti (Zhang, 2016).

Tyrimo tikslai ir matavimo objektas

Šiame straipsnyje pateikiamas įvairių atmosferos poveikių pasiskirstymas laike, atskirų radijo ryšio parametrų kitimas metų laikotarpyje ir šių parametrų įtaka radijo bangų sklidimui bei ryšio kokybei įvairiose Lietuvos teritorijos dalyse. Taip pat aktualu ištirti minėtų parametrų priklausomybes nuo atmosferos reiškinių skirtingose pajūrio ir žemyninėje Lietuvos klimato zonose.

Matavimai buvo atlikti vidutinio nuotolio plačiajuosčio belaidžio ryšio linijose, kurios veikė 15 GHz dažnių ruože ir buvo sumontuotos skirtingose Lietuvos klimato zonose. Visais atvejais buvo matuojamas priimamo signalo lygis tiesioginio matomumo sąlygomis. Trys iš stočių buvo sumontuotos pajūrio klimato zonoje apie 20-100 km nuo jūros (ten yra didžiausias kritulių kiekis ir vyraujanti vėjo kryptis yra iš jūros), likusios keturios stotys buvo žemyninėje Lietuvos dalyje, t.y. už 200-300 km nuo jūros, kuriame vyrauja daugiau žemyninis klimatas. Radijo ryšio atstumas šiose stotyse buvo nuo 23 iki 35 km, buvo naudojama vertikalioji bangų poliarizacija, antenų aukštis virš žemės paviršiaus buvo 50–60 m, o signalo imtuvo

žemiausias slenkstinis lygis buvo -69 dBm. Priimamo signalo lygiui matuoti buvo naudojama programinėje stoties įrangoje integruota matavimo posistemė.

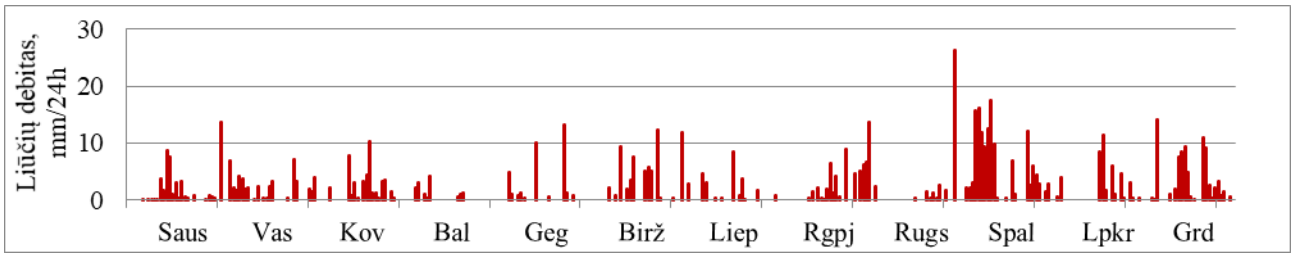
Duomenys apie atmosferos reiškinius, tokius kaip: oro slėgis, oro temperatūra, santykinė drėgmė, vandens garų slėgis, lietaus, sniego, rūko, rasos, šlapdribos, liūčių ar perkūnijos buvimas skirtingo reljefo vietose, gauti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos (LHT).

Matavimo rezultatai ir jų analizė

Laikinas signalo išnykimo reiškinys (fedingas) gali būti įvertintas tik statistiškai apdorojus daugelio atmosferos parametrų įtaką. Vienas iš tikslų buvo nustatyti atmosferos sąlygas, kurios dažnai sukelia laikiną signalo nykimo efektą ar kitą efektą – radijo signalo sklidimą daugelio kelių principu radijo ryšio jungtyse. Fiksuojant matavimo duomenis laikas buvo matuojamas kas 30 s dvidešimt keturių valandų bėgyje, tačiau grafikuose pateikiami rezultatai dėl didelio duomenų kiekio suapvalintai pateikiami dienomis. 1 – 8 paveiksluose pateiktas priimto signalo lygio pokytis (fedingo gylis) tik tais atvejais, kai signalo lygis sumažėja iki –50 dBm ir daugiau, nors imtuvo slenksčio lygis buvo –69 dBm.

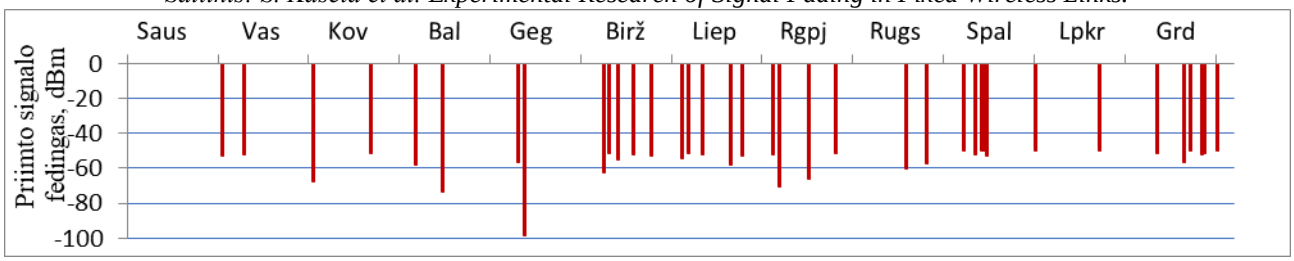
Vien iš matavimo rezultatų labai sunku atskirti, kada signalo nykimas atsiranda dėl lietaus buvimo, o kada dėl kitų sąlygų. Tik turint priimto signalo stiprumo grafiką ir statistinius atskirų atmosferos parametrų pasiskirstymus galima nustatyti, kokios aplinkos ar atmosferos sąlygos daro didžiausią įtaką signalo nykimui ar sklidimui tuo pačiu metu keliomis kryptimis. Nustačius minėtų stočių signalo nykimo efekto pasireiškimą metų bėgyje, empiriškai buvo išanalizuota skirtingų atmosferos sąlygų įtaka atitinkamose klimato zonose.

1 pav. parodytas kritulių pasiskirstymas pajūrio klimato zonoje metų bėgyje, o 2 pav. parodytas tų pačių metų eigoje signalo nykimo efekto pasireiškimas, kurio atsiradimui galimai įtakos turėjo krituliai. 3 pav. parodytas fedingo pasireiškimas metų eigoje pajūrio klimato zonoje, kurio atsiradimui galimai įtakos turėjo signalo išsisklaidymas keliomis kryptimis. Galiausiai 4 pav. parodytas stiprus rasos atsiradimas pajūrio klimato zonoje, kuris rodo stiprų ryšį su fedingo pasiskirstymu (3 pav.) tame pačiame metų periode.



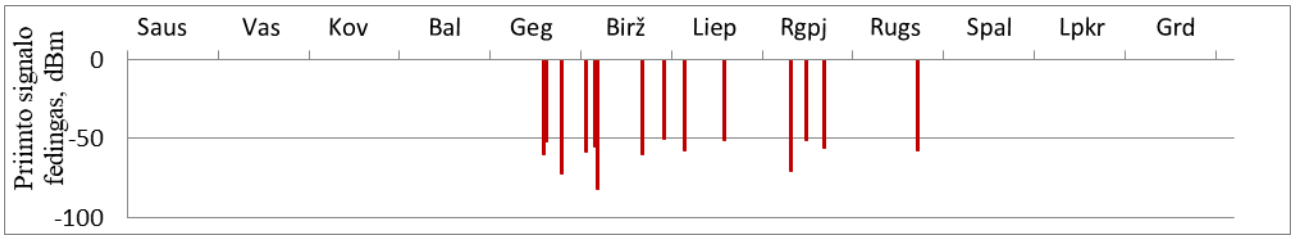
1 pav. Metinis kritulių pasiskirstymas pajūrio klimato zonoje

Šaltinis: S. Kašėta et al. Experimental Research of Signal Fading in Fixed Wireless Links.



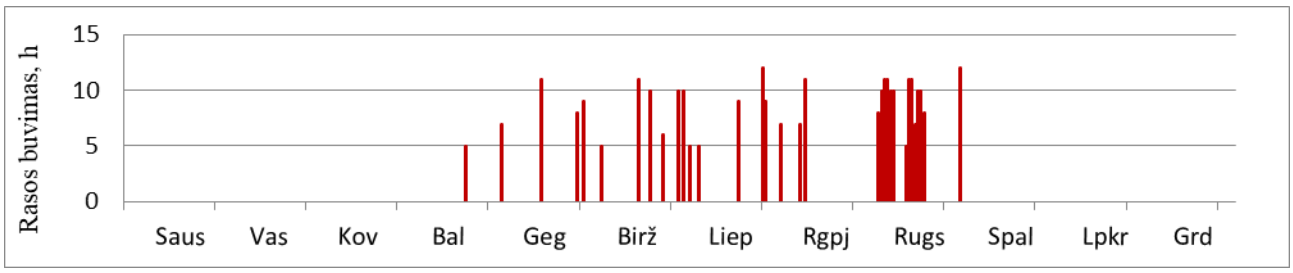
2 pav. Signalo nykimo efekto pasiskirstymas pajūrio klimato zonoje, kuriam įtakos turėjo krituliai

Šaltinis: S. Kašėta et al. Experimental Research of Signal Fading in Fixed Wireless Links.



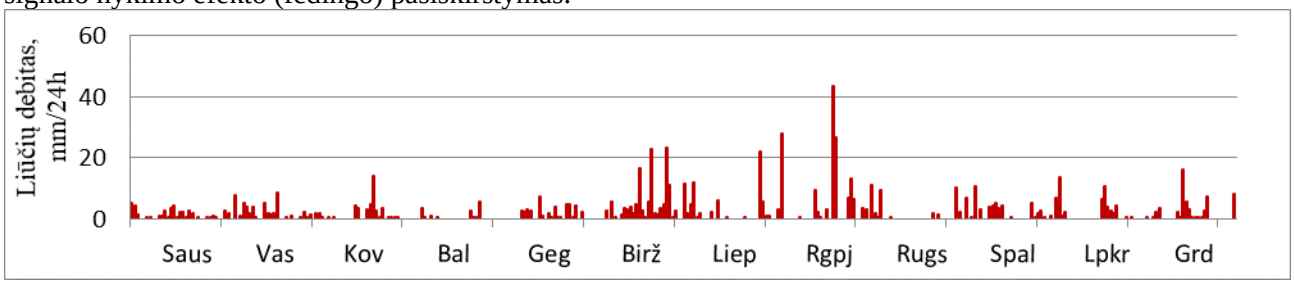
3 pav. Signalo nykimo efekto pasiskirstymas pajūrio klimato zonoje, kuriam įtakos turėjo signalo išsisklaidymas keliomis kryptimis

Šaltinis: S. Kašėta et al. Experimental Research of Signal Fading in Fixed Wireless Links.

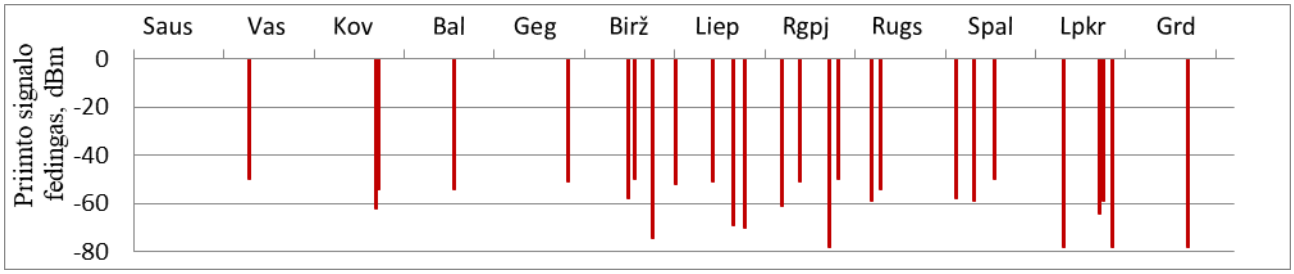


4 pav. Stiprus rasos atsiradimas metų eigoje pajūrio klimato zonoje
Šaltinis: S. Kašėta et al. Experimental Research of Signal Fading in Fixed Wireless Links.

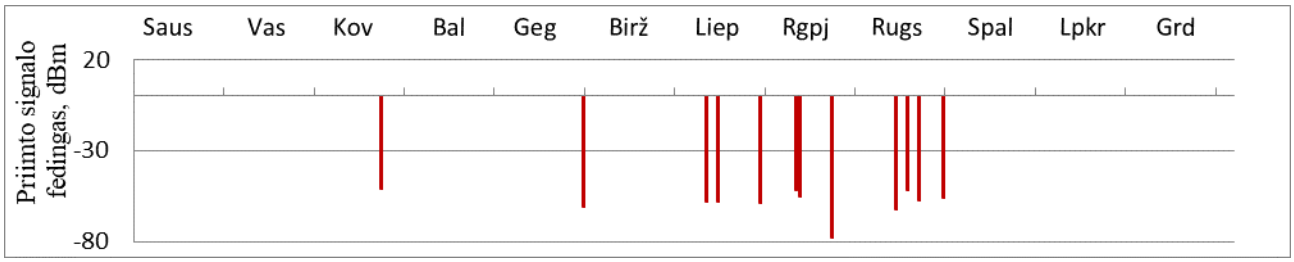
Palyginimui, nuo 5 pav. iki 8 pav. pateiktas žemyninio klimato zonoje esančių radijo stočių priimto signalo nykimo efekto (fedingo) pasiskirstymas.



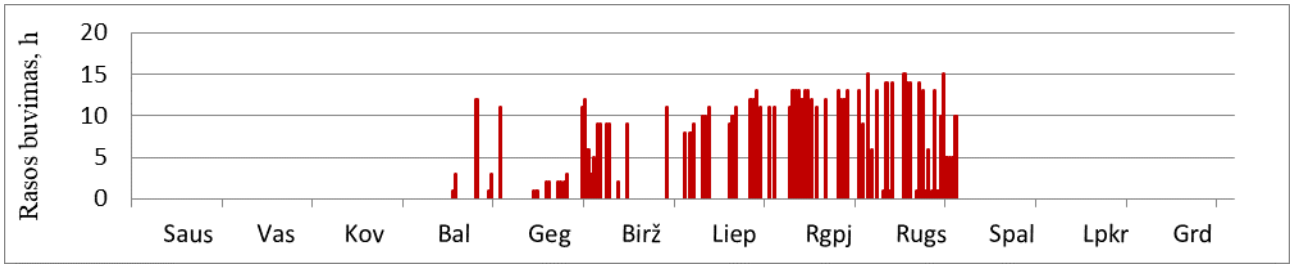
5 pav. Metinis kritulių pasiskirstymas žemyninio klimato zonoje
Šaltinis: S. Kašėta et al. Experimental Research of Signal Fading in Fixed Wireless Links.



6 pav. Signalo nykimo efekto pasiskirstymas žemyninio klimato zonoje, kuriam įtakos turėjo krituliai
Šaltinis: S. Kašėta et al. Experimental Research of Signal Fading in Fixed Wireless Links.

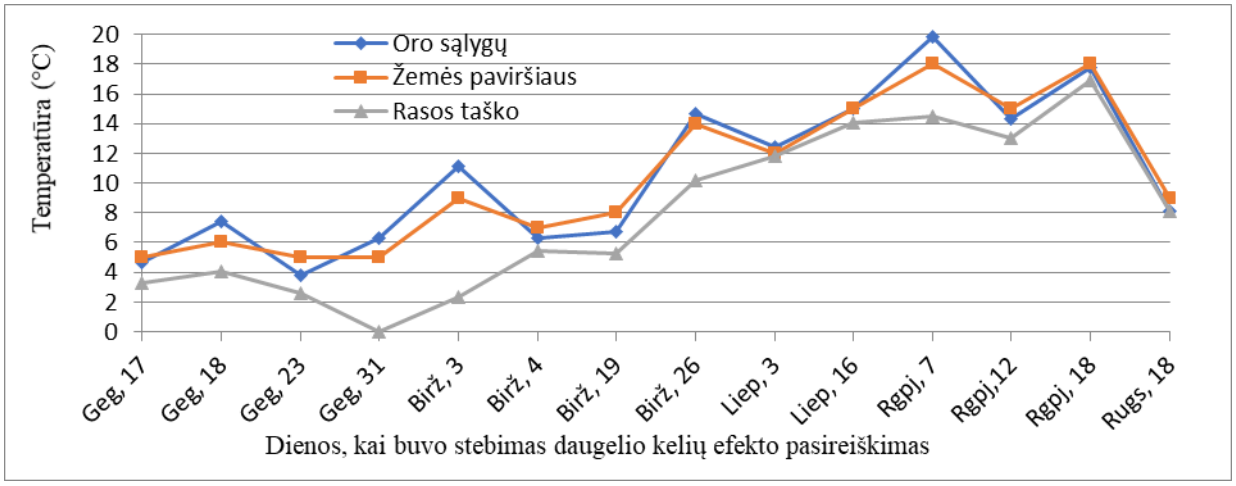


7 pav. Signalo nykimo efekto pasiskirstymas žemyninio klimato zonoje, kuriam įtakos turėjo signalo išsisklaidymas keliomis kryptimis
Šaltinis: S. Kašėta et al. Experimental Research of Signal Fading in Fixed Wireless Links.



8 pav. Stiprus rasos atsiradimas metų eigoje žemyninio klimato zonoje
Šaltinis: S. Kašėta et al. Experimental Research of Signal Fading in Fixed Wireless Links.

Apdorojus didelį kiekį duomenų, gautų iš radijo ryšio stočių ir LHT, buvo galima daryti išvadą, kad nelietingomis dienomis signalo nykimas (fedingas) nesusijęs su stebimais oro parametrais, tokiais kaip: oro temperatūra, rasos taško temperatūra, vandens garų slėgis, santykinė oro drėgmė, oro slėgis, kurie matuojami meteorologinėse stotyse 10 m aukštyje nuo žemės paviršiaus. 9 pav. parodytas oro, žemės ir rasos taško temperatūrų pasiskirstymas šiltuoju metų laiku tomis dienomis, kai pajūrio klimato zonoje pasireiškia signalo sklidimo daugeliu kelių efektas. Galima pastebėti, kad labai sudėtingas oro, žemės ir rasos taško temperatūrų pasiskirstymas neparodo tiesioginės koreliacijos su signalo sklidimo daugeliu kelių efekto atsiradimu.



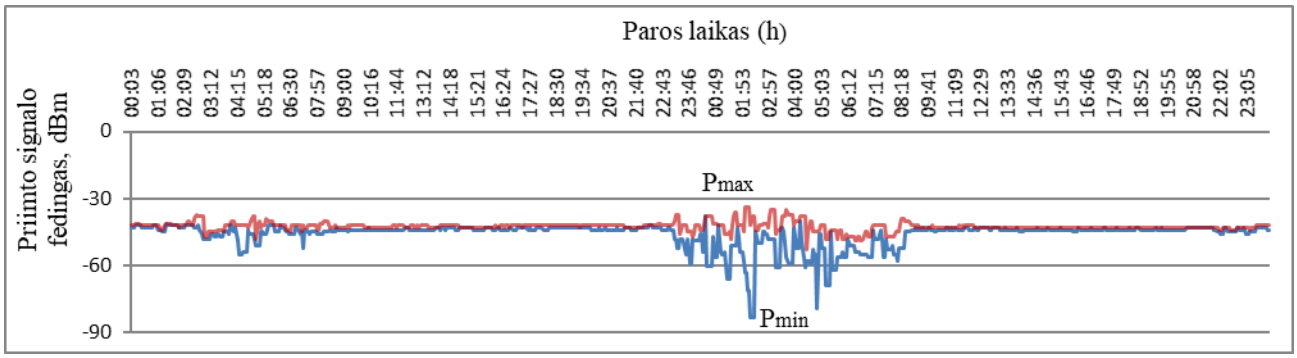
9 pav. Temperatūros pasiskirstymas pajūrio klimato zonoje tomis dienomis, kai atsiranda radijo bangų sklidimo daugeliu kelių efektas

Šaltinis: S. Kašėta et al. Experimental Research of Signal Fading in Fixed Wireless Links.

Pastebėta, kad atmosferoje radijo bangų sklidimas daugeliu kelių yra susijęs su šiltais metų laikais ankstų rytą dažnai atsirandančia rasa. Išanalizavus ir kitus atmosferos parametrus buvo padaryta išvada, kad radijo bangų sklidimas daugeliu kelių šiame ankstyvame dienos laikotarpyje (iki 9 val) yra tiesiogiai susijęs su radijo bangų sklidimo kanalo efektu, kai radijo bangos keičia savo pradinę kryptį ir pradeda sklisti susidariusio tunelio kryptimi.

Radijo ryšio jungtyse, esančiose pajūrio klimato zonoje, radijo bangų sklidimo daugeliu kelių efekto pasireiškimas ir rasos atsiradimas ankstyvą rytą tuo pačiu laiku sutapo 22–30%. Tuo tarpu žemyninio klimato zonoje esančiose jungtyse rasos ir daugelio kelių efekto pasireiškimas sutapo 40–70%. Tačiau, palyginę grafikus 7 ir 8 pav., matome, kad radijo bangų sklidimą daugeliu kelių iššaukia ne tik iškrentanti rasa, nes bangų sklidimas daugeliu kelių vyksta tikrai ne kiekvienu rasos atsiradimo atveju. Todėl, šiuo atveju, išsamesnių išvadų padarymui reikalingas gilesnis tyrimas.

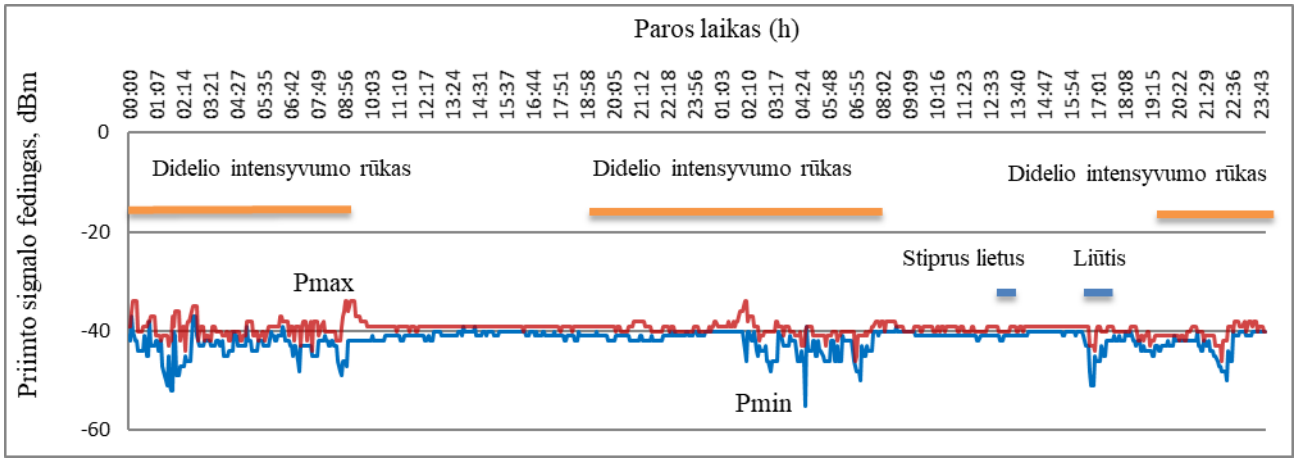
Vasaros sezono metu pajūrio klimato zonoje dažniausiai pasireiškiantis priimto signalo fedingo pasiskirstymas dviejų parų laikotarpyje, kai nėra rasos ar kitų kritulių, pateiktas 10 pav., o 11 pav. pateiktas signalo fedingo efekto pasiskirstymas, kai yra rasa ir krituliai.



10 pav. Priimto signalo fedingas ir signalo sklidimo daugeliu kelių efekto pasiskirstymas dviejų parų laikotarpyje vasaros sezono metu pajūrio klimato zonoje

Šaltinis: S. Kašėta et al. Experimental Research of Signal Fading in Fixed Wireless Links.

Šiltuoju metų laiku radijo bangų sklidimo daugeliu kelių efektas dienos viduryje ar nakties viduryje pasireiškė labai retai. Atliekant tyrimą nebuvo pastebėta, kad bangos sklidimo daugeliu kelių efektas būtų pasireiškęs šaltuoju metų laiku.



11 pav. Priimto signalo fedingas ir signalo sklidimo daugeliu kelių efekto pasiskirstymas dviejų parų laikotarpyje vasaros sezono metu žemyninio klimato zonoje
Šaltinis: S. Kašėta et al. Experimental Research of Signal Fading in Fixed Wireless Links.

Tarpusavyje palyginus įvykius 1 ir 2 pav. bei atitinkamai 5 ir 6 pav., matome, kad priimto signalo nykimo efekto (fedingo) atsiradimas yra labai susijęs su lietaus kritulių buvimu, tačiau jis pasireiškia ne kiekvieno lietaus buvimo atveju.

Išvados

1. Priimamo signalo nykimas tiesioginio matomumo 15 GHz dažnio mikrobangų jungtyse yra labai susijęs su lietaus kritulių atsiradimu ir jų intensyvumu, tačiau ne kiekvienas lietaus kritulių buvimas iššaukia signalo nykimo efektą.
2. Lietuvos teritorijoje radijo signalo sklidimas daugelio kelių principu fiksuotose 15 GHz mikrobangų jungtyse pasireiškia tik šiltuoju metų laiku.
3. Atlikti tyrimai pajūrio ir žemyninio klimato zonose rodo, kad radijo bangų sklidimas daugelio kelių principu yra susijęs su rasos atsiradimu ankstyvą dienos rytą šiltuoju metų laiku, o tai, savo ruožtu, susiję su radijo bangų sklidimo kanalo efektu.
4. Didžioji dalis meteorologinėse stotyse registruojamų atmosferos parametrų nenurodo tiesioginio ryšio su radijo bangos sklidimo daugelio kelių efekto pasireiškimu.

Literatūra

1. V. Grimaila, S. Kašėta, Peculiarity of availability parameters for microwave systems. Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, No. 8(104), 2010, p. 97–102.
2. S. Kašėta et al. Experimental Research of Signal Fading in Fixed Wireless Links. Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas. Technologija, Vol. 20, No. 4, 2014, p. 72–75.
3. J. Bogucki, E. Wielowieyska, Empirical season's fadings in radio communication at 6 GHz band. Journal of telecommunications and information technology, No. 2, Warsaw, 2009, p. 48–52.
4. D. Serdega, G. Ivanovs, Estimation of P_o multipath occurrence factor in Latvia. Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2005, No. 3(59), p. 90–92.
5. J. Bogucki, Precipitation in Radio Communication. Proc. of 17th Intern. Conference Radioelektronika, 2007, p. 48–52.
6. M. O. Odedina, T. J. O. Afullo, Characteristics of seasonal attenuation and fading for line-of-sight links in South Africa. Proc. of SATNAC, Wild Coast Sun, South Africa, 2008, p. 2003–2008.
7. O. Shoewu, Edeko F. O. Microwave signal attenuation at 7.2 GHz in rain and harmattan weather. American journal of scientific and industrial research. 2011.
8. Q. Zhang et al. Understanding the temporal fading in wireless industrial networks: measurements and analyses. 2018 10th International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP), Hangzhou, China, 2018.

INVESTIGATION OF THE SIGNAL FADING IN FIXED WIRELESS LINKS

Summary

Experimental research results of radio signal propagation and fading are presented in this paper. Microwave wireless links operated at 15 GHz and located in a coastal and continental terrain were tested. The impact of different atmosphere phenomena such as the rain, brume, dew, weather conditions, temperature of the ground and dew point temperatures on the signal strength fading in these wireless links were assessed. Additionally, multipath effect origin and rain attenuation were analysed.

Key words: Microwave propagation, radio link, signal fading, multi-path effect.

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, vitas.grimaila@ktu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Stasys Kašėta
Science degree and name: doctor, associated professor
Workplace and position: Kaunas university of applied engineering sciences
Author‘s research interests: transmission and receiving of radio signal
Telephone and e-mail address: 8 612 13545, stasys.kaseta@gmail.com

Author name, surname: Vitas Grimaila
Science degree and name: doctor, associated professor
Workplace and position: Kaunas university of technology
Author‘s research interests: mobile and microwave communications
Telephone and e-mail address: 8 659 99458, vitas.grimaila@ktu.lt

AUTOMOBILIO UŽVEDIMO SPYNELĖS MIKROVALDIKLIO ĮTAMPOS ŠUOLIŲ TYRIMAS

Rūta Jančaitė[1], Rasa Žygienė[2], Marius Saunoris[1,2], Paulius Vitonis[2]
[1]Kauno Technologijos Universitetas, [2]Kauno Technikos Kolegija

Anotacija

Straipsnyje trumpai aptariami užvedimo sistemų tipai, automobilių užvedimo sistemos naudojant nuotolinio valdymo IR raktelį komunikacija bei bendrinė elektroninių užvedimo spynelių sandara. Atliekant eksperimentus, palyginami veikiančios ir neveikiančios automobilio užvedimo spynelių mikrovaldiklių EEPROM programiniai kodai. Naudojant binarinį skirstinį atliktas įtampos šuolių įtakos, užvedimo spynelės mikrovaldiklio programos kodo pakitimui, tyrimas.

Reikšminiai žodžiai: užvedimo spynelė, raktelis, mikrovaldiklis, įtampų šuoliai, binarinis skirstinys.

Įvadas

Įvairios automobilių sistemos tobulėja, o su sudėtingesnėmis elektroninėmis sistemomis vis dažniau atsiranda ir sudėtingiau pašalinamų gedimų.

Vienas nemaloniausių automobilių gedimų yra nesikuriantis automobilio variklis. Šis gedimas gali įvykti dėl bet kurios užvedimo sistemos dalies neveikimo, tačiau šiame straipsnyje susitelkiama į užvedimo spynelių mikrovaldiklių gedimus ir šių gedimų priežastis.

Šio darbo tikslas ištirti užvedimo spynelės mikrovaldiklio gedimo priežastį, atliekant įtampos šuolių matavimą.

Tikslui pasiekti keliami šie uždaviniai:

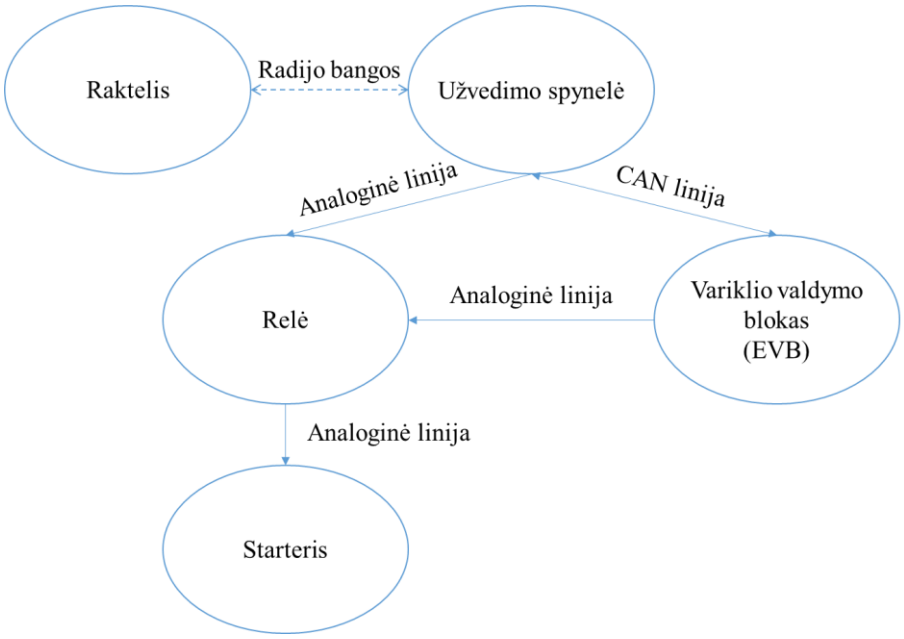
1. Atlikti trumpą užvedimo spynelės sandaros ir komunikacijos apžvalgą
2. Ištirti užvedimo spynelės mikrovaldiklio gedimo priežastį, naudojant binarinį skirstinį.

Automobilio užvedimo spynelės sandara ir komunikacija

Tobulinant užvedimo sistemų veikimą, tarp įvairių pasaulio automobilių gamintojų buvo sukurta didelė įvairovė jų tipų. Anna Richardson, savo knygoje „Security of vehicle key fobs and immobilizers“, teigia, jog užvedimo sistemos gali būti klasifikuojamos pagal raktelio tipą [3]:

1) Fizinis raktelis;
2) Fizinis raktelis turintis transponderį;
3) Nuotolinio valdymo rakteliai
4) Nuotolinis užvedimo raktelis („keyless“);

Straipsnyje analizuojama užvedimo spynelė, veikia kartu su nuotolinio valdymo rakteliu.



1 pav. Automobilio užvedimo sistemos su IR rakteliu sandara ir komunikacija
Šaltinis: sudaryta autorių

Nuotolinio valdymo rakteliai siunčia radijo bangas automobiliui, durelių atrakinimui ir užrakinimui ar bagažinės atidarymui. Senesni rakteliai duomenis siunčia infraraudonaisiais spinduliais, o naujieji rakteliai radijo bangomis. Radijo bangų dažniai skiriasi nuo regiono, pvz., Šiaurės Amerikoje naudojamas 315 MHz dažnis, o Europoje ir Azijoje 433,92 MHz dažnis, o signalo priėmimo atstumas yra nuo 10 iki 100 metrų. Raktelyje paspaudus mygtuką suveikia raktelio mikrovaldiklis ir siunčia 64 arba 128 bitų signalą į raktelio radijo bangų imtuvą.

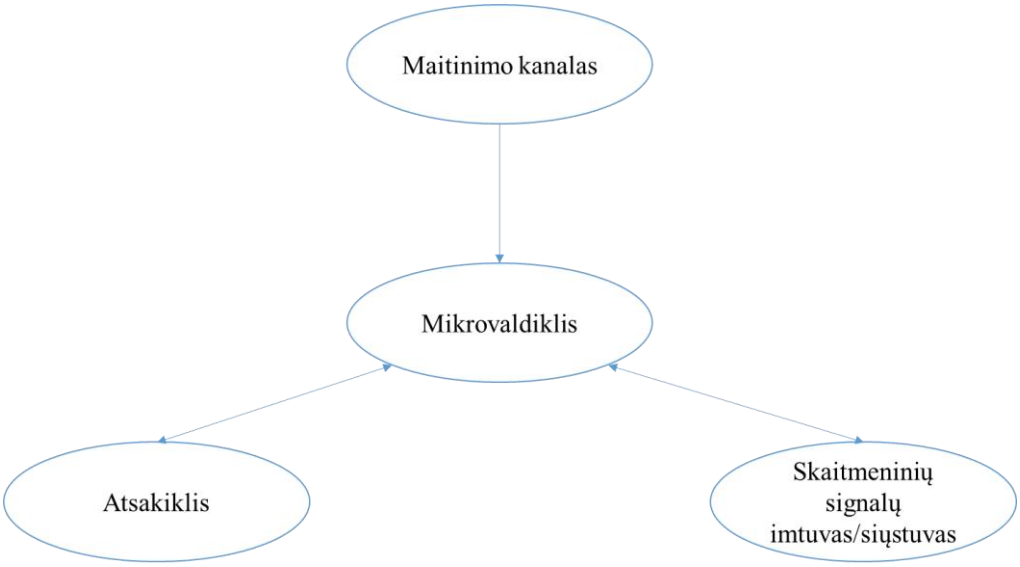
Nuotolinio valdymo raktai nebūtinai turi geležtes. Yra tokių raktelių, kurie veikia IR spindulių pagalba. Tokie raktai naudojami ir šioje, straipsnyje analizuojamoje, sistemoje.

Raktelį įkišus ir pasukus užvedimo spynelėje, ši IR spindulių pagalba iš raktelio gauna 8-ių baitų binarinį kodą, kurį patikrinęs užvedimo spynelės mikrovaldiklis leidžia arba neleidžia pasukti raktelį į užvedimo poziciją užvedimo spynelėje (1 pav.).

Tuomet užvedimo spynelė CAN signalu siunčia duomenis į variklio valdymo bloką. Leidimą užvesti automobilį per relę į starterį nusiunčia elektroninis valdymo blokas (EVB) kartu su užvedimo spynele analoginiais signalais.

Užvedimo spynelės sandara. Elektroninės užvedimo spynelės, skiriasi nuo senųjų užvedimo spynelių, nes automobilio užvedimas yra valdomas mikrovaldikliais, o nebe vien sutapusių raktelio geležtės ir užvedimo spynelės kontaktų dėka. Naujosios kartos automobilių užvedimo spynelės sudarytos iš plastmasinių jas gaubiančių korpusų ir įvairių komponentų esančių elektroninėse užvedimo spynelių plokštėse.

Bendrinė elektroninių užvedimo spynelių sandaros struktūrinė schema pavaizduota 2 paveiksle.



2 pav. Bendrinė užvedimo spynelių sandaros struktūrinė schema
Šaltinis: sudaryta autorių

Užvedimo spynelės maitinimas – tai jungtis į kurią jungiasi maitinimo įtampa iš akumuliatoriaus. Užvedimo spynelės veikimui reikalinga 12 V – 14 V maitinimo įtampa, o elektros srovė turi neviršyti 15 A [1].

Mikrovaldiklis – tai programa valdomas įtaisas skirtas duomenims apdoroti. Mikrovaldiklis užvedimo spynelėje yra atsakingas už informacijos gautos iš raktelio apdorojimą ir komunikacijas su automobilio valdymo blokais.

Skaitmeninio signalo imtuvas/siųstuvas – skirtas priimti ir išsiųsti skaitmeninius duomenis (CAN arba K linijų).

Atsakiklis – tai komponentas, kuris priima informaciją iš raktelio ir siunčia ją į mikrovaldiklį.

Senesnėse užvedimo spynelėse atsakiklis, gavęs reikiamą signalą iš mikrovaldiklio arba raktelio, aktyvuodavo ritę, kuri suteikdavo leidimą pasukti raktelį. Naujesnėse užvedimo spynelėse, ritę keičia IR signalo imtuvas siųstuvas, kuris IR spindulių pagalba nuskaito kodą iš raktelio ir siunčia jį į mikrovaldiklį, o šis patikrinęs duomenis suteikia (arba nesuteikia) leidimą pasukti raktelį į užvedimo poziciją.

Užvedimo spynelės gedimo tyrimas

Viena iš automobilio Mercedes-Benz w204 neužsikūrimo priežasčių yra spynelėse sugendantys NEC mikrovaldikliai (3 pav.).

3 pav. NEC mikrovaldiklis užvedimo spynelės elektroninėje plokštėje
Šaltinis: sudaryta autorių

Tyrimo metu, buvo norima nustatyti, ar atsiradus įtampos šuoliams spynelės maitinime, pakinta spynelės mikrovaldiklio EEPROM atmintis. Veikiančio ir neveikiančio mikrovaldiklių EEPROM atmintys palygintos 4 paveiksle.

```
Custom command:
 T: 6F 00
 R: 70 00 30 77 F9 7D 00 0F 1F
12

Custom command:
 T: 6F 00
 R: 70 00 30 77 F9 7D 00 00 10
10
```

4 pav. Veikiančio (aukščiau) ir neveikiančio (žemiau) mikrovaldiklių EEPROM atminčių palyginimas
Šaltinis: sudaryta autorių

Paveiksle pavaizduotas užvedimo spynelės kodas (angl. hash). Čia T – skaitytuvo siunčiama komanda spynelei, R – atsakymas gaunamas iš spynelės. Atsakymo pirmieji du baitai tik nurodo gaunamo kodo eilės numerį. 30 77 F9 7D rakto identifikacinis kodas (angl. key ID), kuris irgi gali pakisti esant mikrovaldiklio gedimui. Paskutiniai 4 baitai aprašo spynos būseną. Praktika rodo, kad, kai paskutiniai 4 baitai būna 00 00 00 00 arba FF FF FF FF arba 00 00 10 10, kaip šiuo atveju, tai užvedimo spynelė neveikia visiškai arba dalinai.

D. Navikas, mokymo medžiagoje „Experiment Methodology and Planning“ pateikia metodus statistiniam tyrimui atlikti [2]. Naudojantis šiais metodais, visų pirma iškeliama hipotezė, jog tikimybė įvykti mikrovaldiklio atminties pakitimui, įvykus įtampos šuoliams, yra didesnė už 0:

$$H_0: p=0$$
$$H_1: p>0$$

čia H_0 – nulinė hipotezė, reiškianti, jog įtampų šuoliai mikrovaldiklio kodo pasikeitimui įtakos neturi, H_1 – alternatyvioji hipotezė, teigianti, kad mikrovaldiklio kodo pasikeitimui įtampos šuoliai įtakos turės.

Eksperimentas atliekamas prijungus užvedimo spynelę prie maitinimo šaltinio. Staigiai padidinus ar sumažinus įtampą, imituojami įtampos šuoliai. Po tokios procedūros spynelė yra nuskaitoma suprojektuotu

skaitytuvu ir gauta EEPROM atmintis yra lyginama su veikiančios spynelės EEPROM atmintimi. Po kiekvieno tokio bandymo, tikrinamo mikrovaldiklio EEPROM atmintis yra perrašoma veikiančios spynelės mikrovaldiklio EEPROM atmintimi. Bandymai atliekami 30 kartų.

Duomenys, kai imituojama 10 įtampos šuolių pateikiami 1-oje lentelėje.

1 lentelė

Pirmojo eksperimento duomenys

Bandymas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rezultatas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bandymas	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Rezultatas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-

Šaltinis: sudaryta autorių

Įvykio tikimybė apskaičiuojama pagal (1) formulę;

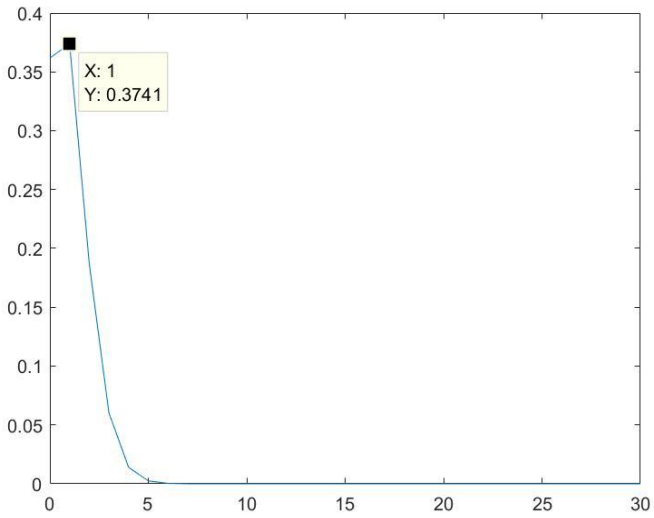
$$P(x) = \frac{x}{n}, \tag{1}$$

čia x – pavykęs bandymas (kai mikrovaldiklio atmintis pakinta), n – bandymų skaičius.

Matoma, kad pavykęs bandymas, buvo tik vienas, taigi tikimybė, kad mikrovaldiklio atmintis pakis yra lygi:

$$P(1) = \frac{1}{30} \approx 0{,}03.$$

Šio binarinio skirstinio grafikas pavaizduotas 5 paveiksle.



5 pav. Binominis skirstinys, kai p=0,03, o n=30

Šaltinis: sudaryta autorių

Grafike matoma, kad skirstinys išsidėstęs plokštumos kairėje ir yra simetriškas nuo taško n=1.

Tikimybė, kad bandymas bus pavykęs yra labai maža, todėl negalima tvirtai teigti, jog mikrovaldiklio kodas pasikeičia būtent dėl įtampos šuolių.

Tuomet atliekamas antrasis eksperimentas imituojant 20 įtampos šuolių vieną po kito. Bandymų duomenys pateikiami 2-oje lentelėje.

2 lentelė

Antrojo eksperimento duomenys

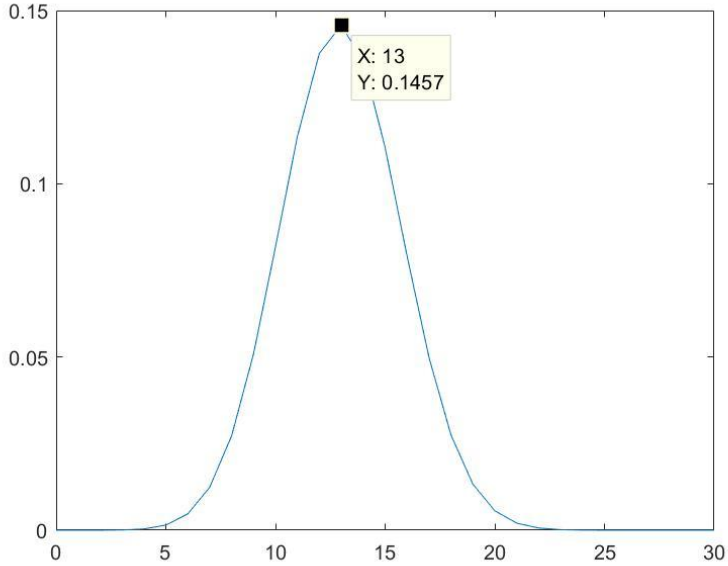
Bandymas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rezultatas	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+
Bandymas	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Rezultatas	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+

Šaltinis: sudaryta autorių

Taigi tikimybė, kad mikrovaldiklio atmintis pakis yra lygi:

$$P(13) = \frac{13}{30} \approx 0{,}433.$$

Šio binarinio skirstinio grafikas pavaizduotas 6 paveiksle.



6 pav. Binominis skirstinys, kai p=0,433, o n=30
Šaltinis: sudaryta autorių

Grafike matoma, kad skirstinys yra išsidėstęs netoli plokštumos centro ir yra simetriškas ties tašku n=13.

Taigi ir apskaičiuotoji antrojo eksperimento tikimybė ir binominis skirstinys įrodo, kad įvykus dvidešimčiai įtampos šuolių iš eilės, mikrovaldiklio kodas galimai pakis.

Abu atlikti eksperimentai parodo tendenciją, kad kuo daugiau įtampos šuolių įvyks, tuo didesnė tikimybė yra įvykti mikrovaldiklio EEPROM atminties pakitimui.

Eksperimentų dėka yra įrodyta, kad nulinė hipotezė H_0 yra atmetama, o alternatyvioji hipotezė H_1 – patvirtinama.

Išvados

1. Straipsnyje atlikta trumpa užvedimo spynelės sandaros ir komunikacijos apžvalga, kurios metu nustatyta, kad tiriamąją automobilio užvedimo spynelę sudaro mikrovaldiklis, maitinimo kanalas, atsakiklis bei skaitmeninio signalo imtuvas/siųstuvas. Nustatyta, kad užvedimo spynelės veikimui reikalinga 12 V – 14 V maitinimo įtampa, o elektros srovė turi neviršyti 15 A.

2. Atliekant užvedimo spynelės mikrovaldiklio gedimo tyrimą, iškelta hipotezė H_1, teigianti, kad mikrovaldiklio kodas pakis esant įtampos šuoliams, bei H_0, kuri teigia, jog mikrovaldiklio kodas nepakis. Atlikus įtampos šuolių imitavimą užvedimo spynelėje, buvo tikrinamas mikrovaldiklio programos kodas. Panaudojant binarinį skirstinį buvo paneigta H_0 hipotezė ir įrodyta, jog užvedimo spynelė sugenda įvykus įtampos šuoliams.

Literatūra

1. Liu W., Zhang M., Rui Y. The Design Scheme of Test Bed Used to Test Automotive Ignition Switches. Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (12-15 Oct. 2003). Shanghai, China, IEEE, 2003, p. 852-855. DOI: 10.1109/ITSC.2003.1252070.
2. Navikas D. Experiment Methodology and Planning, Lecture Notes, Kaunas University of Technology, 2016.
3. Richardson A. Security of vehicle key fobs and immobilizers. [Žiūrėta 2019-12-12]. Prieiga per internetą: http://www.cs.tufts.edu/comp/116/archive/fall2015/arichardson.pdf

RESEARCH OF AN AUTOMOTIVE IGNITION SWITCH MICROCONTROLLER VOLTAGE SURGES

Summary

In this article types of ignition systems, communication of an automotive IR remote keyless entry system and general structure of an electronic ignition switch are discussed. During the experiments, EEPROM program codes of working and not working ignition switch microcontrollers were compared. While using a binary distribution, a research of the voltage surges effect on an ignition switch microcontroller program change was made.

Key words: ignition switch, key, microcontroller, voltage surges, binary distribution.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Rūta Jančaitė
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transpoto ir elektronikos technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 652 49510, rzygaite@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Rasa Žygienė
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Autotransporto elektronikos studijų programos docentė.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transpoto ir elektronikos technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija, edukologija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 620 69206, rasa.zygiene@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Marius Saunoris
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Autotransporto elektronikos studijų programos docentas; VšĮ Kauno technologijos universiteto, Elektros ir elektronikos fakulteto, Elektronikos inžinerijos katedros docentas
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Energetiškai efektyvios elektroninės sistemos
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 684 53462, marius.saunoris@edu.ktk.lt, marius.saunoris@ktu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Paulius Vitonis
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Autotransporto elektronikos studijų programos asistentas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 624 03549, paulius.vitonis@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Rūta Jančaitė
Author's research interests: Technologies of transport and electronics, methodology of engineering research.
Telephone and e-mail address: 8 652 49510, rzygaite@gmail.com

Author name, surname: Rasa Žygienė
Science degree and name: Doctor of Technological Sciences,
Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, associated professor of Motor Transport Electronics Study Programme.
Author's research interests: Technologies of transport and electronics, methodology of engineering research, educology.
Telephone and e-mail address: 8 620 69206, rasa.zygiene@edu.ktk.lt

Author name, surname: Marius Saunoris.
Science degree and name: Doctor of Technological Sciences,
Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, associated professor of Motor Transport Electronics Study Programme; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, associated professor of Electronics Engineering Department
Author's research interests: Energy Efficient Electronic Systems.
Telephone and e-mail address: +370 684 53462, marius.saunoris@edu.ktk.lt, marius.saunoris@ktu.lt

Author name, surname: Paulius Vitonis
Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, assistant of Motor Transport Electronics Study Programme.
Author's research interests: Technologies of transport, methodology of engineering research.
Telephone and e-mail address: 8 624 03549, paulius.vitonis@edu.ktk.lt

VIRTUALIOS APLINKOS, KAIP VIENOS IŠ SUAUGUSIŲJŲ MOKYMO PRIEMONIŲ, PANAUDOJIMAS, MOKANTIS SOLIDWORKS PAGRINDŲ

Rasa Žygienė[1], Rūta Jančaitė[2], Dalius Kalisinskas[1], Tatjana Sokolova[1], Benjaminas Makauskas[1], Paulius Vitonis[1]

[1]Kauno Technikos Kolegija, [2]Kauno Technologijos Universitetas

Anotacija

Europos Sąjungos švietimo ir mokymosi visą gyvenimą politika akcentuoja neformalaus mokymosi svarbą šiuolaikinėje visuomenėje. Šiame straipsnyje keliamas tikslas parengti mokymo priemonę, naudojant nuotolinio mokymosi aplinką ir trimačio projektavimo programą „SolidWorks“, leidžiančią suteikti besimokantiems bazines parametrinio modeliavimo žinias. Straipsnyje pateikiamos virtualios mokymo aplinkos panaudojimo prielaidos ir būdai, taip pat, aprašoma sukurtos mokymo priemonės, naudojant trimačio projektavimo, virtualios simuliacijos ir vizualizavimo programinė įrangą leidžiančia suteikti besimokantiems bazines parametrinio modeliavimo žinias ir tobulėti savarankiškai arba tęsti mokymus toliau pasirinktoje mokymo(si) aplinkoje, metodologija.

Reikšminiai žodžiai: SolidWorks, Zoom, nuotolinis mokymas, metodika.

Įvadas

Kaip rodo tyrimų duomenys [13], suaugusieji, susiduria su įvairiomis kliūtimis bandydami įsitraukti į papildomas mokymosi veiklas, tai dažniausiai susiję su laiko ribotumu ir įsipareigojimų taip pat, dėl nepalankaus darbo grafiko, dėl aukštos mokymosi kainos ir svarbiausia mokymosi galimybių prieinamumo stoka.

Inžinerinės krypties specialistų rengimo kontekste švietimo institucijoms numatyta rengti aukštos kvalifikacijos specialistus, gebančius greitai adaptuotis nuolat kintančioje verslo ir gamybos aplinkoje. Taip pat sparčiai vystosi ir skaitmeninio pasaulio galimybės, kurioms įsisavinti reikalinga nuolat atnaujinti savo gebėjimus.

SolidWorks tai trimačio projektavimo, virtualios simuliacijos ir vizualizavimo programinė įranga, skirta mokslo ir mokymosi tikslams, skatinti inžinerinį ugdymą bei dažnai naudojama kaip pagalbinė priemonė plėtojant inovacijas.

Straipsnyje sprendžiama problema: kokia virtualaus mokymo priemonė leistų suaugusiems suteiktų. bazinio parametrinio modeliavimo žinių?

Šio darbo tikslas yra: parengti mokymo priemonę, naudojant nuotolinio mokymosi aplinką „Zoom“ ir trimačio projektavimo programą „SolidWorks“, leidžiančią suteikti besimokantiems bazines parametrinio modeliavimo žinias.

Straipsnyje keliami uždaviniai:

1. Teoriniame lygmenyje atskleisti suaugusių mokymo virtualioje aplinkoje prielaidas ir būdus.
2. Sukurti mokymo priemonę suaugusiems, skirtą suteikti besimokantiems bazines parametrinio modeliavimo žinias ir jos naudojimą pagrįsti teoriniame lygmenyje.

Dėl iškeltų uždavinių straipsnis pagrįstai skirstomas į dvi pagrindines dalis – teoriniame lygmenyje atskleidžiamos suaugusių mokymo virtualioje aplinkoje prielaidos ir būdai, o metodologiniame lygmenyje pagrindžiamos programos teikimo priemonės ir jų pasirinkimas.

Teorinė dalis

Virtuali mokymosi aplinka. Virtuali mokymosi aplinka vadinama sistema, skirta mokomosios medžiagos pateikimui elektroniniu būdu, mokymosi veikloms organizuoti, pedagogams bendrauti ir bendradarbiauti su besimokančiaisiais.

Virtualiosios mokymosi aplinkos puikiai tinkamos naudoti įvairiose mokslo bei mokymo institucijose, kadangi leidžia ne tik įdomiai, patraukliai pateikti mokymosi medžiagą, tačiau ir padidinti šios medžiagos pasiekiamumą.

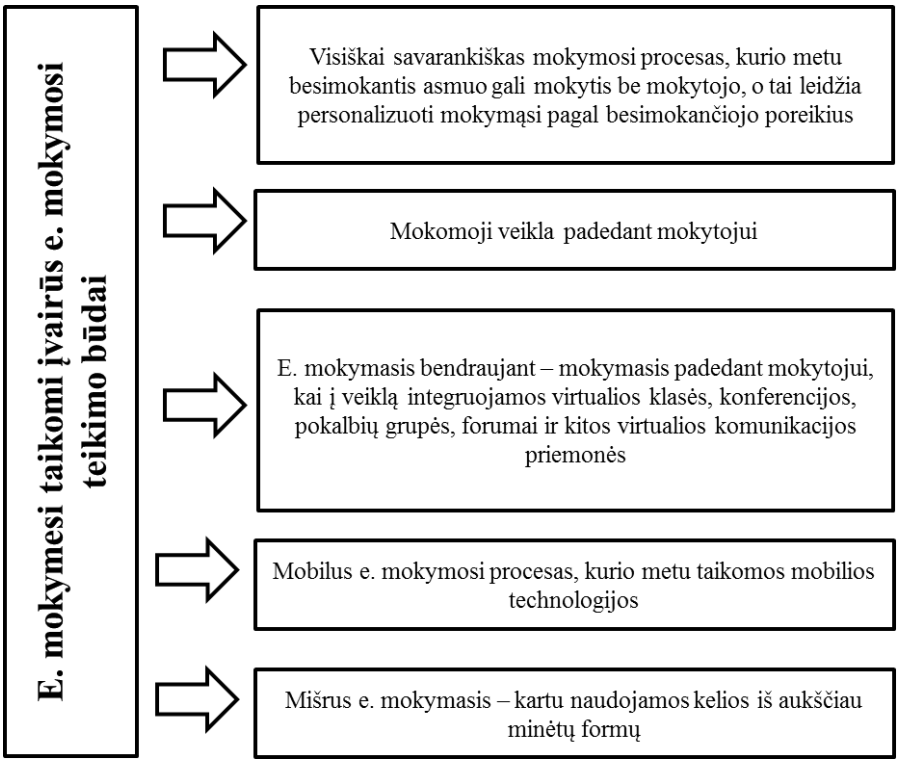
Priklausomai nuo medžiagą pateikiančių pedagogų tikslų bei pateikiamos medžiagos specifikos [11,12], virtuali mokymosi aplinka gali būti naudojama tiek kaip pagalbinė tam tikros paskaitos priemonė, tiek kaip ir visavertė nuotolinio mokymosi programos realizacija.

E. mokymesi taikomi įvairūs e. mokymosi teikimo būdai (1 pav.), kuriais pasiekiamas mokymosi proceso efektyvumas [5,8].

Virtuali mokymosi aplinka – tai puiki priemonė ilgesnei mokomajai veiklai, tai aktualu, nes dažniausiai besimokantys turi galimybių mokytis nuotoliniu būdu.

Virtualios mokymosi priemonės [10] yra virtuali mokymosi aplinka, besimokančiųjų elgesio vertinimo priemonės, medžiagos ir interaktyvių užduočių kūrimo priemonės; bendravimo ir bendradarbiavimo

priemonės; skaitmeniniai vadovėliai ir pratybos; virtualios laboratorijos; skaitmeninių priemonių saugyklos ir t.t.



1 pav. E. mokymosi teikimo būdai
Šaltinis: sudarytas autorių pagal [8]

Informacinės komunikacinės technologijos (IKT) apima informacijos kaupimą, laikymą, apdorojimą, pateikimą ir perdavimo būdus bei priemones. Visose žmonių veiklos srityse informacinės technologijos yra pakankamai reikšmingos.

Priklausomai nuo medžiagą pateikiančių pedagogų tikslų bei pateikiamos medžiagos specifikos, virtuali mokymosi aplinka gali būti naudojama tiek kaip pagalbinė paskaitos priemonė, tiek kaip ir visavertė nuotolinio mokymosi programos realizacija.

SolidWorks. SolidWorks (2 pav.) tai kompiuterinio projektavimo paketas, skirtas erdviniams kūnams projektuoti. SolidWorks suteikia galimybę inžinieriui įgyvendinti sprendimus virtualioje erdvėje, atlikti detalizavimą ir parengti konstrukcinę dokumentaciją. Projektavimo sistema naudojama Microsoft Windows aplinkoje. SolidWorks – objektinio orientavimo metodologija pagrįstas automatizuotas mechanikos objektų projektavimo paketas [14]. Erdvinio kūno modeliuojamas reikalingas kuriant parametrinį detalės modelį.

2 pav. Kompiuterinis projektavimo paketas SolidWorks
Šaltinis: sudarytas autorių

SolidWorks naudotis paprasta dėl intuityvios programinės sąsajos, logiškų, sumanių, į vartotoją orientuotų naujovių, paprastų ir aiškių funkcijų. SolidWorks naudoja daugelis: elektronikos specialistai, dizaineriai, atsarginių automobilių dalių gamintojai, specialių efektų filmuose kūrėjai, batų ir sporto įrango gamintojai ir t.t.

Lyginant su kitomis programomis, SolidWorks kodas integruojami tiesiogiai, todėl rasti makrokomandas ir junginius – itin lengva, o taip pat nesunku ir sukurti juos pačiam. Interneto platybėse apstu skirtingų makrokomandų pavyzdžių. Taip pat programa turi galimybes: tą patį failą išsaugoti skirtingais formatais ir t.t. Mechanikai ir inžinieriai dėl elektroninio „SolidWorks“ domeno gali rinktis vis kitokią inžinerinę aplinką.

Metodologinė dalis

Mokymo priemonė skirta suaugusiems pradedantiesiems SolidWorks vartotojams. Vykdant programą, klausytojai išmoksta kurti detalių modelius ir surinkimus. Tikėtina, kad pradinės besimokančiųjų IT žinios bei gebėjimai bus skirtingi.

Mokymo priemonės taikymo tikslas - suteikti besimokantiems bazines parametrinio modeliavimo žinias ir taikant kompiuterinio projektavimo technologijų programą SolidWorks išmokyti juos trimačio modeliavimo.

Mokymo priemonės taikymo uždaviniai:

1. Supažindinti su parametrinio modeliavimo naudojant SolidWorks projektavimo sistema.
2. Išmokyti programos dalyvius, kurti SolidWorks projektavimo sistema parametrinius detalių modelius, atlikti jų surinkimus, naudotis įrankiais, pagreitinančiais projektavimo procesą.
3. Išmokti dirbti automatizuoto trimačio projektavimo sistema SolidWorks.

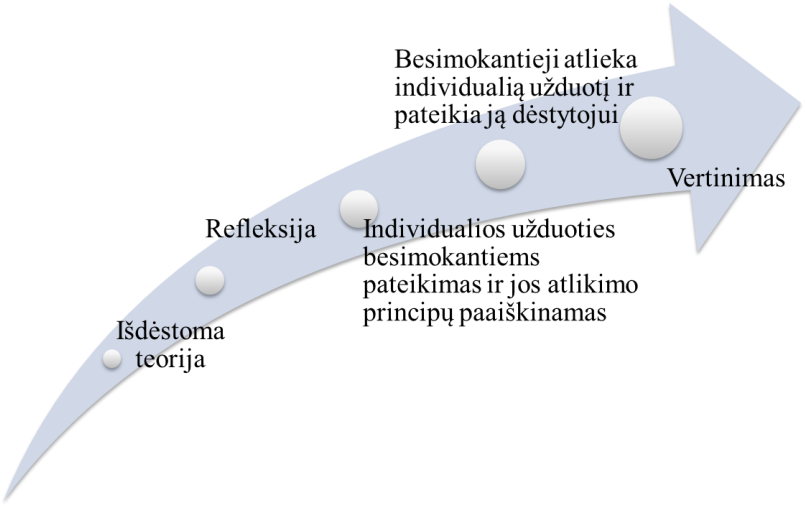
Mokymo priemonės taikymo aikštelė: 10 – 12 nuotolinių paskaitų, kuriuose gali dalyvauti nuo 4 iki 10 dalyvių ir labai tikėtina, kad jų nuostatos, žinios bei gebėjimai bus skirtingi. Programos dalyviai turi mokėti naudotis internetu, mokymosi aplinka Zoom bei turėti bazines kompiuterinio raštingumo žinias. Programa gali būti vykdoma, bet kurioje aplinkoje, visiškai nesvarbi vieta (*angl.* Outdoors), bet reikalingas internetinis ryšys.

Darbas auditorijose dar nereiškia kad tai buvo efektyvi mokymosi patirtis ir laikas praleistas ne jose nėra naudingas. Atliktuose tyrimuose [4] teigiama, kad mokymosi pažangumas geresnis buvo pas studentus, kurie naudojo ne akademinę mokymosi aplinką. Kiti tyrinėtojai praneša apie vidurinės mokyklos studijas gamtos mokslų studentai lankydamiesi jūrų pramogų parke teigė, kad „mokytojai turi užtikrinti, kad mokiniai nėra atitraukti dėl vietos naujovės. Kai teigia tyrėjai [1-4,6,7,9], besimokančio pasirinkta aplinka gali sudaryti sąlygas mokytis geriau, tačiau atsiranda daugiau reikalavimų ir emocinių iššūkių pedagogams.

Mokymo priemonės pateikimo būdai. Teorinių paskaitų ir praktikumų metu naudojami šie grafinės medžiagos pateikimo būdai: tai braižymas virtualioje „Zoom“ lentoje, mokomųjų modelių demonstravimas su SolidWorks, kompiuterinių ir animuotų skaidrių parengtų PowerPoint programa demonstravimas, video medžiagos demonstravimas ir kt.

Mokymo priemonės taikymui reikalingos priemonės: Kompiuteris, SolidWorks programa, internetinis ryšys.

Mokymo programos taikymo besimokantiems etapai pateikti 3 paveiksle.



3 pav. Mokymo priemonės taikymo besimokantiems etapai
Šaltinis: sudarytas autorių

Inžinerinėje grafikoje teorija yra neatsiejama nuo praktinių užduočių, programos dalyviams nuolatos reikalinga pateikti realių pavyzdžių. Praktinės užduoties atlikimas paskaitų metu, skatina besimokančius

atidžiau klausytis dėstytojo dėstomos medžiagos, o brėžinio panaudojimas užduočiai atlikti, sutaupo laiką dėstytojui ir jam nebereikia perbraižyti užduoties nu pradžių.

Taikant mokymo priemonę naudojami metodai: žodiniai (diskusijos, klausimai - atsakymai, refleksija), vaizdiniai (skaidrės, filmukai bei virtuali mokymo lenta), rašytiniai (refleksija, klausimai - atsakymai) ir praktiniai (individualios ir grupinės užduotys).

Mokymo SolidWorks pagrindų temos ir įgyjami gebėjimai:

1. SolidWorks pagrindai ir vartotojo aplinka. Vedama tradicinė paskaita, kur supažindinama su SolidWorks programa, o besimokantieji įgyja teorines žinias apie SolidWorks programą ir jos pagrindinius įrankius.
2. Įvadas į eskizų kūrimą. Vedama tipinė paskaita, kurios metu diskutuojama eskizo, besimokantieji gauna individualias užduotis 2D eskizų kūrimui su SolidWorks programa. Besimokantieji išklausę paskaitą ir atlikę individualias užduotis žinos projektavimo taisykles eskizui braižyti ir gebės nubraižyti 2 D detalės eskizą SolidWorks programoje.
3. Detalių modeliavimo pagrindai. Vedama teorinė paskaita, paaiškinama detalių projektavimo eiga erdviniam modeliui sudaryti. ir šia tema diskutuojama. Po diskusijos atliekamas pristatytos medžiagos apibendrinimas ir besimokantieji individuliai kuria SolidWorks programoje 3D eskizus. Atlikę individualų darbą besimokantieji žinos ir gebės numatyti detalių projektavimo eigą erdviniam modeliui sudaryti, gebės kurti eskizus.
4. Sukinių projektavimas. Vedama tipinė paskaita, besimokantieji supažindinami su sukinio formos detalių projektavimu ir atlieka individualias užduotis, taip įgyja žinių apie sukinių sudarymo SolidWorks programoje principus ir geba šias žinias panaudoti praktikoje.
5. Savybių priskyrimas projektuojamai detalei. Vedama tradicinė paskaita paaiškinant apie medžiagų detalei parinkimą. Besimokantieji užtvirtina gautas žinias individualiu darbu. Po paskaitos besimokantieji gebės priskirti projektuojamai detalei savybes atlikti analizę ir parinkti reikalingas medžiagas SolidWorks programoje.
6. Tuščiavidurių detalių ir stiprumo briaunų kūrimas. Pagal detalės formą ir dydį atliekamas standumo sienelių braižymas SolidWorks programoje. Atlikę individualią užduotį, besimokantieji gebės iš nubraižytos detalės suformuoti tuščiavidurį gaminį.
7. .Modelio redagavimas ir klaidų taisymas. Tradicinės paskaitos metu pasitelkiant diskusiją su besimokančiais supažindinama su detalės matmenų keitimu ir eskizo klaidų taisymu. Taip besimokantieji žinos modelio redagavimo principus ir gebės atlikti jo pataisymus.
8. Brėžinio kūrimas. Besimokantieji tipinės paskaitos metu bus supažinti su LT ISO standartu o atlikę individualias užduotis SolidWorks programoje bei pildydamas įrašų lenteles ir braižydami matmenis gebės apiforminti darbą pagal LT ISO standartą.
9. Surinkimo brėžinio komponavimas iš atskirų detalių. Nubraižytos SolidWorks programoje detalės mokinamos sukelti į vieną surinkimo langą, suteikiant ryšius. Besimokantis išklausęs tipinę paskaitą ir atlikęs komandinio darbo užduotis gebės iš atskirų detalių surinkti mazgą.
10. SolidWorks bibliotekos panaudojimas. Iš bibliotekos SolidWorks programoje panaudojamos standartinės detalės. Besimokantieji žinos SolidWorks bibliotekoje esančių standartinių gaminių panaudojimo galimybes, atliekant surinkimo mazgo užduotis.

Visomis paskaitų temomis pateikiamos skaidrės, po kiekvienos nuotolinės paskaitos pabaigoje turi vykti trumpos kausimų – atsakymų sesijos.

Be aukščiau išvardintų gebėjimų papildomai ugdomos kompetencijos: komunikacinės (grupinis darbas), Savianalizės (diskusijos). Svarbiausia įgyjama kompetencija yra IT taikymas mokinantis savarankiškai, nes tai sudaro sąlygas diferencijuoti mokymosi turinį ir tempą.

Programos dalyvių pasiekimų vertinimas. Programos dalyvių pasiekimai vertinami formuojamuoju vertinimu. Kiekvienoje paskaitoje kaupiami balai už atliktas individualias ir grupines užduotis. Maksimaliai programos dalyvis gali surinkti nuo 100 balų. Formuojamojo vertinimas patogus, nes programos dalyviai gali sėkmingai rinkti balus iki aprašytos programos pabaigos, tada visų surinktų balų atliekamas apibendrinamasis vertinimas. Kiekvienas programos dalyvis gali patirti sėkmę ir pats valdyti savo mokymąsi.

Dalyvių įgytų kompetencijų patvirtinimas. Asmenims, sėkmingai baigusiems mokymo programą ir išlaikiusiems baigiamąją įskaitą, gali būti išduodami patvirtinti mokymų sertifikatai.

Mokymo priemonės aktualumas – SolidWorks programos taikymas praktikoje palengvina darbą sprendžiant inžinierinius uždavinius įvairiose srityse, o pasirinkta mokymosi aplinka sudaro sąlygas mokytis geriau. Dėstymas virtualioje aplinko kelia vis daugiau reikalavimų ir emocinių iššūkių dėstytojams.

Išvados

1. Teoriniame lygmenyje atskleistos suaugusių mokymo virtualioje aplinkoje prielaidos ir nustatyti e. mokymosi būdai. Sudaroma prielaida, kad besimokantiesiems patogiau ir įdomiau mokytis, naudojant virtualias priemones.
2. Programinį paketą SolidWorks taiko įvairių specialybių atstovai, nes tai palengvina darbą sprendžiant inžinierinius uždavinius įvairiose srityse. Sukurta mokymo priemonė aktuali suaugusiems, nes jos vykdymas galimas ir nuotoliniu būdu, neprisirišant prie mokymosi vietos (Outdoor) bei priemonių, nes galimas įvairių mobiliųjų priemonių naudojimas.
3. Pateiktos virtualioje aplinkoje naudojamos mokymo programos metu įgytos žinios leistų baigusiems kurti detales, mazgus ir jų brėžinius, o įgyti darbą automatizuojančių įrankių panaudojimo įgūdžiai, leistų išvengti klaidų ir projektavimo darbus atlikti greičiau. Priklausomai nuo besimokančiųjų poreikio, baigus pradinę programą galimas tolesnis tiek savarankiškas galimų SolidWorks versijų mokymasis, tiek dalyvaujant tolimesnėse virtualiose tobulinimo programose.

Literatūra

1. Beard, C. The Power of Experiential Learning: A Handbook for Trainers and Educators, UK: Kogan Page, 2002.
2. Beard, C., and Wilson, J. P. Experiential Learning: A Best Practise Handbook for Educators and Teachers, UK: Kogan Page, 2006.
3. Brown, G. How Students Learn. London: Routledge Education, 2004.
4. Burnett, J., Lucas, K. B. and Dooley, J. H. Small group behaviour in a novel field environment: senior science students visit a marine theme park. Australian Science Teachers' Journal, 1996, 42(4), p. 59–64.
5. Camilleri, A.C. & Camilleri, M.A. Mobile Learning via Educational Apps: An Interpretative Study. In Shun-Wing N.G., Fun, T.S. & Shi, Y. (Eds.) 5th International Conference on Education and Training Technologies (ICETT 2019). Seoul, South Korea (May, 2019). International Economics Development and Research Center (IEDRC), 2019.
6. Eaton, D. Cognitive and affective learning in outdoor education. Dissertation Abstracts International – Section A: Humanities and Social Sciences, 2000, 60, 10-A, 3595.
7. Fägerstam, E. Perspectives on outdoor teaching and Learning. Sweden: Department of Behavioural Sciences and Learning, 2012.
8. Ge, X. and Ifenthaler, D. Designing engaging educational games and assessing engagement in game-based learning" In Gamification in Education: Breakthroughs in Research and Practice, 2018, 1-19, IGI Global, Hershey, USA.
9. Martin, W. W., Falk, J. H. and Balling, J. D. Environmental effects on learning: the outdoor field trip. Science Education, 2018, 65(3), p. 301–309.
10. Mažeikienė R. Virtualių mokymo priemonių panaudojimas ugdyme. [Žiūrėta 2020-03-01]. Prieiga per internetą: http://www.prsc.lt/images/EdukacinisBankas/Metodinė%20priemonė_Virtualioji_mokymosi_sistema_e.pdf.
11. Monterrat, B., Desmarais, M., Lavoué, É. ir George, S. A player model for adaptive gamification in learning environments. International Conference on Artificial Intelligence in Education. Springer International Publishing, 2015.
12. Morschheuser, B., Hamari, J., W. K., & Abe, J. How to gamify? A method for designing gamification. Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences, 2017, p. 1298-1307.
13. Šorienė N. Suaugusiųjų mokymasis: Kiek mokosi, ką moka, ar turi galimybių mokytis? o Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministerijos, Švietimo aprūpinimo centras. ISSN 1822-4156, 2015, 6 (130): p. 1-12.
14. Vdovinskienė S., Vilkevič V. Modeliavimo pradmenys SolidWorks aplinkoje. Mokomoji knyga. Vilniaus Gedimino technikos universiteto leidykla „Technika", 2011, 127 p.

USING OF VIRTUAL ENIRONMENT AS ONE OF THE ADULT EDUCATION TOOLS, LEARNING THE BASICS OF SOLIDWORKS

Summary

Requirements of European Union education for a lifetime, accentuates the importance of an informal learning in modern society. A purpose of this article is to develop a tutoring tool using a distant learning environment and three-dimensional design program „SolidWorks", which allows to provide the knowledge of basic parametric modelling to the learners. In this article, assumption and methods of use of a virtual tutoring environment are provided. Also the methodology of a developed tutoring tool, using three-dimensional design, virtual simulation and visualisation software, that allows to provide the knowledge of basic parametric modelling to the learners and to improve themselves independently or to continue the learning in the chosen learning environment, is described.

Key words: SolidWorks, Zoom, distance tutoring, methodology.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Rasa Žygienė
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Autotransporto elektronikos studijų programos docentė.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transpoto ir elektronikos technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija, edukologija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 620 69206, rasa.zygiene@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Rūta Jančaitė
Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto ir elektronikos technologijos, edukologija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 652 49510, rzygaite@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Dalius Kalisinskas
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Autotransporto elektronikos studijų programos lektorius.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 681 77017, dalius.kalisinskas@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Tatjana Sokolova
Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Autotransporto elektronikos studijų programos lektorė.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 677 03782, tatjana.sokolova@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Benjaminas Makauskas
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Autotransporto elektronikos studijų programos lektorius.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 650 84305, benjeminas.makauskas@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Paulius Vitonis
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Autotransporto elektronikos studijų programos asistentas.
Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 624 03549, paulius.vitonis@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Rasa Žygienė
Science degree and name: Doctor of Technological Sciences,
Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, associated professor of Motor Transport Electronics Study Programme.
Author's research interests: Technologies of transport and electronics, methodology of engineering research, educology.
Telephone and e-mail address: 8 620 69206, rasa.zygiene@edu.ktk.lt

Author name, surname: Rūta Jančaitė
Author's research interests: Technologies of transport and electronics, methodology of engineering research.
Telephone and e-mail address: 8 652 49510, rzygaite@gmail.com

Author name, surname: Dalius Kalisinskas
Science degree and name: Doctor of Technological Sciences,
Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, lecturer of Motor Transport Electronics Study Programme.
Author's research interests: Technologies of transport, methodology of engineering research, educology.
Telephone and e-mail address: 8 681 77017, dalius.kalisinskas@edu.ktk.lt

Author name, surname: Tatjana Sokolova
Science degree and name: Doctor of Technological Sciences,
Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, lecturer of Motor Transport Electronics Study Programme.
Author's research interests: Technologies of transport, methodology of engineering research, educology.
Telephone and e-mail address: 8 677 03782, tatjana.sokolova@edu.ktk.lt

Author name, surname: Benjaminas Makauskas
Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, lecturer of Motor Transport Electronics Study Programme.
Author's research interests: Technologies of transport, methodology of engineering research, educology.
Telephone and e-mail address: 8 650 84305, benjeminas.makauskas@edu.ktk.lt

Author name, surname: Paulius Vitonis
Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, assistant of Motor Transport Electronics Study Programme.
Author's research interests: Technologies of transport, methodology of engineering research.
Telephone and e-mail address: 8 624 03549, paulius.vitonis@edu.ktk.lt

VEIKSNIAI ĮTAKOJANTYS STUDENTŲ VERSLUMO UGDYMĄ INŽINERINĖSE STUDIJOSE. PALYGINAMOJI ANALIZĖ

Regina Motienė, Kristina Burneikienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Verslumo ugdymo ir mokymosi plėtros svarba akcentuojama europiniuose ir nacionaliniuose strateginiuose dokumentuose. Europos jaunimo paktas, priimtas atsižvelgiant į Europos visuomenės senėjimą ir Lisabonos strategijos nuostatą sukurti konkurencingą ūkį, Europos užimtumo strategiją, Jaunimo užimtumo iniciatyva (YEI) ir Socialinės įtraukties strategiją, studento verslumą laiko pagrindiniu užimtumo, integracijos ir socialinės pažangos veiksniu, kurį būtina skatinti. Todėl siekiant išvengti netolygios Lietuvos ekonomikos plėtros, ypač svarbu skatinti jaunimo verslumą.

Kaip teigiama ES Veiksmų plane „Verslumas 2020“, siekiant, kad Europos ekonomika augtų ir užimtumo lygis vėl didėtų, Europai reikia daugiau verslininkų. Verslumas – tai žmogaus ir visuomenės gebėjimas kurti ir plėtoti verslą bei inovacijas, atrasti naujas galimybes, mokėjimas realizuoti save ir kurti ekonominę arba socialinę vertę. Vienas iš plano ramsčių – verslumo ugdymo ir mokymo plėtra. Verslumas yra labai paveiki ekonomikos augimo ir darbo vietų kūrimo priemonė: ji sukuria naujas įmones ir darbo vietas, atveria naujas rinkas ir skatina įgyti naujų įgūdžių ir gebėjimų. Verslumas yra pagrindinė Europos sistemos formuojama kompetencija ir veiksmas pagal naujausią Komisijos švietimo persvarstymo komunikatą.

Reikšminiai žodžiai: verslumas, verslumo gebėjimai, verslumo ugdymas.

Įvadas

Šiandien plačiai pripažįstama švietimo svarba skatinant verslumu grindžiamą požiūrį ir elgseną. Tokių kompetencijų kaip kūrybiškumas, iniciatyvumas ir verslumas įgijimas, padės jauniems žmonėms ugdyti jų pajėgumą kūrybiškai mąstyti ir diegti naujoves, imtis iniciatyvos, ugdyti lankstumą ir savarankiškumą bei pajėgumąvadovauti projektams ir siekti rezultatų. Pagal tokias programas besimokantys jaunuoliai išsiugdys verslumo nuostatas, baigę studijas anksčiau įsidarbins ir įsteigs daugiau įmonių, taigi patys sukurs daugiau darbo vietų. Verslumo ugdymo programos suteikia puikią progą susieti švietimo sistemas su vietos ekonomika, nes jos grįstos projektiniu darbu ir savanorišku tikrų verslininkų dalyvavimu. Studentai, kurie užmezga ryšius su vietos verslo bendruomene, baigę studijas dažniau lieka gyventi savo regione arba valstybėje, įsidarbina vietos įmonėse arba patys imasi verslo (Antonio TAJANI, Europos Komisijos pirmininko pavaduotojas, Johannes HAHN, Europos Komisijos narys, LászlÓ ANDOR, Europos Komisijos narys, 2013).

Verslumo vystymas yra būtina sąlyga Europos pažangaus, tvaraus ir integracinio augimo strategijos numatytiems tikslams įgyvendinti. Kartu tai ir priemonė, galinti padėti reaguoti į ekonominius iššūkius, kurti naujas darbo vietas ir kovoti su socialine bei finansine atskirtimi. Pasaulio finansų ir ekonominės krizės poveikis reikalauja skirti didesnį dėmesį verslumui ir savarankiškam užimtumui formuojant šalies ūkio ir socialinę politiką. Tai ypač aktualu jaunimo atžvilgiu, kurių nedarbo lygis yra didesnis nei suaugusiųjų, ir kurie neretai pradėdami savo darbinę veiklą susiduria su didesniais sunkumais, įsiliejant į darbo rinką.

Jaunimo nedarbas nėra naujas reiškinys ir kelios ES valstybės narės jau daugelį metų susiduria su nepaprastai aukštu jo lygiu. Remiantis Europos Audito Rūmų parengta specialiąja ataskaita Nr. 5/2017 dėl 2008 m. ekonominės krizės jaunimui buvo dar sunkiau integruotis į darbo rinką. Nors padėtis pagerėjo, daugiau kaip 4,2 milijono asmenų iki 25 metų amžiaus 2016 m. birželio mėn. ES vis dar buvo bedarbiai. Šių metų vasarį ES nedirbo 3,91 mln. jaunesnių nei 25 metų asmenų. Tai sudaro 17,3 proc. visų 15 – 24 metų sulaukusių ES gyventojų. Lietuvoje šių metų vasarį jaunimo nedarbas siekė – 15,7 proc, tačiau mūsų šalyje išaugo individualią veiklą, įsigijus verslo liudijimą, pradėjusių jaunuolių skaičius. 2016 m. individualia veikla užsiėmė 13 tūkst. 16–29 m. jaunimo (2015 m. - 10 tūkst.).

Tyrimo objektas – veiksnių, įtakojančių studentų, besimokančių inžinerinėse studijose požiūris į verslumo gebėjimų ugdymą.

Darbo tikslas – išsiaiškinti studentų verslumo ugdymo situaciją ir galimybes aukštosiose neuniversitetinėse inžinerinėse studijose.

Darbo uždaviniai:

- Atskleisti verslumo gebėjimų ugdymo aspektus.
- Išsiaiškinti studentų nuomonę apie verslumo gebėjimų ugdymo situaciją ir galimybes aukštosiose neuniversitetinėse inžinerinėse studijose ir atlikti palyginamąją analizę.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, anketinė apklausa.

1. Verslumo ugdymo teoriniai aspektai

Šiuolaikinėje visuomenėje vis dažniau verslumas yra siejamas su visuomenės pažanga ir jos narių gerovės augimu. Sutariama, kad Europos pajėgumas sėkmingai konkuruoti ir skatinti ekonomikos augimą itin priklauso nuo jos verslumo lygio. Dėl šios priežasties mokslinėse diskusijose vis daugiau dėmesio skiriama verslumo ugdymui kaip vienai svarbiausių priemonių skatinant visos Europos pažangų, tvarų ir integracinį augimą. Verslumo ugdymo ir mokymosi plėtros svarba akcentuojama europiniuose ir nacionaliniuose strateginiuose dokumentuose.

Europos jaunimo paktas (2005 m.), priimtas atsižvelgiant į Europos visuomenės senėjimą, Lisabonos strategijos (2000 m.) nuostata sukurti konkurencingą ir dinamišką, žinių pagrindu augantį ūkį, Europos užimtumo strategija kartu su Jaunimo užimtumo iniciatyva (YEI) (2013 m.) ir Socialinės įtraukties strategija (redakcija 2016m.), jaunų žmonių, studentų verslumą išskiria kaip pagrindinį užimtumo, integracijos ir socialinės pažangos veiksnį, kurį būtina skatinti. Studentas yra imliausia ir perspektyviausia ateities visuomenės grupė. Dar 2004 m. Europos Komisija sudarė veiksmų planą, kuriame viena iš verslumo politikos krypčių yra jaunimo verslumo skatinimas. Studento verslumo išraiškos gali būti įvairios: verslo organizacijos įsteigimas bei užsiėmimas ekonomine veikla, apibrėžta Lietuvos Respublikos pridėtinės vertės mokesčio įstatymo (2002 m. kovo 5 d. Nr. IX-751) 8 straipsnyje. Vis labiau akcentuojamas socialinis verslumas – organizacijos pagal Lietuvos Respublikos asociacijų įstatymą, viešųjų įstaigų įstatymą ar labdaros ir paramos fondų įstatymą įsteigimas, kitos studento iniciatyvos, sukuriančios pridėtinę vertę viešajame ir nevyriausybiniame sektoriuose. Aukštosios mokyklos privalo ieškoti naujų būdų ir metodų verslumui ugdyti – konsultavimo tinklų kūrimas, virtualių, simuliacinių firmų steigimas, netgi smulkių studentų verslo įmonių parama, jei veikla susijusi ir vykdoma aukštosios mokyklos bendruomenei ar jos teritorijoje.

Verslumo sąvoka kilusi iš anglų kalbos žodžio „entrepreneurship“, kuris siejamas su gebėjimu atrasti naujas galimybes, mokėjimu realizuoti save ir kurti ekonominę arba socialinę vertę. Apie verslumo mokymą pirmą kartą buvo pradėta kalbėti D.Britanijoje apie 1989 metus. 1990–1992 metais buvo sukurti pirmieji standartai ir atliktas pirmasis projektas, o 1996 metais buvo pataisyti ir naujai redaguoti standartai.

Kaip teigia mokslo atstovai, verslumo ugdymas yra atskira sritis, bet ją galima glaudžiai ir sėkmingai derinti bei integruoti su ekonominiu švietimu. Lietuvos Respublikos Seimo nutarime „Dėl valstybinės švietimo strategijos 2003 - 2012 metų nuostatų (2003 m. liepos 4d. Nr.IX -1700)“ rašoma:

- Visuose švietimo lygiuose sustiprinamas dėmesys verslumui skatinti ir finansinei išminčiai ugdyti. Pasiekiama, kad ekonominio raštingumo pradmenis įgytų visi pagrindinės mokyklos mokiniai, šio raštingumo pagrindai ir verslumo įgūdžiai būtų suteikti mokiniams ir studentams;
- Iš esmės atnaujinami švietimo turinio perteikimo būdai visuose švietimo lygiuose. Įdiegiami aktyvūs, savarankiškumą ir bendradarbiavimą skatinantys mokymosi metodai ir savarankiškos veiklos praktika.

Pagrindinius valstybės poreikius įvardija Valstybės pažangos strategija „Lietuvos pažangos strategija „Lietuva 2030“, iškėlusi sumanios Lietuvos viziją:

- Visuomenė turi tapti veikli, solidari, nuolat besimokanti.
- Kiekvienas asmuo – atviras kaitai, kūrybingas ir atsakingas. Tik taip Lietuvos Respublika galėtų atsirasti tarp 10 pažangiausių Europos Sąjungos valstybių narių, o kiekvienas asmuo taptų savarankiškai kuriančiu savo sėkmę sąmoningu piliečiu, įsiliejančiu į tokių pat asmenų nacionalinę ir pasaulinę bendruomenę, pažangią ekonomiką ir savitą nacionalinę kultūrą.

Verslumas ir jį apibūdinantys veiksniai nėra vienareikšmiškai suvokti ir paaiškinti mokslinėje literatūroje. Tai sąlygoja mokslininkų ir praktikų įvairios verslumo apibrėžtys.

Günter Faltin, (2000) teigė, kad „Verslumo supratimas tik kaip kūrimas sau darbo vietos ir neleidžia iki galo suvokti visų galimybių, kurias siūlo verslumas“.

L. Juozaitienė (2003) verslumą supranta kaip sudėtingą savybę, kuri lemia verslininkystės gyvavimą ir yra daugiau kokybinė sugebėjimų ir savybių išraiška, būdinga atskiriems žmonėms, pasižymintiems aktyvumu, iniciatyva, žiniomis ir smalsumu, tvirta vidine motyvacija.

Taip pat reikėtų konstatuoti, kad verslumas yra ne tik žinios apie verslo kūrimą, bet ir žmogaus gerovės kūrėjas. Būtina pažymėti, jog „verslumas ir neturtingi žmonės – argi ne iš mūsų neverslių vaikų“ taip teigė L.Donskis (2005).

Labai išsamiai verslaus asmens savybių rinkinį yra pateikusi L. Mincienė (2004), išskirdama verslumo sąvokos komponentus: Verslumas – tai unikalus sprendimų, naujovių siekimo ir rizikos derinys, skatinantis verslą. Verslumas yra įgimtos ir įgytos žmogaus savybės, leidžiančios jam naujoviškai mąstyti ir aktyviai bei rizikingai veikti. Verslumas – asmens mąstymo būdas. Tai būdinga atskiriems žmonėms sugebantiems organizuoti verslą, pasižymintiems bendravimo kompetencija, aktyvumu, kūrybiškumu, iniciatyva,

smalsumu, žiniomis bei patirtimi, tvirtais įsitikinimais, tvirta vidine motyvacija, diegti naujoves, taupumu, galimybe rizikuoti savo turtu ir gerove, siekiant pelno (Sūdžius, V. 2001; Martinkus, B. Žičkienė, S.2002).

Ekonominio raštingumo ir verslumo ugdymo strategijoje verslumas apibrėžiamas kaip asmens mąstymo būdas ir asmeninės socialinės, vadybinės bei asmeninės kompetencijos, leidžiančios turimas žinias pritaikyti savo kasdieniniame gyvenime, t.y. konkretūs gebėjimai teikiantys galimybę ne tik organizuoti savo verslą, bet ir prisiimti riziką už padarytus sprendimus. (Ekonominio raštingumo ir verslumo ugdymo strategija, 2004).

Literatūros šaltinių apžvalga rodo, kad verslumą reikėtų traktuoti kaip verslaus žmogaus savybių derinį, kuriam kiekvienas laikotarpis suteikia savitų ypatumų. Ir nors visuomenėje egzistuoja nemažai neigiamų mitų apie verslą, vis dėlto jo tikslas – ne tik materialinis pelnas, bet ir didesnė kitų žmonių gerovė. Literatūroje skiriama daug dėmesio verslumo kaip gebėjimo atpažinti galimybes ir progas bei jomis pasinaudoti sampratai.

Pastebėta, kad norint sukurti verslumo ugdymui palankią aplinką, reikalingi švietimo sistemos pokyčiai (svarbus sąmoningumo ugdymas, suteikiamų žinių kryptingumas, praktinis dalyvavimas, kūrybiškumo skatinimas), jaunimo organizacijų bendradarbiavimas su formaliuoju švietimu, verslo atstovų interesas, aktyvi informacijos sklaida, palankūs finansiniai valstybinių institucijų instrumentai, sertifikuojama jaunimo organizacijų veikla, įteisintas jaunojo verslininko statusas, neorganizuoto/regionų jaunimo pritraukimas/mokymas. (Spinter tyrimai, 2005).

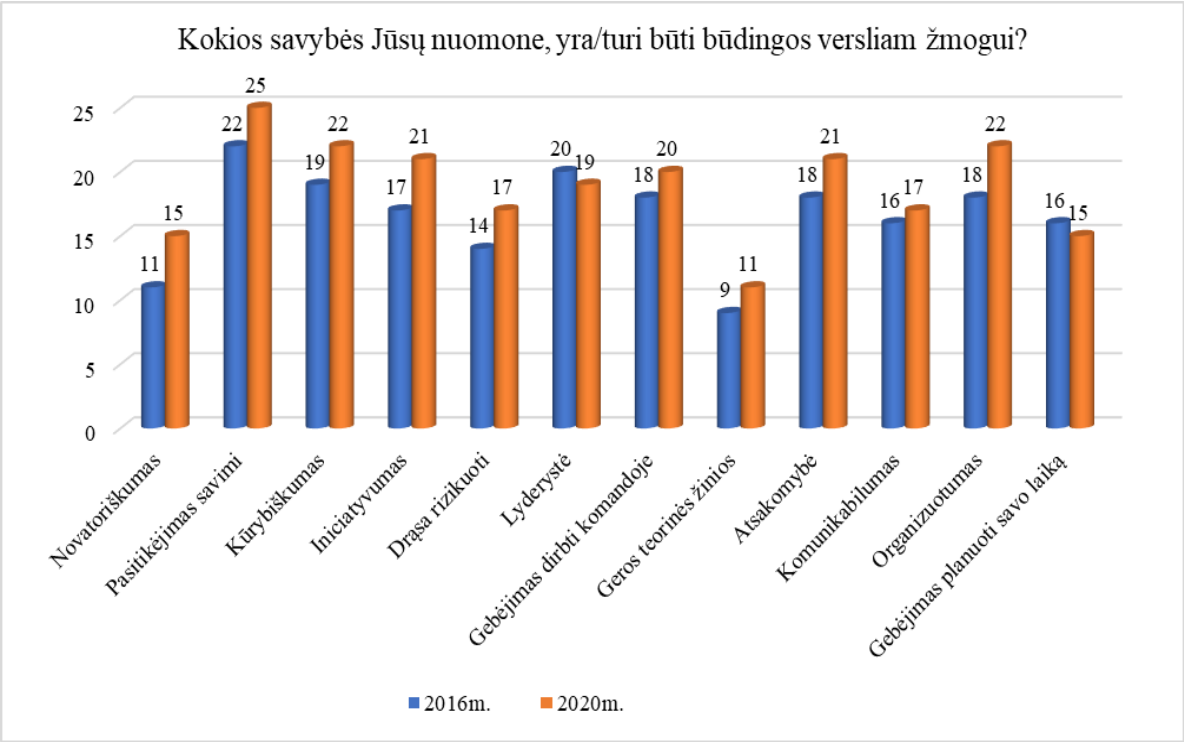
2. Studentų verslumo ugdymo situacijos ir galimybių koleginėse studijose tyrimo analizė

Tyrimas apie studentų verslumo situaciją aukštosiose neuniversitetinėse mokyklose buvo vykdytas 2016 metais Utenos kolegijoje, Kauno technikos kolegijos ir Utenos kolegijos mokslinės grupės. Tyrime dalyvavo 31 Kauno technikos studentas. Siekiant išsiaiškinti kaip kinta studentų verslumo ugdymas 2020 metais šis tyrimas atliktas Kauno technikos kolegijoje. Tyrime dalyvavo automobilių techninio eksploatavimo ir kelių inžinerijos studijų programų studentai. Tyrimą atliko verslo ekonomikos ir vadybos dėstytojų grupė. Respondentai buvo apklausiami anketiniu būdu. Palyginamosios analizės tikslumui nustatyti buvo apklaustas analogiškas skaičius studentų, t.y. 31 studentas.

Šiuo tyrimu siekiama išsiaiškinti veiksnius įtakojančius studentų verslumo ugdymą inžinerinėse studijose bei verslumo ugdymo aukštosiose neuniversitetinėse mokyklose situaciją ir galimybes.

Straipsnyje pateikiame apibendrintus tyrimų rezultatus, gautus 2016 ir 2020 metais.

Atsižvelgiant į ekspertų nuomonę šiuo klausimu, galima teigti, kad verslumas yra didžiąja dalimi išugdomų savybių rinkinys. (L. Mincienė 2004)



1 pav. Savybės būdingos versliam žmogui
Šaltinis: sudaryta autorių

2016 m. respondentai, vardydami kokios savybės jų nuomone, būdingos versliam žmogui pažymėjo tokias kaip pasitikėjimas savimi (22) lyderystė (20) kūrybiškumas (19), gebėjimas dirbti komandoje, atsakomybė, organizuotumas (18) ir kt. (1 pav.). 2020 m. respondentai, atsakydami į tą patį klausimą išskyrė tokias savybes kaip pasitikėjimas savimi (25), kūrybiškumą (22) bei organizuotumą (22), iniciatyvumą (21) ir atsakomybės jausmą (21), gebėjimą dirbti komandoje (20) žiūrėti 1 pav..

ES švietimo dokumentuose viena iš prioritetinių krypčių yra verslumo ugdymas. Šiame kontekste ypač svarbus ekonominis švietimas ir supratimo apie verslą ugdymas. Tai yra kiekvienam piliečiui reikalingos žinios ir įgūdžiai, nes ekonominiai santykiai apima visas gyvenimo sritis ir etapus. Todėl ir studentai pastebi, kad aukštosiose neuniversitetinėse studijose yra ugdomas studentų verslumas, pagal 2016 m. tyrimą suteikiant žinias, reikalingas pradedant naujos įmonės veiklą (17), informaciją apie verslo kūrimą vystymą (16), mokant dirbti komandose, kas svarbu sėkmingam verslui (13) ir kt. 2020 metų studentų pastebėjimai apie verslumo ugdymą: studijų metu mokoma dirbti komandoje, kas svarbu sėkmingam verslui (25), suteikiama daug informacijos apie verslo kūrimą vystymą (22), bei suteikiama žinių, reikalingų pradedant naujos įmonės veiklą (21) ir kt. (1 lentelė).

1 lentelė

Studentų verslumo ugdymas aukštosiose neuniversitetinėse studijose

Tyrimo metai	2016 m.	2020 m.
Kolegijos kūrybinė atmosfera įkvepia mane vystyti verslo idėjas	7	6
Studijų metu vystomi vadovavimo įgūdžiai, reikalingi verslininkams	10	11
Studijos suteikia žinių, reikalingų pradedant naujos įmonės veiklą	17	21
Studijų metu suteikiama daug informacijos apie verslo kūrimą vystymą	16	22
Studijų metu yra vertingų praktikų, per kurias galima mokytis daryti verslą, semtis idėjų	8	11
Studijų metu mokoma dirbti komandose, kas svarbu sėkmingam verslui	13	25
Studijose daug dėmesio skiriama praktinių įgūdžių finansų, rinkodaros, vadybos ir kt. srityse ugdymui	10	12
Ugdomos verslininkui aktualios asmeninės savybės, tokios kaip novatoriškumas, pasitikėjimas savimi, kūrybiškumas ir kt.	10	14

Šaltinis: sudaryta autorių

Dalyvaudamas įvairiose veiklose studentai keičia ne tik patys save, savo patirtį, žinias, gebėjimus, bet ir kelia savo profesinę kvalifikaciją. Būdai, kurie daugiausiai duoda naudos mokantis tapti verslesniu pagyvina mokymąsi, padeda ugdyti iniciatyvumą, kūrybiškumą, atsakomybę už savo darbo rezultatus ir idėjas. 2016 m. tyrimo rezultatai rodo, kad studentai teigė, kad konsultacijos (25), verslo plano rengimas(25), dalyvavimas komandiniuose projektuose (24), pokalbiai su verslininkais (22) , vizitai į verslo įmones (20), pranešimų rengimas ir aptarimas (17) daugiausiai duotų naudos tampant verslesniu (2 lentelę). 2020 m. atlikto tyrimo metu studentai išskyrė, kad mokantis tapti verslesniu, daugiausiai naudos davė verslo plano rengimas(30), pokalbiai su verslininkais ir komandiniai projektai (25), konsultacijos (24), vizitai į įmones (22), probleminio mokymo užduočių sprendimas (22), praktika verslo įmonėje (21) ir t.t (2 lentelė).

2 lentelė

Būdai, kurie davė daugiausiai naudos mokantis tapti verslesniu 2016m. tyrimo rezultatai

	Visiškai pritariu	Pritariu	Neturiu nuomonės	Nepritariu	Visiškai nepritariu
Knygų apie kūrimą ir valdymą skaitymas	3	8	10	8	2
Paskaitos (ne kolegijoje)	1	12	4	9	2
Verslo plano rengimas	8	17	2	4	-
Vizitai į verslo įmones	3	17	8	-	-
Konsultacijos	5	20	5	1	-
Darbas verslo įmonėje	4	10	7	6	-
Praktika verslo įmonėje	4	9	7	8	-
Pokalbiai su verslininkais	6	16	5	3	-
Verslo modeliavimas kompiuteriu	-	14	11	3	-
Vaidmens imitavimo užduotys ir žaidimai	1	16	8	6	-
Pranešimų rengimas ir aptarimas	1	16	5	6	-

	Visiškai pritariu	Pritariu	Neturiu nuomonės	Nepritariu	Visiškai nepritariu
Atvejų analizė	3	15	4	4	-
Būsimo specialisto asmeninių savybių tobulinimas	2	13	9	3	-
Komandiniai projektai	4	20	2	3	1
Probleminio mokymo užduočių sprendimas	1	15	9	3	1
Dalyvavimas verslo projektuose	3	16	8	1	2
Dalyvavimas verslumo konkursuose	2	13	10	4	2

Šaltinis: sudaryta autorių

3 lentelė

Būdai, kurie davė daugiausiai naudos mokantis tapti verslesniu 2020m. tyrimo rezultatai

	Visiškai pritariu	Pritariu	Neturiu nuomonės	Nepritariu	Visiškai nepritariu
Knygų apie kūrimą ir valdymą skaitymas	3	12	5	8	3
Paskaitos (ne kolegijoje)	2	9	7	11	2
Verslo plano rengimas	10	20	2	2	-
Vizitai į verslo įmones	6	16	9	-	-
Konsultacijos	4	20	4	1	-
Darbas verslo įmonėje	9	11	6	5	-
Praktika verslo įmonėje	8	13	7	3	-
Pokalbiai su verslininkais	6	19	2	4	-
Verslo modeliavimas kompiuteriu	2	11	15	3	-
Vaidmens imitavimo užduotys ir žaidimai	1	12	12	6	-
Pranešimų rengimas ir aptarimas	1	6	15	9	-
Atvejų analizė	6	13	7	5	-
Būsimo specialisto asmeninių savybių tobulinimas	5	12	9	3	2
Komandiniai projektai	6	19	6	-	-
Probleminio mokymo užduočių sprendimas	7	15	5	4	-
Dalyvavimas verslo projektuose	3	13	12	2	1
Dalyvavimas verslumo konkursuose	4	14	8	5	-

Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados

1. Mokslinės literatūros analizė parodė, kad verslumo ugdymas traktuojamas nevienareikšmiškai. Verslumas suvokiamas kaip žmogaus savybių ir gebėjimų raiška veikloje leidžia kurti ekonominę ir socialinę vertę. Verslumas įtakojamas ne vien tik vidinių, bet ir išorinių aplinkos veiksnių bei jų pokyčių. Apibendrinant galima teigti, kad verslumo ugdymas yra svarbus ne tik kiekvienam individui, bet ir kiekvienai organizacijai, nes jis skatina atsinaujinti, perimti naujoves, padeda keistis kartus su besikeičiančia aplinka. Todėl labai svarbu, kad aukštosiose neuniversitetinėse studijose būtų kuriama verslumą ugdanti aplinka, skatinanti studentų intensyvumą, stiprinti ryšį tarp teorijos ir praktikos.
2. 2016 m. ir 2020 m. atlikus tyrimus bei juos palyginus, nustatyta: Studentai, 2016 m. vardydami kokios savybės jų nuomone, būdingos versliam žmogui pažymėjo tokias kaip pasitikėjimas savimi, lyderystė, kūrybiškumas, gebėjimas dirbti komandoje, atsakomybė, organizuotumas ir kt. 2020 m. studentai labiau akcentavo tokias savybes kaip pasitikėjimas savimi, kūrybiškumas bei organizuotumas, iniciatyvumas ir atsakomybė, bei gebėjimas dirbti komandoje. 2016 m. studentai pabrėžė, kad aukštosiose neuniversitetinėse studijose yra ugdomas studentų verslumas suteikiant žinias, reikalingas pradedant naujos įmonės veiklą, informaciją apie verslo kūrimą vystymą, mokant dirbti komandose, kas svarbu sėkmingam verslui ir kt. 2020 m. tyrime studentai akcentavo, kad studijų metu mokoma dirbti komandoje, kas svarbu sėkmingam verslui, suteikiama daug informacijos apie verslo kūrimą vystymą, bei suteikiama žinių, reikalingų pradedant naujos

įmonės veiklą ir kt. Dalyvavimas komandiniuose ir verslo projektuose, konsultacijos, verslo plano rengimas, vizitai į verslo įmones, pranešimų rengimas ir aptarimas, pokalbiai su verslininkais daugiausiai duotų naudos tampant verslesniu, taip atsakė respondentai 2016 m. 2020 m. tyrimo metu studentai minėjo, kad būdai, kurie davė daugiausiai naudos mokantis tapti verslesniu buvo verslo plano rengimas, pokalbiai su verslininkais ir komandiniai projektai, konsultacijos, vizitai į įmones, probleminio mokymo užduočių sprendimas, praktika verslo įmonėje ir t.t

Literatūra

1. Busenitz L. W.; West P.; Shepherd D.; Nelson T.; Zacharakis A.; Chandler G. (2003) Entrepreneurship research in emergence: past trends and future directions // Journal of management. – Vol. 29 (3), p. 285–308.
2. Chell E. (2007) Social enterprise and entrepreneurship; towards a convergent theory of the entrepreneurial process // International small business journal. – Vol. 25, p. 5.
3. Collins L. A., Smith A. J., Hannon P. D (2006) Applying a synergistic learning approach in entrepreneurship education // Management learning. – Vol. 37 (3), p. 335–354.
4. Europos Audito Rūmų parengta specialiąja ataskaita Nr. 5/2017 dėl 2008 m. ekonominės krizės jaunimui.
5. Gruževskis B. ir kt. (2007) Sėkmingos karjeros darbo rinkoje veiksniai. Vilnius: Socialinių tyrimų institutas.
6. Lisabonos strategija 2000 – 2010.
7. Lietuvos Respublikos pridėtinės vertės mokesčio įstatymas (2002 m. kovo 5 d. Nr. IX-751) 8 straipsnis.
8. Lietuvos Respublikos Seimo nutarimas „Dėl valstybinės švietimo strategijos 2003 - 2012 metų nuostatų (2003 m. liepos 4d. Nr.IX -1700)“.
9. Juozaitienė L.; Staponkienė, J. (2003) Verslo vadybos įvadas. Šiauliai.
10. Martinkus, B. Žičkienė, S. (2002) Verslo organizavimas, Kaunas;
11. Mincienė L.(2000) Verslumo integravimas į pirminį profesinį rengimą. Pedagogika Nr. 46, p.14-18.
12. Mincienė L. (2004) Verslumo pradmenys, Kaunas.
13. Prunskus V. (2003) Verslo etika. Vilnius: Enciklopedija.
14. Sūdžius V.(2001) Smulkaus ir vidutinio verslo administravimas ir valdymas. Vilnius.
15. Zaleskienė I, Žadiekienė L (2008) Mokytojų požiūris į verslumo ugdymo prielaidas.
16. http://invega.lt/wp-content/uploads/2016/05/V-Lithuania-Youth-Entrepreneurship-Report-vertimas.pdf (žiūrėta 2020 03 21)
17. http://publications.europa.eu/resource/cellar/0b119b3e-e072-42e3-b3c5-a2746d386933.0015.02/DOC_1 (žiūrėta 2019 03 18)
18. https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.425517/ VALSTYBĖS PAŽANGOS STRATEGIJA „LIETUVOS PAŽANGOS STRATEGIJA „LIETUVA 2030“ . Patvirtinta Lietuvos Respublikos Seimo 2012 m. gegužės 15 d. nutarimu Nr. XI-2015 (žiūrėta 2020 03 30)
19. https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR17_5/SR_YOUTH_GUARANTEE_LT.pdf (žiūrėta 2019 03 18)
20. https://www.delfi.lt/multimedija/europietis/kaip-sprendziama-viena-opiausiu-problemu- Europoje.d?id=75205414 (žiūrėta 2019 03 18)
21. https://socmin.lrv.lt/uploads/socmin/documents/files/pdf/11482_socialines-itraukties-veiksmu-planas-2014-2020-redakcija2016.pdf (žiūrėta 2020 03)
22. https://www.smm.lt/uploads/lawacts/docs/687_650d5478b696d9d351908e4319271eb2.pdf/ Valstybinės švietimo strategijos įgyvendinimas 2003–2012 (žiūrėta 2020 03 20)
23. https://www.sac.smm.lt/wp-content/uploads/2016/02/Valstybine-svietimo-strategija-2013-2020_svietstrat.pdf (žiūrėta 2020 03 18)

FACTORS AFFECTING STUDENTS 'ENTREPRENEURSHIP EDUCATION IN ENGINEERING STUDIES. COMPARATIVE ANALYSIS

Summary

European youth pact that was adopted paying attention to the ageing of European society and the provision of Lisbon strategy to develop competitive economics, European employment strategy and Social involvement strategy, maintains student enterprise as the main factor of employment, integration and social progress, and it should be promoted. In order to avoid the uneven development of Lithuanian economy, it is very important to stimulate the youth enterprise. In the article the concept of entrepreneurship is defined. Factors with the greatest influence on students‘ entrepreneurship education are analyzed and a comparative analysis for 2016 and 2020 years research was performed. The research and comparative analysis results of student entrepreneurship training possibilities in non-university studies are presented.

Key words: Entrepreneurship, entrepreneurial skills, entrepreneurship education.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Burneikienė
Mokslo laipsnis ir vardas: lektorė
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegija, automobilių techninio eksploatavimo programos lektorė
Autoriaus mokslinių interesų sritys ekonomika, verslumas, finansinis raštingumas
Telefonas ir el. pašto adresas: +37068785323, kristina.burneikiene@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Regina Motienė
Mokslo laipsnis ir vardas: lektorė
Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegija, kelių inžinerijos programos lektorė
Autoriaus mokslinių interesų sritys kelių inžinerija, ekonomika
Telefonas ir el. pašto adresas: +37069944575, regina.motiene@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 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

Author name, surname: Regina Motienė.
Science degree and name: lecturer.
Workplace and position: Kaunas University Of Applied Sciences, Road Engineering Study Programme lecturer.
Author‘s research interests: road engineering, economics
Telephone and e-mail address: +37069944575, regina.motiene@edu.ktk.lt

LYDERYSTĖS KULTŪROS JŪRŲ UOSTE IR LAIVYBOJE PLĖTROS KLAUSIMU

Saulius Lileikis
Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla

Anotacija

Šio straipsnio tikslas, pasirinkus lyderystę jūrų uoste ir laivyboje kaip valdymo santykių kultūrą, – atskleisti jūrų verslo lyderystės raiškos bei plėtros metodologinę problematiką, aptariant jūrų verslo lyderystės edukacinę perspektyvą, ryškinant lyderystės principinius momentus ir antilyderystę, aktualizuojant savilyderystę, gyvenimo ir palaikančiąją lyderystę, charakterizuojant lyderystę psichologinių gynybos mechanizmų požiūriu, taikant pagrindinius tyrimo metodus – mokslinės literatūros analizę, lyginimą, interpretaciją ir sintezę. Tyrimo tipas – teorinis aprašomasis. Laikomasi epistemologinių nuostatų, kurias pagrindžia Jūrininkų rengimo, atestavimo ir budėjimo normų konvencija, egzistencializmas bei visybiško ugdymo paradigma.

Reikšminiai žodžiai: lyderystė, savilyderystė, jūrų uostas, laivyba, kultūra.

Įvadas

Mokslinė problema ir ištirtumas. Prieš pradedant metodologiniu lygmeniu analizuoti lyderystės kultūros jūrų uoste ir laivyboje aktualijas lyderystės turinio ir jos plėtros sąlygų atžvilgiu, tikslinga pažymėti, kad populiarinamoji *lyderystė*, nepaisant atskirų lyderystės teorijų, strateginiu požiūriu dažnai iš esmės atkartoja prieš šimtmetį kilusios *moderniosios vadybos* mokslo išmintį.

Ryškiausią postūmį lyderystės mokslo pasaulyje sudaro darbo ir inžinerinės psichologijos atstovo, sociologo E. Mayo (1930) eksperimentiškai pagrįsta pozicija. XX amžiaus trečiajame dešimtmetyje mokslininkas įžvelgė valdymo santykiams būdingą psichologinį reiškinį, kuris paprastai vadinamas *žmogiškuoju veiksniu.* Su šiuo veiksniu tiesiogiai siejasi bet kuris veiklos procesas, nes ne tiek fizinės sąlygos ir technologijos, kiek pirmiausia paskiro žmogaus individualybė – sąmoningumas, sensorinės bei judėjimo charakteristikos, gebėjimai – veikia atitinkamą gyvenimo būdą, lemia darbinės veiklos kokybę.

Todėl lyderystės jūrų versle pradžia – antropologinė, ypač laikantis principo, kad krovinius gabena ne transportas, tačiau juos transportuoja žmonės. Šis principas nurodo, kad specializuotame aukštajame moksle, orientuotame į praktiką, būtų skirta vietos asmenybės studijoms – antropologiniu, etiniu, psichologiniu lygmeniu, siekiant pažinti visapusišką asmenybės sampratą, jos prigimtį, struktūrą, įgymių plėtotės galimybes bei technologijas, o taip pat – ribas.

E. Mayo eksperimentais patvirtinta klasikinė F. W. Tayloro (1911) *mokslinio valdymo* teorija, kurioje tarp kitų momentų nurodoma vadovybės ir darbuotojų darbinio *sąmoningumo* bei *geranoriško* bendradarbiavimo būtinybė organizacijos tikslams pasiekti. Tai sudaro bene svarbiausias universalias lyderystės prielaidas apskritai.

Kita vertus, žmonės, nepriklausomai nuo jų brandos ar intelekto, paprastai žino bendrąsias lyderystės prielaidas ir natūraliai jaučia jų poreikį. Vertybinė lyderystės plotmė aiški. Tačiau bendraujant su skirtingo sąmoningumo darbuotojais laive ir įvairiose uosto įmonių veiklos situacijose lyderystę taikyti problemiška, nes vieno – iš anksto parengto ir garantuoto – sprendimo nėra.

Mokslo metodologijos požiūriu pastarųjų dešimtmečių lyderystės tyrimų panoramoje ši problema daugiausiai keliama ir santykinai sprendžiama vadybos, psichologijos, psichopatologijos, sociologijos, technologijos, etikos, edukologijos interesų lygmeniu (Bennis, Nanus, 1998; Heifetz, Linsky, 2002; Price, 2008; Chaleff, 2009; Heifetz, Grashow, Linsky, 2009; Joyner, 2010; Haslam, Reicher, Platow, 2011; Bryant, Kazan, 2012; Cibulskas, Žydžiūnaitė, 2012; Ghaemi, 2014; Sheninger, 2014; Valuckienė et al., 2015; Lileikis, 2018, ir kt.).

Aktualių mokslo duomenų aptinkama lyderystės diskurse:

– viena vertus, neleidžiama lyderystės pernelyg sureikšminti (Stadler, Dyer, 2013);
– antra vertus, psichopatologiniu lygmeniu atskleidžiama psichikos sutrikimų reikšmė lyderystės kompetencijai (Ghaemi, 2014);
– trečia vertus, abejojama kai kuriais lyderiui ir lyderystei apskritai priskiriamais būdingais bruožais.

Lyderystei būtino *savarankiškumo* ugdymo požiūriu sociologiškai grindžiamas priešinimasis šiems reiškiniams:

– visų socialinio gyvenimo sričių perdėtam psichologizavimui;
– reikalavimui visiems visur ir visada tobulėti;
– patologiniam mokymuisi, pavyzdžiui, beatodairiškai remiantis mokymosi visą gyvenimą koncepcija;

– masiniam žmonių psichopatologizavimui bei pavertimui aukomis, iš kurių pelnosi tyrimų vykdytojai, ypač farmacijos pramonė, – skelbiama klientams, kad šie yra pagalbos reikalingos aukos (Illouz, 2007).

Populiarinama vadinamoji *pozityvioji* lyderystė. Pozityvumo akcentas priimtinai priešinamas:

– negatyviais, ypač vadovo asmenybės kulto, bruožais pasižyminčiai lyderystei – neigiamo lyderio prasme;

– antilyderystei – valdinių išnaudojimo bei darbinių santykių destrukcijos atžvilgiu.

Tačiau bendrąja prasme galima teigti, kad jei lyderystė nėra iš esmės pozityvi, grįsta pozityvumu, teigiamu požiūriu, konstruktyviu konfliktų sprendimu, tai lyderystės nėra apskritai, kaip, pavyzdžiui, nėra *humanistinės pedagogikos*, kadangi demokratinėje valstybėje negali būti nehumanistinės.

Lyderystę pastaraisiais dešimtmečiais integruoja mažne visos visuomeninio gyvenimo sritys, ypač švietimo ir verslo sektoriai. Pažangi jūrų *technologijų* lygmeniu, tačiau konservatyvi *personalo valdymo* požiūriu tarptautinė jūrų politika, kuri reguliuoja globalų jūrų verslo sektorių, palaipsniui kinta. Priimta lyderystės praktinė idėja, kuri aktuali esamai *postindustrinei* epochai, *informacinei* visuomenei (lyderystės dėka tapsiančiai *žinių* ir *vertybių* visuomene). Išsivysčiusiose šalyse darbuotojai vis labiau pasižymi ne vien materialine, bet ir nematerialine darbo motyvacija, kuri siejasi su darbo turiniu, pobūdžiu ir prestižu, kūrybinės saviraiškos galimybėmis, psichologinio klimato darbe svarba, profesinio augimo perspektyvomis.

Nuo 2010 m. Tarptautinės jūrų organizacijos Jūrininkų rengimo, atestavimo ir budėjimo normų konvencijos (*STCW Convention: Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers*) Manilos pataisose reglamentuojami jūrininkų lyderystės mokymai ir taikymas laivų įgulose (STCW Manila Seafarer Training Amendments <...>, 2011). Tai politinis poslinkis – greta technologinio pažinimo stiprinti *žmogiškąjį veiksnį* – jūrininko asmenybę, kuri lemia darbo procesus laive bei jų kokybę.

Poreikis taikyti lyderystę laivyboje, o taip pat – jūrų uoste, pagrįstas jūrų politika ir jūrininkų bei uostininkų darbo praktiką tiriančiu mokslu, atsižvelgiant į šias ryškesnes – tiesiogiai ar iš dalies susijusių su jūrų verslo lyderyste – tyrimų kryptis:

– aukštųjų technologijų taikymą laivuose, sumažintų įgulų problemą, jūrininkų santykių tikslinio demokratizavimo poreikį;

– sociopolitinį įsipareigojimą jūrininkams tarptautiniu mastu, valdinių įgalinimą, adekvatų reagavimą į kylančius iššūkius laive, jūrininkų socialinių įgūdžių svarbą, konstruktyvių tarpusavio santykių laive stiprinimą, atsižvelgiant į daugiakultūrinį jų pobūdį;

– pasaulinės jūreivystės bei uostininkystės valdymo klausimus, jūrų politiką, jūrininkų ir uostininkų rengimo institucijų lyderystę, psichologinį jūrų verslo dalyvių vertinimą;

– transformacinės lyderystės įtaką pasaulinės ekonomikos konkurencingumui laivybos sektoriuje;

– vadybinę bendradarbiavimo su įgula kompetenciją, vizijos ir veiklos strategijos kūrimą;

– jūrininkų bei uostininkų motyvavimą dirbti veiksmingai ir saugiai;

– fizinius ir psichosocialinius darbo jūroje ir uoste veiksnius, kurie siejasi su *integraliais* darbo priimtinumo bei siekio likti dirbti jūrų pramonėje *motyvais*;

– palaikančiąją lyderystę, vadovo moralinį bei dalykinį autoritetą laive bei uosto įmonėje, jūrininkų ir uostininkų pasitikėjimo savimi skatinimą;

– sėkmingą profesinę jūrininkų ir uostininkų karjerą, pavojaus sveikatai ir gyvybei dirbant ekstremaliomis sąlygomis mažinimą;

– lyderystės taikymą skatinant jūrininkų sveiką gyvenseną;

– jūrininkų psichoemocinį stresą, vienatvę, socialinę atskirtį, monotoniją, depresiją;

– saugumo kultūros laive ir uoste įgyvendinimą (Andres, 1991; Лебедев, 2001; Jezewska, 2003; Истомина, 2006; Jezewska, Jaremin, Leszczynska, 2007; Sąlyga, 2007; Gerstenberger, Welke, 2008; Progoulaki, Roe, 2011; An Introduction to Resource Management, 2012; Haughton, 2012; Johnsen et al., 2012; Resource Management and Accident Prevention, 2012; Vasilovschi, Georgescu, 2012; Vervoort, 2012; Maritime Leadership and Demands for Change, 2013; Nielsen, Bergheim, Eid, 2013; Roe, 2013; Lileikis, 2013, 2014; Fjaerli, Overgard, Westerberg, 2015, ir kt.).

Vertingų įžvalgų, kurios aktualios jūrų lyderystės problematikai, teikia jūrų kapitonų ir solidžių senjorų jūrininkų memuarai (Šileris, 2007; Ragaišis, 2012; Kovas, 2013; Naujokas, Žičkuvienė, 2013; Astikas, 2015, ir kt.). Jūreivystės bei uostininkystės praktikai, remdamiesi asmenine patirtimi, lyderystę aptaria subjektyviai ir pamatuotai kritiškai.

Lietuvių mokslininkų veikaluose jūrų lyderystės (susijusios su jūrininkų veikla) ir jūrų verslo lyderystės (skirtos apskritai jūrų sektoriui, t. y. jūrininkų ir uostininkų veiklai) problematika tiesiogiai ir visapusiškai nėra nagrinėjama.

Tyrimo objektas – lyderystė jūrų uoste ir laivyboje kaip valdymo santykių kultūra.

Straipsnio tikslas – atskleisti jūrų verslo lyderystės raiškos bei plėtros metodologinę problematiką.

Tyrimo uždaviniai:
1. Aptarti jūrų verslo lyderystės edukacinę perspektyvą.
2. Išryškinti lyderystės principinius momentus ir antilyderystę.
3. Aktualizuoti savilyderystę, gyvenimo ir palaikančiąją lyderystę.
4. Charakterizuoti lyderystę psichologinių gynybos mechanizmų požiūriu.

Tyrimo metodai – mokslinės literatūros analizė, lyginimas, interpretacija, sintezė.

Tyrimo epistemologinės nuostatos:

– *Jūrininkų rengimo, atestavimo ir budėjimo normų konvencija*, kurios *Manilos pataisose* reglamentuojami lyderystės mokymai ir taikymas laivų įgulose (STCW Manila Seafarer Training Amendments <...>, 2011); laivybos saugumas siejamas su jūrų lyderystės taikymu; jūrų lyderystė grįsta savilyderyste; jos raida ir raiška pasižymi pozityvia asmens pasaulėžiūra, kūrybiškumu, plačiu intelektualiniu akiračiu, psichologinių gynybos mechanizmų suvokimu ir jų daliniu valdymu, tarpusavio bendradarbiavimo kultūra laivo įguloje;

– *egzistencializmas* nurodo vienišo žmogaus, kuris susitinka su nežinomybe ir jam priešišku pasauliu sausumoje ir jūroje, baimę; egzistencinė psichologija iškelia vilties aspektą, paneigdama visišką prisirišimą prie gyvenimo malonumų, skatindama kūrybinį asmenybės išsilaisvinimą (Bitinas, 2000); jūrų verslo (savi)lyderystės ugdymasis praplečia intelektualinį akiratį, leidžia įveikti egzistencijos tragizmą, gerinti savo emocinę būseną, rasti savitą paguodą; egzistencializmas padeda įgyti vertybinę bazę pasitikėjimui savimi ir savireguliacijai ekstremaliomis sąlygomis, ypač padedant lyderio moraliniam autoritetui;

– *visybiško ugdymo paradigma* orientuoja ugdyti visas asmenybės galias – visų, t. y. biologinių, psichologinių, dvasinių poreikių horizontaliuoju ir vertikaliuoju žmogaus būties lygmeniu – edukacinio tenkinimo kontekste (Jovaiša, 2001); psichosocialiniu požiūriu ši paradigma universaliai grindžia vientisos jūrininko ir uostininko asmenybės (savi)lyderystės kompetencijos ugdymąsi.

Tyrimo tipas – teorinis aprašomasis.

Straipsnio struktūra. Straipsnį sudaro keturi skyriai: jūrų verslo lyderystės edukacinė perspektyva; lyderystės principiniai momentai ir antilyderystė; savilyderystė, gyvenimo ir palaikančioji lyderystė; lyderystė psichologinių gynybos mechanizmų požiūriu.

Jūrų verslo lyderystės edukacinė perspektyva

Populiariojoje ir mokslinėje vadyboje lyderystė dažnai redukuojama iki tam tikro specialiųjų ir asmenybinių savybių derinio. Ilgalaikiai straipsnio autoriaus tyrimai jūrų sektoriaus lygmeniu šią poziciją patvirtina. Nustatyta (Lileikis, 2014) studijuojančių jūrininkų teiginių tendencija, jog lyderis laive – tai *žmogiškas vadovas ir puikus specialistas*. Šis jūrų lyderio apibūdinimas paprastai nusako jo moralinį ir dalykinį autoritetą laivo įgulai.

Laivybai aktualios lyderystės, kuri reiškiasi tvariu lyderio santykiu su laivo įgula, o taip pat vadovo moralinio ir dalykinio autoriteto (*ugdyti įgulą ir organizuoti komandinį darbą laive*), profesinio altruizmo tarp įgulos narių, tarpusavio paramos ir palaikymo įguloje praktikos apraiškų aptinkama visoje jūreivystės istorijoje (Лебедев, 2001).

Jūrų verslo lyderystei *reikšmingu* technologinio jūrininkų bei uostininkų rengimo ir jūrininko bei uostininko asmenybės ugdymo *derinimu* tradiciškai labiau užsiima Rytų Europos valstybės. Šiuo požiūriu jūrų lyderystė (angl. *maritime leadership*) nėra naujas reiškinys. Psichosocialiniai jūrų lyderystės aspektai, ypač nuo XX amžiaus, domina ne tik amerikiečių, britų mokslininkus. Tačiau daug labiau – buvusios Sovietų Sąjungos su jūra susijusių respublikų ir satelitinių šalių, t. y. rusų, lenkų, ukrainiečių ir kitus jūrų mokslo tyrėjus. Jūrininko moralinis autoritetas bei jo ugdymas(is) kaip siekiamybė natūraliai atsispindėjo iš esmės į jūrų technologijas orientuotose aukštųjų ir aukštesniųjų jūreivystės mokyklų studijų programose.

Be to, Rytų Europoje įgytas aukštasis išsilavinimas ir aukštesnės pareigos laive buvo labiau susieti nei Vakaruose, nors Tarptautinės jūrų organizacijos konvencijose nėra reikalavimo laivo vadovaujančios

grandies jūrininkams pažinti aukštąjį jūrininkystės mokslą, kuris paprastai leidžia jūrininko asmenybę ugdytis universaliau, t. y. antropologiškai pagrįstų vertybinių ir psichologinių lyderystės aktualijų visumoje.

Ypač vertinga galimybė ir *savalaikis* asmenybinio bei technologinio jūrininkų bei uostininkų rengimo derinimo *sprendimas* – tai tarptautiniu lygmeniu licencijuotos, į praktiką orientuotos ir mokslininkų (*Bolonijos proceso* kontekste) kuruojamos aukštojo mokslo jūreivystės bei uostininkystės studijos. Tai politiškai ir empiriškai pagrįsta prielaida būsimiems jūrininkams ir uostininkams profesiškai bręsti ugdantis reikalingas jūrų technologines bei asmenybines lyderystės kompetencijas.

Aukščiausia jūrų verslo lyderystės ugdymosi darna pasiekiama simbiozėje, kai jūrų akademijose dėsto gilios asmenybės – mokslininkai ir profesionalai praktikai (patyrę jūrininkai ir jūrų uosto įmonių specialistai). Natūralus kasdienis jūrų sektoriaus profesijų atstovų kilnus bendravimas su kolegomis ir studentais įtaigaus pavyzdžio galia teigiamai veikia būsimus jūrininkus bei uostininkus, jų profesinę asmenybinę brandą.

Viena vertus, jūreivystės ir uostininkystės studentai, studijuodami valdymo psichologiją bei kitus studijų dalykus ir atlikdami profesinės veiklos praktiką, susipažįsta su jūrų verslo lyderystės pagrindais bei problematika.

Kita vertus, studijuojantys jūrininkai ir uosto darbuotojai nurodo, kad lyderio neįmanoma ugdyti nesant akivaizdaus lyderystės principų taikymo jūrininkų bei uosto specialistų rengimo institucijose. Minėta problema pastaruosius dešimtmečius labai siejasi su studentų motyvacija pasirinkti ir likti studijuoti jūrų verslo mokslus.

Apskritai šiuo metu asmenybės rengimas(is) darbui jūrų versle savirealizacijos ir kūrybinio potencialo universalesnės plėtros požiūriu jau iš dalies kompensuojamas į privalomus mokymus politiškai integravus lyderystę, siekiant sudaryti palankesnes sąlygas sudėtingoms sociotechnologinėms problemoms darbe spręsti.

Lyderystės principiniai momentai ir antilyderystė

Žvelgiant vertybiškai, tik praturtinta lyderio asmenybė gali realizuoti būtinus lyderystės principus, kurių atskiri autoriai nurodo labai daug. Strategine jūrų verslo lyderystės linija laikant komandinį darbą, bendradarbiavimą ir palaikymą, būtų galima išskirti kai kuriuos principinius momentus:

– lyderis žvelgia į darbuotojus veikiau kaip į partnerius, o ne samdinius;
– *ne lyderis* dėl nesėkmių kaltina darbuotojus, grasina jiems drausminėmis nuobaudomis, atlyginimo sumažinimu, atleidimu iš darbo;
– lyderis ir pats jaučiasi atsakingas, sprendžia, ką galima padaryti esamoje situacijoje, tariasi;
– lyderis puoselėja savilyderystę, adekvačiai pasitiki savimi, problemas laiko natūraliais gyvenimo iššūkiais;
– ***ne lyderis* nesirūpina geru darbo klimatu;**
– **lyderis, esant reikalui, darbuotojus išklauso, palaiko, padrąsina;**
– **lyderis myli ir gerbia save, savo darbą, darbuotojams jaučiasi dėkingas.**

Natūralu, kad skurdi vadovo asmenybė ir iš to kylanti *antilyderystė*, nemeilė savo darbui ir nepagarba darbuotojams, veikia neigiamai:

– sutrikdo organizacijos tikslų siekimą, išbalansuoja darbo procesus, destabilizuoja veiklą;
– sukelia darbuotojams nereikalingą padidintą ilgalaikį stresą, nusivylimus ir psichosomatines ligas (migreną, hipertoniją, neurodermitą ir kt.);
– skatina blogą psichologinį darbo klimatą, menką darbuotojų savivertę, prisitaikėliškumą, darbo imitavimą, norą keršyti;
– atima darbuotojų pasitikėjimą savimi, darbinį džiaugsmą, norą dirbti nuoširdžiai ir kūrybiškai, visiškai save realizuojant darbe kokybės požiūriu, darniai siekiant organizacijos ir asmeninių savo darbinės veiklos tikslų.

Jūrų sektoriaus atveju pasitaikanti *skurdi* lyderystė socialiniu lygmeniu menkina darbo jūroje ir uoste prestižą (Hooydonk, 2007), neleidžia vystytis egzistenciniams darbo motyvams, kurie būtų pagrįsti kilnia meile sau ir socialiu didžiavimusi atliekamu darbu jūrų versle, kuris tradiciškai laikomas unikalia ir ypatingos pagarbos verta žmogaus darbo, sociokultūrinio bei technologinio gyvenimo sritimi.

Moksliniai tyrimai atskleidžia gana platų lyderystei *aktualios* jūrų kapitonų ir kitų vadovų *elgsenos* laivuose raiškos spektrą, kurį galima apibendrinti išskiriant teigiamą ir neigiamą jos kokybę:

– viena vertus, nurodoma psichosocialinės jūreivystės patirtis, ekstremaliomis darbo sąlygomis pasižymint garbingu, kilniu elgesiu (Лебедев, 2001);
– kita vertus, pavyzdžiui, aptariant būsimų jūrininkų praktikos vadovų laive elgesį, pristatomi ne vien tie kapitonai ar vyr. mechanikai, kuriems praktikantai buvo dėkingi už deramą dėmesingumą ir rūpestį,

bet ir tie, kurie į praktikantus dažnai žiūrėdavo tik kaip į papildomą darbo jėgą ir jų elgesys jaunuoliams neformuodavo meilės jūrai bei pasirinktai specialybei (Jūrininkų rengimas Lietuvoje <...>, 2008).

Moralinės vadovo asmenybės problemos neišvengiamai siejasi su jo išsilavinimo lygiu ir vadybine nekompetencija, ypač populiaraus nepamatuoto *kontrolės* taikymo požiūriu. Natūralu, kad darbą tikrinti būtina. Tačiau tikslinga kontrolę laikyti lyderystės dalimi ir ją taikyti adekvačiai, atsižvelgiant į darbo sociopsichologinės kultūros visumą.

Paprastai iškilus problemoms dažniau taikoma padidinta kontrolė negu ilgalaikiškumu pasižyminti lyderystė, kuri skatina ne vien pasitikėjimą savimi ir didžiavimąsi savo sąžiningai atliekamu darbu, bet pirmiausia – sąmoningumą (Lloyd's Register Educational Trust, 2004), kuris tiesiogiai siejasi su kiekvieno jūrų verslo darbuotojo asmenybės savilyderyste, lankstumu pasižymiančia savivalda ir elementaria savikontrole.

Lyderystę puoselėjantis kūrybiškai mąstantis verslininkas valdymą tobulina, vengia antilyderystei būdingų biurokratinių metodų, kurie kausto valdinių savarankiškumą bei iniciatyvą, taiko pažangius darbo drausmės metodus, atsisakydamas aklo darbuotojų paklusnumo. Apskritai verslo praktikos patvirtinta, kad ne tiek kontrolė, kiek vaizduotė, eksperimentavimas ir jungtinės kūrybinės pastangos laikomi svarbiausiomis ekonominės sėkmės prielaidomis (Kličius, 2001; Klimka, 2014).

Savilyderystė, gyvenimo ir palaikančioji lyderystė

Lyderystės prigimtis yra sudaryti sąlygas darbuotojams praplėsti savo poreikių spektrą *derinant* subjektyvius ir objektyvius, atsakingo darbo, materialinius, fiziologinius, saugumo, psichologinio komforto, sociokultūrinės raiškos, pilietinius *poreikius* ir sudarant žmogaus – šiuo atveju jūrininko bei uostininko – integralios, vientisos asmenybės vertingumo perspektyvą.

Visa tai tiesiogiai siejasi su ypatinga, unikalia, pirmiausia ir pačia svarbiausia lyderystės raiškos forma – *gyvenimo lyderyste*. Kitaip tariant, jūrų verslo lyderystė prasideda nuo to, kiek jūrininkas ir uosto specialistas yra lyderis sau pačiam, t. y. savo gyvenimo, savo asmenybės turtinimo, savo santykių su savimi ir kitais, visos vidinės ir išorinės savo kultūros atžvilgiu. Ši savilyderystė drauge galioja kaip psichoterapinė kryptis sunkiose situacijose darbe ir apskritai gyvenime – savarankiškumo priimant sprendimus, psichinės savireguliacijos ir, esant reikalui, drąsaus kreipimosi profesionalios psichologinės pagalbos požiūriu (Lileikis, 2011).

Aktyvi darbuotojų saviraiška darbe pagrįsta *pasitikėjimu savimi*, kuris kyla iš lyderystės kaip palaikančiojo vadovavimo (angl. *supportive leadership*). Esant galimybei didžiuotis savo vadovu, kuriasi prielaidos didžiuotis savo darboviete ir savimi kaip nuoširdžiai atliekančiuoju svarbų darbą. Laivo įgulos komandinis darbas visada psichologiškai koncentruojasi ties lyderio asmenybės raiška laive. Uosto darbuotojų darbas – ties įmonės (ar jos skyriaus) vadovo kaip lyderio raiška.

Tačiau straipsnio autoriaus atliekami jūrų sektoriaus psichosocialiniai tyrimai rodo, kad dėl gana skurdžios lyderystės ir dažnos vadovybės nepagarbos sau ir darbuotojams minėta didžiavimosi savo darbu motyvacija pasiekiama retai.

Atskirų jūrininkų ir uostininkų lyderystės kultūra – skirtingo lygio, kuris santykinai priklauso nuo šių veiksnių:

- epochos politinių ideologijų,
- valstybės valdymo kultūros,
- ekonominės situacijos ir socialinių reakcijų,
- bendravimo šeimoje raidos,
- asmenybės psichofiziologinės sąrangos ir saviugdos,
- vertybių dinamikos,
- mokyklinio švietimo būklės,
- jūrininkų ir uostininkų profesinio rengimo lyderystės,
- profesinio bendradarbiavimo tarp skirtingų kartų kultūros,
- bendrabūvio uoste ir laivuose tradicijų.

Kalbant atskirai apie jūrininkus, pastebima kai kurių studijuojančių ir vyresnių jūrininkų išsakoma pozicija, jog turi pasikeisti jūrininkų kartos, kad *diktatorystę* laivuose galėtų pakeisti *lyderystė.*

Tačiau jūrininkų kartų kaitos problema tiesiogiai siejasi su dažnu reiškiniu, kai lyderyste laikoma ta pati diktatorystė, tik nauju populiariu pavadinimu. Nors tai paneigia pačią šiuolaikinės jūrų lyderystės politinę idėją, tačiau panašių paviršutiniškų lyderystės traktuočių pozicija kartais pastebima būsimų jūrininkų dalykiniuose pasisakymuose, studentų rašto darbuose.

Kita vertus, lyderystę taikyti ekstremaliomis darbo sąlygomis jūroje yra ne tik aktualu, bet ir labai sudėtinga. Šiuo atveju pirmiausia vadovo moralinis ir dalykinis autoritetas darbuotojams galioja kaip

svarbiausias jų veiklos psichologinis ramstis. Tiksliau, moralinio ir dalykinio autoriteto darna, kai *moralinis* pasireiškia *dalykinio* autoriteto realizavimo procese, ypač pamokant, paskatinant ar sudrausminant.

Be dalykinio autoriteto, vien moralinis autoritetas lyderystėje praktiniu požiūriu atskirai neegzistuoja. Moraliniam autoritetui natūraliai būdingas ir dalykinis, nes moraliniu autoritetu vargiai galėtų būti *geras* žmogus, bet *blogas* specialistas.

Lyderystė psichologinių gynybos mechanizmų požiūriu

Sudėtingo bendrabūvio laive ir uosto įmonėje situacijose dėl asmenybės saugumo labiau išryškėja natūralūs, pusiau nesąmoningai veikiantys psichologiniai gynybos mechanizmai. Savilyderystei būdingas dėmesys *savo asmenybei ir neišvengiamiems gynybos mechanizmams minėtose situacijose* – labai svarbus šių mechanizmų atpažinimo ir savivaldos požiūriu.

Laivo įgulos ir uosto įmonės personalo psichologinį klimatą veikia atskirų narių ir ypač lyderio elgsena. Santykiams poveikį gali daryti *vengimo* mechanizmas, kai patekus į neįprastą situaciją vengiama dirbti, nes nežinoma kaip darbą atlikti. Konfliktų jūrininkų ir uostininkų kolektyvuose atveju gali pasireikšti *perkėlimas*, kai nukentėjus nuo vieno atsilyginama kitam. Empiriškai patvirtinta dažna *kompensacijos* raiška laive, kai neturėdamas autoriteto ir negebėdamas būti lyderiu vadovas vaizduoja viršininką.

Individualiuoju, savijautos, lygmeniu gali pasireikšti *sublimacija*, kai jausdamasis neįvertintas paprastai jaunas darbuotojas per daug stengiasi dirbti, bendrauti. *Neigimo* mechanizmas suveikia, kai nusižengęs laivo ar uosto įmonės tvarkai žmogus tai neigia. Studijuojantys jūrininkai ir uostininkai ypač dažnai nurodo ir laiko priimtinu *represijos* psichologinį mechanizmą, kuris, patekus į nemalonią situaciją, skatina apie ją apskritai nemąstyti. Dažnai konstatuojama galutinė (ne vien trumpalaikės, bet ir ilgalaikės) jų reakcijos į nemalonią situaciją pozicija – stengtis užsimiršti užsiimant tam tikra konstruktyvia ar destruktyvia veikla, užuot tuo metu ar vėliau situaciją atitinkamai įprasminus ilgalaikėje savo vertingo gyvenimo bei psichinės sveikatos perspektyvoje.

Priešingos reakcijos taikymas grupėje kyla, kai dėl apsisaugojimo motyvų vienas narys, nekęsdamas kito, šiam pataikauja. Bet kurioje socialinio gyvenimo situacijoje gali pasireikšti *projekcija*, kai nenorėdamas pastebėti savo klaidų žmogus yra labiau linkęs jomis kaltinti kitus. Tikėtina, kad *konversijos* mechanizmo atvejai labiau būdingi melancholiškiems introvertams ir šiaurietiškojo mentaliteto atstovams, kai, pavyzdžiui, profesinės karjeros pradžioje, bijant ko nors paklausti darbe, labai išgyvenama ir todėl susergama.

Gali reikštis *restitucijos* mechanizmas, kai jausdamasis kaltas žmogus manipuliuoja atsiprašymais. Visuomenėje labai įprasta taikyti *racionalizaciją*, kai netinkamai pasielgęs žmogus visada geba save pateisinti. Straipsnio autoriaus tyrimai rodo dažną *regresijos* psichologinį mechanizmą jūreivystėje bei uostininkystėje, kai lyderystės kompetencija nepasižymintys vadovaujantys pareigūnai laive ir vadovai uosto įmonėse, darbo grupei patekus į nesėkmingą situaciją, ant pavaldinių šaukia.

Jūrų verslo lyderystės vertybinio ir praktinio įprasminimo požiūriu labai aktualu, kad jūrininkai ir uostininkai, ypač būsimieji, mokytųsi savyje atpažinti psichologinius gynybos mechanizmus ir nesileistų jų visiškai užvaldomi, patekus į ekstremalias situacijas.

Apskritai vertybių bei valdymo santykių nuolatinio kūrimo ir organizacijos ilgalaikės veiklos perspektyvų požiūriu lyderystė yra kažkas tokio, kas peržengia atskirus lyderystės modelius, priklausomumą nuo susiklostančių situacijų bei kitų svarbių veiksnių, ir sudaro autentišką vadovo ar darbuotojo iki galo neišmatuojamą (savi)lyderystės unikalumą, kuris grįstas psichologinio asmenybės vientisumo siekimu ir tiksliniu tobulėjimu.

Lyderystė, kelianti laivybos ir jūrų uosto įmonių kultūros lygį, nėra pigi panacėja sociotechnologinėms problemoms komandoje spręsti – laivybos, uosto krovos ir kitų jūrų verslo funkcijų saugumo užtikrinimo tikslu. Būtiną sąlygą jūrų verslo lyderystei ugdyti sudaro sudėtingas visybiškas asmenybės ugdymas(is), kuriam, tikėtina, daugiausia galimybių teikia į praktiką orientuotos aukštosios jūreivystės ir uostininkystės studijos, tarpusavyje integruotos studijų programos, kurios pasižymi technologinio ir sociokultūrinio jūrininkų ir uostininkų rengimo darna.

Žvelgiant kompleksiškai, vieną svarbiausių politinių ir praktinių iššūkių jūrų lyderystei sudaro didėjančio santykių *demokratizavimo* vaidmens laivyboje derinimas su socialiai priimtinais ir natūraliai neišvengiamais *autokratinio* valdymo bruožais, dirbant jūroje ekstremaliomis sąlygomis. Šis derinimas aktualus ir uosto įmonių veiklai, kuri taip pat pasižymi ekstremaliomis situacijomis. Visų minėtų – vertybinių ir psichologinių – lyderystės mokslinių prielaidų strateginė sąlyga ir paskirtis – *saugumo kultūros* jūrų uoste ir laivyboje užtikrinimas.

Išvados

1. Atsakant į metodologinį lyderystės kultūros jūrų uoste ir laivyboje plėtros klausimą, galima teigti, kad jūrų verslo lyderystės edukacinė perspektyva pagrįsta moralinio ir dalykinio vadovo autoriteto derinimu, visapusiško aukštojo išsilavinimo verte, dėstytojų kaip gilių asmenybių pavyzdžio galia, lyderystės principų taikymu jūrininkystės bei uostininkystės studijose.

2. Pasitaikanti antilyderystė, nemeilė savo darbui ir vadovo nepagarba darbuotojams neleidžia sudaryti sąlygų reikštis lyderystei. Lyderystės kultūra lemia darbo jūroje ir uoste prestižą bei patrauklumo būsimiems darbuotojams lygį. Lyderystės stoką jūrų versle natūraliai kompensuoja kontrolė ir biurokratizmas.

3. Savilyderystę lemia palaikančioji lyderystė ir galimybė darbuotojui didžiuotis savo viršininku. Lyderis galioja kaip komandinio darbo laive ir uosto įmonėje psichologinis orientyras, tačiau naujoms kartoms lyderystė gali reikšti tradicinę diktatorystę nauju madingu pavadinimu.

4. Psichologinių gynybos mechanizmų požiūriu lyderystė reiškiasi savilyderyste kaip galimybe juos atpažinti ir jų atžvilgiu valdytis. Asmenybės vientisumo užtikrinimo svarba leidžia modeliuoti lyderystės ugdymo(si) kryptis integruotose aukštojo mokslo studijų programose, užtikrinant kompleksinį požiūrį į lyderystės turinį bei asmenybės saviraidos sąlygas, siekiant efektyvios savilyderystės puoselėjant saugumo kultūrą jūrų uosto įmonių veikloje ir laivyboje.

Literatūra

1. An Introduction to Resource Management, 1. (2012). *Videotel Marine International. DVD PAL.* London: Videotel.
2. Andres, T. Q. D. (1991). *Management by Filipino Values Training.* Manila: Our Lady of Manaoag Publishers.
3. Astikas, E. (2015). *Jūrų kapitono užrašai.* Klaipėda: LAJM.
4. Bennis, W., Nanus, B. (1998). *Lyderiai. Atsakomybės strategija.* Vilnius: Algarvė.
5. Bitinas, B. (2000). *Ugdymo filosofija*. Vilnius: Enciklopedija.
6. Bryant, A., Kazan, A. (2012). *Self-Leadership: How to Become a More Successful, Efficient and Effective Leader from the Inside out.* New York: McGraw-Hill.
7. Chaleff, I. (2009). *The Courageous Follower: Standing Up to and for Our Leaders.* San Francisco: Berret Koehler.
8. Cibulskas, G., Žydžiūnaitė, V. (2012). *Lyderystės vystymosi mokykloje modelis.* Vilnius: Lodvila.
9. Fjaerli, B., Overgard, K., Westerberg, T. (2015). Maritime Managers of the Future - What do They Think is Good Leadership? *The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 1 (9), p. 107–111.
10. Gerstenberger, H., Welke, U. (2008). *Arbeit auf See. Zur Ökonomie und Ethnologie der Globalisierung.* Münster: Westfälisches Dampfboot.
11. Ghaemi, N. (2014). *Nuo beprotystės iki lyderystės*. Vilnius: Sofoklis.
12. Haslam, S. A., Reicher, S. D., Platow, M. J. (2011). *The New Psychology of Leadership. Identity, Influence and Power.* Hove: Psychology Press.
13. Haughton, Ch. J. (2012). *The Leadership of Maritime Education and Training* (*MET*) *Institutions.* Birmingham: The University of Birmingham.
14. Heifetz, R. A., Linsky, M. (2002). *Leadership on the Line. Staying Alive through the Dangers of Leading.* Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.
15. Heifetz, R., Grashow, A., Linsky, M. (2009). *The Practice of Adaptive Leadership.* Boston, Massachusetts: Harvard Business Press.
16. Hooydonk, E. (2007). *Soft Values of Seaports: A Strategy for the Restoration of Public Support for Seaports*. Antwerp: Garant.
17. Illouz, E. (2007). *Cold Intimacies: The Making of Emotional Capitalism.* London: Polity Press.
18. Jezewska, M. (2003). Psychological Evaluation of Seafarers. *International Maritime Health*, 54, p. 68–76.
19. Jezewska, M., Jaremin, B., Leszczynska, I. (2007). Health Promotion in the Maritime Work Environment - Training of Leaders. *International Maritime Health*, 58, p. 1–4.
20. Johnsen, B. H. et al. (2012). Cultural Differences in Emotional Intelligence among Top Officers on Board Merchant Ships. *International Maritime Health*, 63, p. 90–95.
21. Joyner, R. (2010). *Leadership: The Power of a Creative Life.* Fort Mill: Morning Star Publications.
22. Jovaiša, L. (2001). *Ugdymo mokslas ir praktika.* Vilnius: Agora.
23. *Jūrininkų rengimas Lietuvoje jūreivystės istorijos retrospektyvoje.* (2008). Klaipėda: Libra Memelensis.
24. Kličius, A. (2001). Verslo raida: vingiai ir problemos. *Filosofija. Sociologija*, 2, p. 26–34.
25. Klimka, K. (2014). *Kaip humanitarai trukdo klestėti gamybininkams*. Prieiga per internetą: <http://www.delfi.lt>.
26. Kovas, P. (2013). *Gyvenimas audroje: kaip išlikti sausam.* Kaunas: Luceo.
27. Lileikis, S. (2011). *Kultūrinės ir psichosocialinės jūrinės edukacijos metodologiniai metmenys.* Klaipėda: KU leidykla.
28. Lileikis, S. (2013). E-learning and Economism in regard to the Psychic Health and Development of Seafarers' Leadership. *Maritime Transport and Engineering*, 2, p. 28–35.
29. Lileikis, S. (2014). Supporting Maritime Leadership in regard to Moral Authority on Board and Pre-Self-Development of Seafarers as Psycho-Educational Factors Improving Their Self-Confidence at Work. *Maritime Transport and Engineering*, 3, p. 16–23.

30. Lileikis, S. (2018). *Jūrų lyderystė: vertybės, psichologija, saviugda*. Klaipėda: LAJM.
31. *Lloyd's Register Educational Trust.* (2004). Prieiga per internetą: <http://www.he-alert.org>.
32. Maritime Leadership and Demands for Change. (2013). *Maritime Leadership*. Prieiga per internetą: <http://www.green-jakobsen.com>.
33. Mayo, E. (1930). The Human Effect of Mechanization. *The American Economic Review*, 20, p. 156–176.
34. Nielsen, M. B., Bergheim, K., Eid, J. (2013). Relationships between Work Environment Factors and Workers' Well-Being in the Maritime Industry. *International Maritime Health*, 64, p. 80–88.
35. Naujokas, Ž., Žičkuvienė, A. (2013). *Laiškai iš jūros. Jūrų kapitono Naujoko žvejybos istorija.* Klaipėda: LMŽK „Marinus".
36. Price, T. L. (2008). *Leadership Ethics. An Introduction.* Cambridge: Cambridge University Press.
37. Progoulaki, M., Roe, M. (2011). Dealing with Multicultural Human Resources in a Socially Responsible Manner: a Focus on the Maritime Industry. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 10, p. 7–23.
38. Ragaišis, R. (2012). *Ko bangos nenuplovė. Laivo bocmano prisiminimai.* Utena: UAB „Utenos Indra".
39. Resource Management and Accident Prevention, 7. (2012). *Videotel Marine International. DVD PAL*. London: Videotel.
40. Roe, M. (2013). *Maritime Governance and Policy-Making*. London: Springer.
41. Sąlyga, J. (2007). Jūrininkų patiriama psichoemocinė įtampa, socialinė izoliacija: krikščioniškosios karitatyvinės veiklos patirtis. *Tiltai*, 36 priedas, p. 164–183.
42. Sheninger, E. (2014). *Digital Leadership. Changing Paradigms for Changing Times.* California: Corvin.
43. Stadler, Ch., Dyer, D. (2013). Why Good Leaders Don't Need Charisma. *MIT Sloan Management Review*. Prieiga per internetą: <http://sloanreview.mit.edu>.
44. STCW Manila Seafarer Training Amendments Enter into Force on 1 January 2012. (2011). *International Maritime Organization*. Prieiga per internetą: <http://www.imo.org>.
45. Šileris, S. (2007). *Kodėl anksti pražyla kapitonai.* Klaipėda: Eglės leidykla.
46. Taylor, F. W. (1911). *The Principles of Scientific Management.* New York, London: Harper & Brothers.
47. Valuckienė, J. et al. (2015). *Lyderystė mokymuisi: teorija ir praktika mokyklos kaitai*. Šiauliai: Titnagas.
48. Vasilovschi, N., Georgescu, S. (2012). Transformational Leadership and the Economic Competitiveness in Shipping Industry Today. *Constanta Maritime University Annals*, 17, p. 307–310.
49. Vervoort, M. (2012). Maritime Leadership Competence and Its Further Implementation and Assessment into the Nautical Education Program. *International Conference on Education and New Learning Technologies.* Barcelona: International Forum Edulearn, p. 804–810.
50. Истомина, О. А. (2006). *Профессиональная психология моряка.* Владивосток: Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского.
51. Лебедев, В. И. (2001). *Экстремальная психология. Психическая деятельность в технических и экологически замкнутых системах.* Москва: Юнити-дана.

CULTURE OF LEADERSHIP IN THE SEAPORT AND SEAFARING: A DEVELOPMENT ISSUE

Summary

The object of the research is leadership as a culture of management relationships in the seaport and seafaring. The aim of the article is to identify methodological problems in relation to the expression and development of leadership in the field of marine business. The tasks of the research are as follows: to study the educational perspective of marine business leadership, the main points of leadership and anti-leadership, self-leadership, leadership of life and supportive leadership and leadership in terms of psychological defense mechanisms. Main methods such as scientific literature analysis, comparison, interpretation, synthesis were used in the research. The type of the research is theoretically descriptive. Epistemological principles of the research are as follows: STCW convention: standards of training, certification and watchkeeping for seafarers; existentialism and the paradigm of comprehensive education.

The educational perspective of marine business leadership is based on a combination of moral and business authority of the boss, on the comprehensive value of higher education, on the example of the power of teachers as deep personalities and on the application of leadership principles in maritime and seaport studies. Anti-leadership, lack of love for work and disrespect of a boss for his/her subordinates do not allow to express leadership. Leadership culture determines the prestige of working on board and in the seaport, and the level of attractiveness for future employees. The lack of leadership in the marine business is naturally compensated by control and bureaucracy.

Supportive leadership and opportunity to be proud of one's own boss determine self-leadership. Leader is a psychological direction of a teamwork on board and in a seaport company. New generations can consider leadership as a traditional dictatorship with the new name. Leadership is expressed as self-leadership from the point of view of psychological defense mechanisms, and the ability to recognize them and to manage oneself in front of them. The importance of ensuring personal integrity allows to model the directions of leadership development in integrated higher education curricula, ensuring a comprehensive approach to leadership content and conditions of personal self-development in order to achieve effective self-leadership by strengthening the safety culture in the activities of seaport companies and seafaring.

Key words: leadership, self-leadership, seaport, seafaring, culture.

AUTORIAUS LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Saulius Lileikis
Mokslo laipsnis ir vardas: socialinių mokslų daktaras, docentas
Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla, Uosto ekonomikos ir vadybos katedros docentas
Autoriaus mokslinių interesų sritys: jūrinė hodegetika, jūrų uosto antropologija ir vadyba
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 6 520 8106, s.lileikis@lajm.lt

AUTHOR'S COVER LETTER

Author's name, surname: Saulius Lileikis
Science degree and name: Doctor, associate professor
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

JŪRŲ LAIVŲ ŠALDYMO PASLAUGŲ TEIKIMAS PERSONALO KONTROLĖS IR LYDERYSTĖS KONTEKSTE

Raminta Smilginė, Saulius Lileikis
Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla

Anotacija

Straipsnyje analizuojamos jūrų laivų šaldymo paslaugos, siekiant identifikuoti personalo kontrolės ir lyderystės galimybes produktyvesniam paslaugų teikimui. Šiuolaikinė uosto įmonė, kurios darbuotojai, padaugėjus klientų, yra labiau apkrauti darbu, turi toliau efektyviai veikti. Todėl jos veiklos vykdymo procesus tikslinga kontroliuoti atsižvelgiant į šiuolaikinės lyderystės reikalavimus. Tyrime atskleidžiama personalo kontrolės samprata transformacinės lyderystės požiūriu, charakterizuojamos laivų šaldymo paslaugų teikimo sąlygos, nustatoma šaldymo paslaugų veiklos sričių ir personalo kontrolės principų hipotetinė sąsaja taikant mokslinės literatūros analizę, lyginamąją analizę, euristinį metodą, klasifikaciją, sintezę. Teorinis aprašomasis tyrimas metodologiškai grindžiamas transformacine lyderyste.

Reikšminiai žodžiai: laivas, šaldymas, paslaugos, kontrolė, lyderystė.

Įvadas

Tyrimo problemos aktualumas. Jūrų uosto įmonė, kurios veikla analizuojama, teikia laivų šaldymo, vėdinimo, kondicionavimo sistemų įrangos pardavimo bei montavimo paslaugas. Siekiant išlaikyti paslaugų teikimo produktyvumą, padidėjus klientų kiekiui, šiuolaikinei įmonei tikslinga vadovautis šiuolaikinės vadybos principais, ypač globaliai taikoma šiuo metu bene populiariausia ir veiksmingiausia – transformacine lyderyste (ang. *transformational leadership*). Šiuolaikinė lyderystė įmonėje užtikrintų veiklos efektyvumą, kuris esmingai priklauso nuo darbuotojų. Valdymo funkcija – personalo kontrolė – taikoma, kad įmonės veikla būtų vykdoma pagal planą įmonės tikslams pasiekti. Personalo kontrolės tikslai gali būti pasiekti, kai personalas tiki įmonės tikslais ir yra motyvuotas jų siekti, nereikalaudamas nuolatinės priežiūros (ACCA Approved Content Provider, 2017). Tinkama kontrolė įmonėje padeda vadovams aptikti konkrečias veiklos spragas ir jas panaikinti (Robbins, Coulter, 2016). Kadangi analizuojamos įmonės darbuotojai, padaugėjus klientų, yra labiau apkrauti darbu, ir siekiant, kad šiuolaikinė įmonė veiktų efektyviai, reikalinga kontroliuoti veiklos vykdymo procesus atsižvelgiant į šiuolaikinės lyderystės reikalavimus.

Nors šiuolaikinė darbo kultūros lyderystė moksliniu požiūriu pripažįstama visuotinai, praktiniu lygmeniu personalo kontrolę apsunkina sudėtingos darbo sąlygos, ypač jūrų uoste. Prie šios aktualios problemos tyrimo tik priartėta personalo valdymo, žmogiškųjų resursų humanistinio valdymo, darnios bei tvarios veiklos plėtros psichosocialinio konteksto, darbo uosto įmonėje psichologinio klimato, darbuotojų pasitenkinimo darbu bei socialinio požiūrio į darbo uoste patrauklumą analizės fragmentais (Ahn, Mclean, 2008; Thai, 2012; Hooydonk, 2007, 2013; Tsai, 2014; Mega, 2016; O'Connor, 2016; Barasa et al., 2018; Lileikis, 2017, 2017a, 2018, 2018a; Sila, Sirok, 2018; Locaitienė, Lileikis, 2019). Mokslo taikomuoju lygmeniu straipsnyje tikslinga atskleisti personalo kontrolės ir lyderystės kontekstą, kuriame šaldymo įranga jūrų laivams projektuojama, laivuose sumontuojama, remontuojama, prižiūrima.

Tyrimo objektas – jūrų laivų šaldymo paslaugos.

Tyrimo tikslas – identifikuoti personalo kontrolės ir lyderystės galimybes teikiant jūrų laivų šaldymo paslaugas.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atskleisti personalo kontrolės sampratą transformacinės lyderystės požiūriu.
2. Charakterizuoti laivų šaldymo paslaugų teikimo sąlygas.
3. Nustatyti šaldymo paslaugų veiklos sričių ir personalo kontrolės principų hipotetinę sąsają.

Pagrindiniai *tyrimo metodai:* mokslinės literatūros analizė, lyginamoji analizė, euristinis metodas, klasifikacija, sintezė.

Metodologinę nuostatą sudaro transformacinė lyderystė, kuria tyrimas grindžiamas epistemologiškai, akcentuojant personalo kontrolę ne kaip tradicinę nepasitikėjimu grįstą bausmę, tačiau paskatą komandiniam darbui drauge kūrybiškai ieškoti problemų sprendimo. Svarbiausia transformacinio lyderio savybė – psichologinis darbuotojų įgalinimas. Transformuojant vertybes, motyvus bei tikslus tobulėja tiek darbuotojo, tiek vadovo asmenybė, o tobulėjant personalui – sukuriamos prielaidos produktyvesnei organizacijos veiklai.

Tyrimo tipas – teorinis aprašomasis.

Straipsnio struktūrą sudaro trys dalys: personalo kontrolės samprata transformacinės lyderystės požiūriu, laivų šaldymo paslaugų teikimo sąlygos, šaldymo paslaugų veiklos sričių ir personalo kontrolės principų hipotetinė sąsaja.

Personalo kontrolės samprata transformacinės lyderystės požiūriu

Kad pasiektų savo tikslus, įmonei reikalinga personalo kontrolė. Kiekviena įmonė turi savo personalo kontrolės sistemą, kuri padeda užtikrinti, kad darbuotojai pasiektų reikiamą rezultatą atlikdami savo darbines funkcijas. Teigiama, kad personalo valdymas yra sistema, kurios tikslas – užtikrinti efektyvų bendradarbiavimą tarp vadovo ir personalo įmonės tikslams pasiekti. Personalo valdymas kuria formalias sistemas žmogiškiesiems talentams valdyti siekiant įmonės tikslų. Pagrindinės personalo valdymo funkcijos suskirstytos į planavimą, organizavimą, vadovavimą ir kontrolę. Personalo valdymas pagrįstas sprendimais bei galimybe pasirinkti įvairius metodus, kurie reikalingi pagal įmonės politiką reguliuoti praktinę jos veiklą (Mathis et al., 2016).

Be to, personalo kontrolė yra viena pagrindinių personalo valdymo funkcijų, kuri taikoma įmonės valdymo procese. Kontrolė – valdymo funkcija, apimanti stebėjimą, lyginimą, koreguojanti darbo našumą (Robbins, Coulter, 2016). Iš to, kas pasakyta, seka, kad įmonė be personalo kontrolės negalėtų sėkmingai siekti užsibrėžtų tikslų. Nustatomi įmonės tikslai, o juos įgyvendinant pasitelkiama kontrolė. Taigi kontrolė įmonėje yra labai svarbi funkcija, kuri pasižymi atitinkamomis įmonės veiklos valdyme taikomomis subfunkcijomis ir padeda pasiekti įmonės tikslus.

Kartu pažymėtina, jog kontrolė yra organizacinės veiklos reguliavimas, kad dėl užsibrėžto įmonės tikslo ir siekiamo gauti rezultato vykdoma veikla išliktų norimame lygyje. Be šio reguliavimo, įmonė neturėtų įrodymų, kaip vykdo savo veiklą atsižvelgdama į išsikeltus tikslus (Griffin, 2015). Personalo kontrolė neapsiriboja vien tik kontroliuojančiais vadovybės veiksmais darbuotojų atžvilgiu, bet ir reikalauja, kad įmonių vadovai orientuotųsi išorinėje ir vidinėje įmonės darbo aplinkoje. Nepriklausomai nuo to, kiek darbuotojų dirba įmonėje, visi jie privalo būti supažindinti su darbui reikalinga informacija, o jų darbas – atitinkamai kontroliuojamas. Tačiau kontrolė turi pasižymėti vadovybės gebėjimu išlaikyti savo darbuotojus (Mathis et al., 2016). Personalo kontrolei įmonėse būdinga problemų sprendimas ir jų prevencija. Galima teigti, kad jei įmonės veikla vykdoma sėkmingai, vadovybė vis tiek turi palaikyti tam tikrą kontrolę įmonėje, nes veiklos problemų gali kilti bet kada.

Kaip minėta, kontrolės funkcija vykdoma, kai įmonė yra išsikėlusi tikslus, uždavinius. Teigiama, kad kontrolė padeda sumažinti skirtumą tarp norimo rezultato ir realių darbo pasiekimų. Kontrolė pasireiškia auditu, kuriuo analizuojami įmonės veikla bei rezultatai (Ranjan, 2017). Tikslinga pabrėžti, kad kontrolė yra veikiau pagalba, o ne nuobauda. Tai yra tam tikra taisyklė, padedanti užtikrinti produktyvią organizacijos veiklą. Kintant rinkai, didėjant verslo įvairovei bei informacijos srautams, augant žinių bei įvairių sričių specialistų poreikiui, įmonės valdymas ir reikiamo kontrolės sistemos lygio įdiegimas tampa vis didesniu iššūkiu įmonių vadovams. Vadinasi, svarbu tinkamai pasirinkti ir įdiegti vieną svarbiausių valdymo instrumentų – kontrolės sistemą, kuri padeda užtikrinti įmonės procesų efektyvumą, pageidaujamą darbo kultūrą, puoselėja bendradarbiavimo atmosferą, darydama įtaką personalo įsipareigojimams, kad būtų užtikrintas norimas įmonės veiklos lygis. Todėl kontrolė neatsiejama nuo planavimo, nuo kurio veikla prasideda ir į kurį per kontrolę sugrįžtama. Planuojami tikslai, siekiai, strategijos; organizuojant rūpinamasi veiklos struktūra, darbų paskirstymu, personalo veiklos koordinavimu; vadovavimas lyderystės pagrindu užtikrina darbuotojų motyvaciją atitinkamai komunikuojant; kontrolė lygina gautus įmonės veiklos rezultatus su plane numatytais standartais (Robbins, Coulter, 2016).

Natūralu, kad kontrolė yra procesas, baigiamoji valdymo ciklo funkcija ir kartu planavimo pradžia. Kontrolė neatskiriama nuo planavimo. Kartu pažymėtina, kad jei vadovybė nekontroliuoja, negalima žinoti, ar įmonės planas realizuotas, ar tikslas pasiektas, kuriuos būsimus įmonės veiklos veiksmus pradėti. Kontrolė įmonėje nėra apribota vien tik draudimais personalo atžvilgiu, kaip gali atrodyti stebint iš šalies, tačiau ji aprėpia daugiau aspektų, kurie padeda įgyti privalumų, kad įmonė veiktų sėkmingai. Vadinasi, personalo kontrolė yra labai svarbi įmonės funkcija, padedanti užtikrinti efektyvų įmonės personalo darbą bei suteikianti galimybę pasirinkti tinkamiausią veiksmą nenukrypstant nuo plano, kad nustatyti įmonės tikslai būtų pasiekti. Kontrolės efektyvumui gerinti numatytas kontrolės procesas, kai siekiant įvertinti faktinius rezultatus, jie lyginami su standartais. Jei būtina, reikalinga veiksmus koreguoti, siekiant ištaisyti nukrypimus nuo standartų. Darbuotojų darbo našumas dažniausiai matuojamas pagal paslaugų/produktų kiekio ir kokybės našumą (Griffin, 2015; Robbins, Coulter, 2016). Siūloma įmonėse taikyti tokią kontrolę, kurioje daugiausia dėmesio skiriama užduočių atlikimo rezultatyvumui, nes tai padeda darbuotojams geriau atlikti darbą (Verburg et al., 2018).

Lyginant minėtus autorių teiginius, galima teigti, kad vadovui išlaikant puikų ryšį su darbuotojais bei taikant kontrolę personalo užduočių atlikimo lygmeniu, sėkmingi įmonės veiklos rezultatai pasiekiami greičiau ir lengviau. Šiuolaikinės lyderystės požiūriu, esant galimybei didžiuotis savo vadovu, kuriasi prielaidos didžiuotis savo darboviete ir savimi kaip nuoširdžiai atliekančiuoju svarbų darbą (Lileikis, 2018a). Kad darbuotojai būtų motyvuoti tinkamai atlikti darbo užduotis, vadovas turi vengti stiprios kontrolės ir orientuotis į lyderystės principus.

Kontrolė šiuolaikinės lyderystės atžvilgiu nėra naudojama tokia griežta lyginant su tradiciniu vadovavimu – griežtais įsakymais, paliepimais ir pan. Vadovui esant lyderiu, jam nebūtina savo personalui demonstruoti valdžios galią. Jei vadovas geba darbuotojus įtikinti siekti bendrų tikslų, jis personalui tampa gerbiamu autoritetu, sektina asmenybe. Lyderystės veikla yra orientuota į kokybiškai naują rezultatą, į tikslų siekimą, lūkesčių išpildymą (Dukynaitė, 2015). 1 lentelėje teikiami kontrolės principai tradiciniame vadovavime ir lyderystėje.

1 lentelė

Kontrolė tradiciniame vadovavime ir lyderystėje

KONTROLĖ TRADICINIAME VADOVAVIME	KONTROLĖ LYDERYSTĖJE
Nustatomi aiškūs, išmatuojami tikslai ir uždaviniai	Keliami aukšti siekiai
Užtikrinami veiklos standartai	Iškeliami vertybės ir principai suvokti prioritetus
Nustatomos procedūros ir sistemos efektyviam darbui	Ieškoma galimybių pasiekti tikslą
Sprendžiamos kilusios problemos	Numatomos galinčios iškilti problemos ir jų prevencija
Naudojamasi praeities patirtimi	Prognozuojama perspektyva, kuriamos alternatyvos
Veiksmai atliekami laikantis nustatytos tvarkos	Veiksmai atliekami orientuojantis į rezultatą
Veikla orientuojama į apibrėžtų funkcijų atlikimą	Veikla orientuojama į rezultatą
Veikla grindžiama teisės normomis, reglamentais	Remiamasi iššūkiais, kūrybinėmis idėjomis, naujovėmis

Šaltinis: Dukynaitė, R. (2015). Lyderystė: sampratos, klasifikacijos, požymiai. Vilnius: LEU leidykla.

Lentelėje pateikti kontrolės principų tradiciniame vadovavime ir lyderystėje skirtumai. Kontrolė tradiciniame vadovavime apsiriboja sprendimų priėmimu, organizacijos krypties nustatymu, darbuotojų darbo derinimu ir koordinavimu, užtikrindama įmonės judėjimą iškeltų tikslų link, o lyderystėje kontrolė yra orientuota į kokybiškai naują rezultatą ir humanistinį įmonės lūkesčių išpildymą.

Pagal esamą situaciją ir vykdomą veiklą labai svarbu pasirinkti tinkamą lyderystės teoriją. Vienas reikšmingiausių lyderystės stilių – transformacinė lyderystė, kuri viršija įprastus lūkesčius perduodama darbuotojams misijos jausmą, skatindama mokymąsi bei įkvėpdama juos mąstyti naujai (Griffin, 2015). Transformacinė lyderystė orientuojasi į gebėjimą sukurti ir įgyvendinti svarbius pokyčius organizacijoje. Tai labiau į pokyčius orientuota lyderystė, todėl ji turėtų būti vystoma kiekvienoje įmonėje. Transformacinę lyderystę galima sieti su perspektyva, kuri apima daugelį lyderystės proceso aspektų (Kononenko, 2015). Galima teigti, jog pasirinkta lyderystė leidžia darbuotojams keistis, tobulėti neeikvojant kūrybinės energijos bausmės baimei. Mokslinės literatūros autoriai, surinkę išsamius įrodymus apie verslo įmonių sėkmę, nurodo, kad ją lėmė vadovų taikomi kontrolės lyderystėje principai (Roarty, Toogood, 2014).

Vadovavimas ir lyderystė – artimos sąvokos. Vadovas ir lyderis turi daug panašumų: dirbama su žmonėmis, norima jiems padaryti įtaką, siekiama tikslų. Tačiau tarp jų yra reikšmingų skirtumų. Vadovavimu labiau laikoma reikalavimai, kad darbo užduotys būtų atliktos gerai ir laiku, o lyderystė yra gebėjimas įtikinti personalą tinkamai įvykdyti darbo užduotis (Dukynaitė, 2015). Galima teigti, kad taikant šiuolaikinės lyderystės principus, personalo kontrolėje atsiranda nauda įmonei, siekiant padidinti darbuotojų darbo našumą, nes, vadovui nenaudojant griežtos kontrolės ir skatinant personalą siekti bendrų įmonės tikslų, darbuotojai jaučia didesnį pasitenkinimą darbu apskritai. Šiuolaikinės lyderystės sampratos požiūriu svarbu pažymėti, kad, nepaisant mokslinėje literatūroje aiškiai atskirtų lyderystės ir vadovavimo apibrėžimų, efektyvi vadovų veikla reikalauja lyderystės principų, o lyderystė – įgūdžių vadovauti kitiems (Vaitkevičius, 2016). Lyderis yra tas, kuris gali daryti įtaką kitiems ir pasižymi atitinkamu valdymo lygiu, o lyderystė yra procesas, kurio metu vadovaujama grupei ir daroma įtaka tai grupei įmonės tikslams pasiekti (Robbins, Coulter, 2016). Todėl personalo kontrolė šiuolaikinėje lyderystėje reikalauja, kad vadovas vadovautųsi lyderystės principais ir turėtų įgūdžių vadovauti darbuotojams. Tuomet kaip galutinis rezultatas bus pasiekti įmonės tikslai.

Mokslinėje literatūroje mokslininkai, nagrinėdami įvairias lyderystės teorijas, pripažįsta, kad nėra vieno išskirtinio lyderystės apibrėžimo, kuriuo vadovautųsi visi. Lyderystė neapsiriboja tik vienu iš grupės narių, kuriam oficialiai suteiktos vadovaujamosios pareigos. Žmogus gali būti puikus vadovas ir strategas, bet neturėdamas lyderio įgūdžių gali negebėti motyvuoti kitų (Vaitkevičius, 2016). Lyderystė – tai kitų įtikinimo procesas, kad komanda ar įmonės darbuotojai pasiektų tikslus.

Vadinasi, lyderiu galima tapti, bet vadovas turi turėti įgūdžių, kad galėtų personalą kontroliuoti. Mokslinėje literatūroje šiuolaikinės lyderystės samprata išsiskiria tuo, kad lyderis daro įtaką darbuotojams tikslui pasiekti. Lyderystei būdinga gebėjimas daryti įtaką darbuotojams, o be įtakos kitiems lyderystė – neįmanoma. Įtikinti personalą nėra paprasta, bet jei vadovas turi lyderio savybių, tai personalas tampa lojalus ir motyvuotas efektyviai vykdyti darbo užduotis.

Personalo kontrolė šiuolaikinės lyderystės kontekste nurodo vadovą, kuris gali naudoti įtaką personalui įgydamas pasitikėjimą bei motyvuodamas personalą pajusti, jog įmonės tikslas yra bendras, o ne

tik vadovo (Stimpson, Smith, 2015). Apskritai lyderystės reiškinys kelia vis didesnį visuomenės susidomėjimą. Tai lengva paaiškinti atsižvelgiant į šiandieninę aplinką. Įmonės kasdieninėje veikloje susiduriama su didesniais tempais, visose sferose veikiančiomis milžiniškomis konkurencinėmis jėgomis, krizinėmis situacijomis bei socialinės, ekonominės, politinės, kultūrinės aplinkos nepastovumu. Pastebima, kad lyderio priimami sprendimai ir jų daroma įtaka darbuotojams, kurie atsakingi už šių sprendimų įgyvendinimą, dažnose situacijose yra gerokai efektyvesnis veiksnys siekiant maksimalios naudos įmonei nei vien tik vadovavimas dokumentuose apibrėžtomis normomis, taisyklėmis, procesų aprašymais (Vaitkevičius, 2016).

Autorių pateikiami lyderystės apibrėžimai gali būti suprantami kaip strateginio valdymo priemonė. Strategija yra aukšto lygio planas pasiekti vieną ar daugiau tikslų neapibrėžtomis sąlygomis. Taigi lyderystė gali būti taikoma kaip strategija įmonės tikslams pasiekti. Kitas būdas suprasti lyderystę yra kelio-tikslo teorija. Teorijos esmė ta, kad lyderio veiksmingumui naudojamas kelio-tikslo modelis. Adaptuodami savo lyderystę pagal kelio-tikslo lyderystės teoriją, lyderiai gali padidinti darbuotojų pasitenkinimą ir darbo našumą. Iš kelio-tikslo teorijos buvo išplėtota transformacinė lyderystė. Tranformacinės lyderystės teorijoje pripažįstamas veiklos situacijų neracionalumas, pabrėžiama vidinė motyvacija, mokymas, skiriamas dėmesys kitų žmonių poreikiams tenkinti. Tranformacinė lyderystė populiari dėl darbuotojų prisiimamos didesnės atsakomybės siekti aukštų rezultatų (Dukynaitė, 2015).

Administraciniu vadovavimu pasireiškiantis direktyvinis lyderystės stilius išsiskiria iš kitų lyderystės stilių tuo, kad nurodo, ko tikimasi iš darbuotojų, duoda jiems nurodymus, kaip vykdyti užduotį, kaip ji turi būti atlikta ir kada privaloma ją baigti (Williams, 2016). Lyginant direktyvinę lyderystę su transformacine, galima daryti prielaidą, kad direktyvinė lyderystė nesudaro tiek sąlygų, kiek transformacinė, kuri skatina darbuotojus tobulėti, keistis, sudarydama jiems tam sąlygas ir suteikdama galimybes. Vadovaujantis transformacine lyderyste tobulėjimo procesas įmonėje vyksta nuolatos. Dėl šios priežasties galima efektyviai siekti veiklos rezultatų. Transformacinė lyderystė turi daugiau privalumų nei direktyvinė. Lyderis, įtraukdamas komandą į savo organizacinę aplinką, ne tik tobulina personalo įgūdžius, bet ir mažina jų trūkumus. Personalas tada jaučia didesnį pasitenkinimą savo darbu ir gali didinti darbo našumą. Kelio-tikslo teoriją galima taikyti kaip sistemą, kuri siekia lyderystę, pavaldinių ir aplinkos nenumatytas situacijas, darbo rezultatus bei darbuotojų pasitenkinimą darbu sujungti į bendrą visumą.

Laivų šaldymo paslaugų teikimo sąlygos

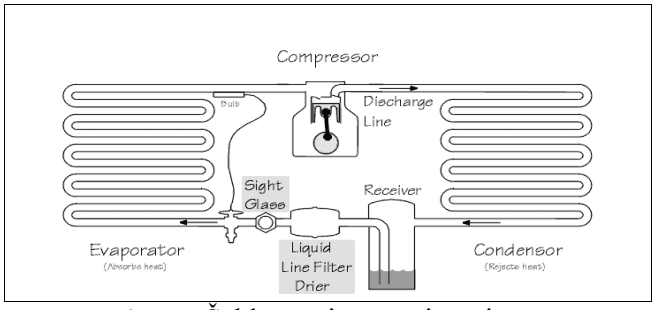
Įmonės, teikiančios laivų šaldymo paslaugas, turi atitinkamus specialistus, kurie turi žinių ir praktinių įgūdžių dirbti su šaldymo įrangos technika laivuose. Šiuolaikiškas aušinimas ir šaldymo įrangos sistemų technologijos yra būtinos, pavyzdžiui, žvejybiniams traleriams. Tai kompaktiškos, pažangios ir energiją tausojančios sistemos. Mechaninis šaldymas naudojamas greitai gendantiems kroviniams, maisto produktams, žuviai užšaldyti ir pan. Šaldymas apsaugo nuo mikroorganizmų dauginimosi, oksidacijos, fermentacijos (McGeorge, 2016). Specialiu integruotu šaldymo valdymu galima užtikrinti optimalų šaldymo ciklą – tinkamą šaldymo pajėgumą tinkamu laiku tinkamoje vietoje, ekonominį efektyvumą, maksimalų eksploatacijos patikimumą, ilgą tarnavimo laiką.

Kaip minėta, laivuose šaldymo įrangos sistemos naudojamos greitai gendančių produktų transportavimui, maisto atsargų laikymui, vėdinimui, oro kondicionavimui gyvenamose ir specialiose laivo vidaus patalpose (mašinų skyriuje, triumuose, tankuose). Ypatingas laivas su tokia įranga yra laivas refrižeratorius, kuris perveža greitai gendančius krovinius (žuvis, mėsą, vaisius). Pagrindinis laivų refrižeratorių funkcijos tikslas – užtikrinti, kad transportuojamų produktų būklė nesikeistų dėl netinkamos temperatūros (Memet, 2014; Gantz, 2015). Šių laivų triumai yra gerai izoliuoti, juose įrengta galinga šaldymo sistema, triumuose palaikanti nuo +5 iki -25 C temperatūrą (Paulauskas et al., 2018).

Laivų šaldymo paslaugos teikiamos nuo projektavimo darbų iki įrangos įdiegimo, jos sumontavimo, garantinio ir pogarantinio aptarnavimo. Vykdoma šaldymo, vėdinimo, oro kondicionavimo priežiūra. Šaldymo įrangos sistemų darbas užtikrina laivo gyvybiškumą, t. y. būtinas gyvenimo sąlygas laive. Laivuose paprastai įrengiamos ventiliavimo ir oro kondicionavimo sistemos, šaldymo sistemos – šaldymo agento, šaltnešio, suspausto oro ir dujų sistemos – aukšto, vidutinio ir žemo slėgio (Paulauskas et al., 2018). Vykdoma laivų šaldymo įrenginių apžiūra kaip periodiškai atliekamų veiksmų kompleksas šaldymo sistemos išoriniams defektams nustatyti. Prie svarbiausių laivo sistemų (be jėgainės sistemų) priskiriama refrižeratorinė sistema, ventiliacijos, oro kondicionavimo sistemos. Atliekami šaldymo įrenginių techninės priežiūros darbai – reguliarūs sistemų būklės stebėjimo, įvertinimo, reguliavimo, remonto veiksmai, kad sistemos ir jų sudėtinės dalys būtų tvarkingos, veiktų patikimai ir saugiai. Šaldymo įrangos priežiūrą numato teisės aktai ir techniniai dokumentai, jog nustatyta tvarka bei periodais būtų vykdomi tikrinimai, bandymai,

tyrimai, kad būtų palaikomi ir/ar atstatomi sistemų techniniai parametrai bei darbo režimas saugiam ir patikimam naudojimui.

Laivuose dažniausiai naudojami kompresoriniai įrenginiai. Vienas paprasčiausių darbo agentų yra amoniakas. Amoniakas – ypač pavojingas žmogaus sveikatai. Vėliau buvo pradėta šaldymo įrenginiuose naudoti kita medžiaga – freonai. Išgaravęs dujinio pavidalo šaldymo agentas kompresoriuje suspaudžiamas iki didelio slėgio ir ataušintas šilumokaityje kondensuojasi. Skystas šaldymo agentas grąžinamas į šaldymo sistemą ir ciklas kartojamas (Paulauskas et al., 2018). 1 paveiksle pavaizduotas šaldymo įrenginių sistemos bazinis principas.



1 pav. Šaldymo sistemos įrenginys

Šaltinis: Vapor Compression Refrigeration. (2018). Prieiga per internetą: <http://www.shv-handball.org>.

Kompresorius atlieka vieną sudėtingiausių procesų šaldymo sistemoje, kuri iš žemos temperatūros, žemo slėgio garų suspaudžia šaltnešį į aukštos temperatūros, aukšto slėgio garus. Šaltnešis – tai skystis, naudojamas kaip šilumos absorberis arba aušinimo agentas visame šaldymo sistemos įrenginių veiklos procese. Šaltnešis gali būti lengvai pakeistas iš skystos būsenos į garų būseną ir atvirkščiai (Babicz, 2015). Termostatinis dreseliavimo ventiliaus įrenginys pasižymi šaltnešio savybe – keičiantis slėgiui keičiasi ir jo temperatūra. Šaldymo, vėsinimo sistemos laivuose pagrįstos mechaniniu garų suspaudimu. Ciklai maitinami elektros energija, kuri pagaminta deginant iškastinį kurą. Šis procesas prisideda prie šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio didėjimo ir oro teršalų susidarymo (Girgin, Ezgi, 2015). Laivų šaldymo įrenginių sistemoms keliami padidinti eksploatavimo reikalavimai, kuriuos reglamentuoja tarptautinės konvencijos.

Teisę teikti laivų šaldymo, oro kondicionavimo, vėdinimo sistemų priežiūros paslaugas turi tik kvalifikuoti ir atestuoti specialistai, kurie pagal gamintojų instrukcijas, galiojančius teisės aktus bei normatyvinius dokumentus vykdo sistemų priežiūrą, tikrina vėdinimo ir vėsinimo automatikos veikimą, reguliuoja vėsinimo mazgų hidraulinius parametrus. Šaldymo įrangos mechanikai turi užtikrinti, kad medžiagos, kurios naudojamos darbo metu, atitiktų saugumo reikalavimus. Jie turi planuoti darbą, atsižvelgdami į veiklos prioritetus, ir darbo metu laikytis saugumo taisyklių. Įrangos mechanikai patikrina sistemos programavimą, vykdo šaldymo mašinų, oru aušinamų aušintuvų bei šilumokaičių, šaldymo-šildymo vožtuvų priežiūrą, techninį aptarnavimą, valymą, smulkų remontą (Lawton, 2014; National Occupational Analysis, 2014). Šaldymo įrangos mechanikai koreguoja automatinių valdymo sistemų parametrus, naudoja nuotolinę prieigą, stebi ir diagnozuoja problemas.

Laivų šaldymo paslaugas teikianti įmonė turi laikytis Vienos konvencijos nuostatų ir kitų tarptautinės teisės aktų dėl ozono sluoksnio apsaugos, naudoti aplinkai nekenksmingas medžiagas. Šaldymo agentai – freonai (R-12; R-22) naikina atmosferos ozono sluoksnį. Todėl įmonės turi naudoti ekologiškai švarius šaldymo agentus (R-404, R-600A ir kt.). Be to, labai svarbu, kad laivų šaldymo įrangos darbuotojai darbo vietoje laikytųsi darbo saugos laivuose taisyklių užtikrindami ne tik savo, bet ir šalia esančių žmonių saugumą.

Vykdydami darbo užduotis darbuotojai kartu praleidžia daug laiko. Tai formuoja tarp jų atitinkamą ryšį, komandą. Aktualu, kad komandos vadovas vadovautųsi personalo kontrolės principais atsižvelgdamas į šiuolaikinės, ypač transformacinės, lyderystės privalumus, kurių pagrindu komandos nariai vienijami sąmoningai siekti bendros veiklos tikslų. Šio pobūdžio personalo kontrolė sudaro sąlygas į veiklą įtraukti visus personalo darbuotojus, juos pripažinti, leisti jiems jaustis reikšmingais. Tai padeda personalą motyvuoti darbo užduotis atlikti pagal darbo standartus ir veiksmų prioritetus.

Šaldymo paslaugų veiklos sričių ir personalo kontrolės principų hipotetinė sąsaja

Išanalizavus personalo kontrolės sampratą šiuolaikinės lyderystės atžvilgiu (Skarbalienė, 2015; Robbins, Coulter, 2016; Mathis, 2016; Vaitkevičius 2016; C. Ricketts, J. Ricketts, 2017, ir kt.) galima išskirti šiuos personalo kontrolės principus:

– vertybės, prioritetai, darbo standartai, planai, kuriuos vadovas kartu su komanda iškelia, nustato ir kuriais įsipareigoja vadovautis darbo metu;

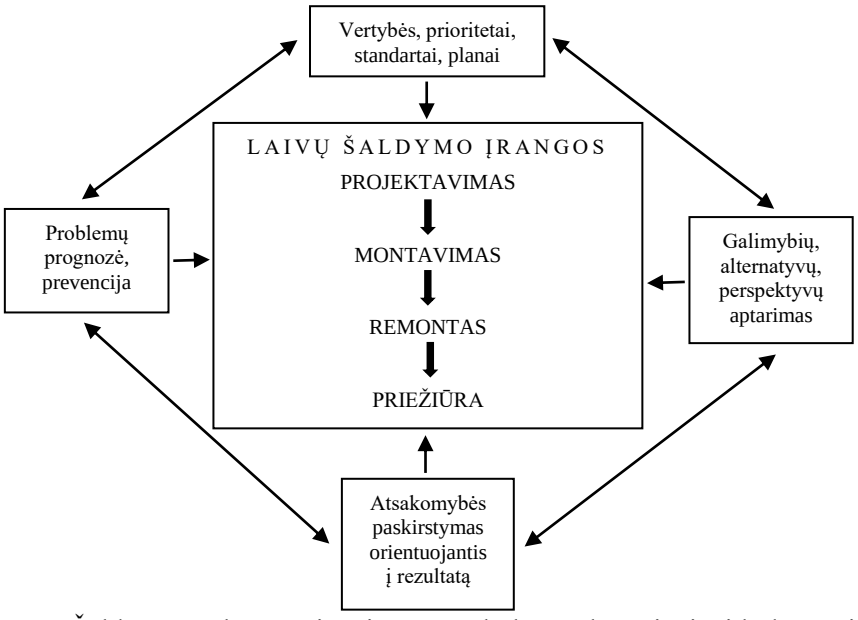
– galimybių, alternatyvų, perspektyvų aptarimas komandoje ieškant būdų pasiekti tikslą, pavyzdžiui, kasdien pakviečiant personalą trumpam susirinkimui aptarti atliktus ir numatytus darbus;

– atsakomybės paskirstymas orientuojantis į rezultatą – vadovas, atsižvelgdamas į komandos narius, nusprendžia, kurie darbuotojai ir už ką yra atsakingi;

– problemų prognozė ir jų prevencija numatant atitinkamą darbų kontrolę, kad jie būtų tinkamai atlikti.

Išanalizavus laivų šaldymo paslaugų ypatumus (Babicz, 2015; Girgin, Ezgi, 2015; McGeorge, 2016; Paulauskas et al., 2018, ir kt.) galima teigti, jog pagrindinės šaldymo paslaugų veiklos sritys yra šios – įrangos projektavimas, montavimas, remontas, priežiūra.

Taikant personalo kontrolės principus šiuolaikinės transformacinio stiliaus lyderystės kontekste, reikalinga naudoti tokius veiklos organizavimo ir tikrinimo modelius, kad būtų nuosekliai pasiektas veiklos tikslas. 2 paveiksle pateikta laivų šaldymo paslaugų veiklos sričių ir personalo kontrolės principų hipotetinė sąsaja.



2 pav. Šaldymo paslaugų sritys ir personalo kontrolės principai lyderystėje

Įžvalgus tinkamo veiklos organizavimo modelio parinkimas kiekvienai laivų šaldymo paslaugas teikiančios įmonės veiklai gali pagerinti įmonės paslaugų bei darbuotojų kontrolės pobūdį, darbo našumą, komandos savitarpio ryšį, darbuotojų lojalumą organizacijai, darbo užduočių atlikimo kokybę.

Vertybės, prioritetai, darbo standartai, planai yra visuminis orientyras personalo kontrolei transformacinės lyderystės atžvilgiu. Standartai padeda darbuotojams kryptingai siekti tikslų, gali sustiprinti pasitikėjimą komandos narių gebėjimais, vadovo ir komandos tarpusavio pasitikėjimą bei teigiamą vertinimą (C. Ricketts, J. Ricketts, 2017). Šaldymo įrenginių projektavimo, montavimo, remonto ir priežiūros paslaugų atveju vertybės gali būti aiškinamos kaip atsakomybė, garbingas elgesys su klientais, pagarba kolegoms, gamtai, bendrai aplinkai, realizuojant darbo užduotis. Vertinamas patikimumas ir aukšta kokybė sureikšminant darbo etiką, sąžiningumą, deramą klientų aptarnavimą. Kaip vertybė, o ne tik kaip darbo atlikimo technika, išskirtinas profesionalumas iškeliant darbo patirties vertę, natūralų atsidavimą savo darbui, dalinimąsi reikalinga informacija su komandos nariais ir klientais. Bendras prioritetas visada yra įmonės vertybių bei darbo standartų vykdymas. Laivų šaldymo paslaugas teikiančių įmonių darbuotojai, laikydamiesi įmonės vertybių, standartų, prioritetų, gali sukurti savo klientams efektyvių paslaugų kompleksą.

Svarbi tikslų siekimo priemonė – esamų veiklos galimybių, alternatyvų bei perspektyvų aptarimas komandoje. Personalo dalyvavimas priimant sprendimus ne tik padeda juos priimti kokybiškesnius, bet ir lemia didesnį darbuotojų įsipareigojimą juos įvykdyti (C. Ricketts, J. Ricketts, 2017). Prielaidas personalo darbiniam įsipareigojimui sukuria vadovybės lyderystė, kuri lemia darbuotojų savilyderystę bei jausmą, kad jie palaikomi ir tinkamai orientuojami (Goetsch, 2015). Laivų šaldymo įrangos projektavimo ir priežiūros paslaugos ypač siejasi su veiklos galimybių, alternatyvų bei perspektyvų koncepcijomis. Projektuojant naują

šaldymo įrangos sistemą laive aktualu pasitarti su komandos nariais, kurią šaldymo įrangą rinktis, atsižvelgiant į klientų poziciją. Be to, aptariamos naujos technologijos galimybės. Šaldymo įrangos priežiūros paslaugos teiktinos diskutuojant su komandos nariais, teikiant darbų ataskaitas, aptariant tolesnius darbus, tobulinant komandos veiklą. Paprastai darbuotojai būna suinteresuoti teikti kokybiškas paslaugas taikydami pažangias technologijas.

Atsakomybės paskirstymas, orientuojantis į rezultatą, reiškiasi gebėjimu įtikinti, kad kiekvienas darbuotojas būtų atsakingas už savo konkretų ir kartu už bendrą visos komandos darbą. Jei darbuotojai jaučia, kad jų darbo pastangos nevertinamos ir nesvarbios, jie vangiai atlieka darbo užduotis (C. Ricketts, J. Ricketts, 2017). Lyderystės kontekste vadovas ir patys darbuotojai turi galimybę nuspręsti, kas už kuriuos darbus yra atsakingas. Tą lemia kvalifikacija, patirtis, požiūris ir pan. Bet kuriuo atveju siektina, kad personalo kontrolė, grįsta transformacinės lyderystės principais, būtų taikoma taip, kad kiekvienas darbuotojas būtų laikomas vertingu. Montuojant ir prižiūrint šaldymo įrangą laive, darbuotojui svarbu ne tik vadovautis savo įgyta darbo patirtimi, bet ir dalintis savo žiniomis bei įžvalgomis su kitais komandos nariais. Eksploatuoti įrangą, nuosekliai atlikti įrenginių apžiūrą būtina taip, kaip nurodo gamintojas, ir laikantis saugumo reikalavimų. Todėl tik atsakingai dirbančių darbuotojų elgesys gali pasiekti įmonės veiklos rezultatus.

Problemų prognozė ir jų prevencija ypač siejasi su įrangos projektavimo, montavimo bei priežiūros paslaugomis. Šie veiklos aspektai – labai svarbūs siekiant neleisti problemai atsirasti. Kontrolės taikymas padeda komandai orientuotis kaip tinkamai įvykdyti darbo užduotis. Projektuojant šaldymo įrangą aktualu, remiantis patirtimi ir šaldymo įrangos veikimo tyrimais, numatyti, kokios įrangos problemos gali kilti ateityje, ir būti tam pasiruošus planuojant ir vykdant reguliarų įrangos patikrinimą.

Be to, montuojant ir prižiūrint šaldymo įrangą laive, būtina, kad kenksmingos medžiagos nepatektų į atmosferą. Ši labai atsakinga veikla reikalauja moksliškai pagrįstos personalo kontrolės, kurios principai būtų tarpusavyje susieti, atsižvelgiant į šiuolaikinius įmonės veiklos ir darbuotojų poreikius, kuriuos bene geriausiai padeda atliepti komandoje taikoma transformacinė lyderystė. Jos efektas dar XX amžiaus pirmoje pusėje buvo patvirtintas empiriniais tyrimais, pradedant F. W. Tayloro (1911) *mokslinio valdymo* teorija, kurią eksperimentiškai aprobavo E. Mayo (1930), ir kurioje akcentuojama vadovybės ir darbuotojų darbinio sąmoningumo bei geranoriško bendradarbiavimo būtinybė organizacijos tikslams pasiekti. Ši tendencija reiškiasi ir XXI amžiuje (Dukynaitė, 2015; C. Ricketts, J. Ricketts, 2017; Lileikis, 2018a, ir kt.).

Praktiškų lyderystės teorijų kontekste tikslinga derinti šaldymo paslaugų veiklos sritis ir personalo kontrolės principus, integruojant juos į bendrą visumą. Kompleksinis komandos narių, įskaitant vadovą, motyvacinis požiūris į savo darbinę veiklą, atsižvelgiant į visus aktualius (vadybinius, technologinius, ekonominius, socialinius, teisinius, etinius, ekologinius, psichologinius) veiksnius, antropologinių dėsnių pagrindu neišvengiamai didina darbuotojų produktyvumą.

Šio teorinio tyrimo rezultatai gali būti taikomi metodologiškai grindžiant empirinius laivų šaldymo paslaugų teikimo tyrimus žmogiškųjų resursų valdymo lygmeniu.

Išvados

1. Apibendrinus personalo kontrolės sampratą transformacinės lyderystės požiūriu, galima teigti, jog taikant šio pobūdžio personalo kontrolę sukuriamos prielaidos praktiškai skatinti darbuotojus dirbti laisviau, kūrybiškiau, didinti jų darbo našumą bei užtikrinti efektyvų įmonės veiklos tikslinių procesų valdymą.

2. Įmonės, kurios jūrų laivams teikia šaldymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo paslaugas, turi atitikti veiklos kokybę užtikrinančias sąlygas, vadovautis tarptautinėmis konvencijomis ir Lietuvos Respublikos teisės aktais, turėti atestuotus atitinkamos kvalifikacijos darbuotojus. Paslaugų teikimo kontrolė neatsiejama nuo įmonės veiklos, tačiau aktualu komandoje išlaikyti neįtemptą, produktyvų psichologinį darbo klimatą.

3. Šaldymo paslaugų veiklos sričių ir personalo kontrolės principų hipotetinė sąsaja leidžia teigti, kad realizuojant šiuolaikinės įmonės tikslus, laivų šaldymo paslaugų teikimo kontrolė galėtų būtų pagrįsta transformacine lyderyste. Kad didėtų darbo našumas, komandų vadovams tikslinga personalo kontrolę ir lyderystę taikyti kaip vieningą šiuolaikinę komandos valdymo sistemą.

Literatūra

1. *ACCA Approved Content Provider*. (2017). London: BBP Learning Media Ltd.
2. Ahn, Y., Mclean, G.N. (2008). Competencies for Port and Logistics Personnel: An Application of Regional Human Resource Development. *Asia Pacific Education Review*, 9 (4), p. 542–551.
3. Babicz, J. (2015). *Encyclopedia of Ship Technology*. Helsinki: Wartsila Corporation.
4. Barasa, L. et al. (2018). Determinants of job satisfaction and its implication on employee performance of port enterprises in DKI Jakarta. *International Review of Management and Marketing*, 8 (5), p. 43–49.
5. Dukynaitė, R. (2015). *Lyderystė: sampratos, klasifikacijos, požymiai*. Vilnius: LEU leidykla.

6. Gantz, C. (2015). *Refrigeration: A History.* North Carolina: McFarland & Company.
7. Girgin, I., Ezgi, C. (2015). Design and thermodynamic analysis of a steam ejector refrigeration heat pump system for naval surface ship applications. *Entropy Journal*, 17, p. 8152–8173.
8. Goetsch, D.L. (2015). *Project Management for Engineering and Technology.* Boston: Pearson.
9. Griffin, R.W. (2015). *Fundamentals of Management*. Boston: Cengage Learning.
10. Hooydonk, E. (2007). *Soft Values of Seaports: A Strategy for the Restoration of Public Support for Seaports*. Antwerp: Garant.
11. Hooydonk, E. (2013). *Port Labour in the EU: Labour Market Qualifications & Training, Health & Safety*, I. Brussels: International and EU Port Law Centre.
12. Kononenko, O. (2015). *Transakcinė ir transformacinė lyderystė Šiaurės Lietuvos vietos savivaldos institucijoje*. Šiauliai: ŠU leidykla.
13. Lawton, R. (2014). *Technical Supplement: Maintenance of Refrigeration Equipment.* Geneva: WHO Press.
14. Lileikis, S. (2017). Skilled seaport worker's professional vocation management at the anthropological level of the seashore environment. *Journal of Management*, 31, p. 91–95.
15. Lileikis, S. (2017a). The maritime leadership as an extrapolation of social altruism into the maritime sector: psychological amortization of relationships. *Maritime Transport and Engineering*, 6 (2), p. 14–23.
16. Lileikis, S. (2018). Anthropological education as a strategic psychological precondition for a green seaport. *Journal of Management*, 32, p. 75–80.
17. Lileikis, S. (2018a). *Jūrų lyderystė: vertybės, psichologija, saviugda*. Klaipėda: LAJM.
18. Locaitienė, V., Lileikis, S. (2019). The competencies required by port economists, stevedores, technologists: a pilot study. *Social and Economic Review*, 17 (1), p. 58–65.
19. Mayo, E. (1930). The Human Effect of Mechanization. *The American Economic Review*, 20, p. 156–176.
20. Mathis, L.R. et al. (2016). *Human Resource Management.* Boston: Cengage Learning.
21. McGeorge, H.D. (2016). *Working of Ships Refrigeration Plant*. Prieiga per internetą: <https://www.marineinsight.com>.
22. Mega, V.P. (2016). *Cities by the Sea: Ideas and Innovation, Science and the Arts*. Heidelberg, New York: Springer.
23. Memet, F. (2014). A performance analysis on a vapor compression refrigeration system generated by the replacement of R134a. *Journal of Maritime Research*, 3, p. 83–87.
24. *National Occupational Analysis*. (2014). Richmond: Employment and Social Development.
25. O'Connor, K. (2016). *Imagining Landscapes – Past, Present and Future.* London: Routledge.
26. Paulauskas, V. et al. (2018). *Jūrinė technologija.* Klaipėda: KU leidykla.
27. Ranjan, P. (2017). Human resource management and organizational behaviour. *Journal of HR Organizational Behaviour & Entrepreneurship*, 1(1), p. 8–12.
28. Ricketts, C., Ricketts, J. (2017). *Leadership: Personal Development and Career Success.* Boston: Cengage Learning.
29. Roarty, M., Toogood, K. (2014). *The Strengths – Focused Guide to Leadership.* Harlow: Pearson Education Limited.
30. Robbins, P.S., Coulter, M. (2016). *Management.* Harlow: Pearson Education Limited.
31. Sila, E., Sirok, K. (2018). The importance of employee satisfaction: a case study of a transportation and logistics service company. *Management*, 13 (2), p. 111–136.
32. Skarbalienė, A. (2015). Lyderystė, autoritetas ir moralinės vertybės postmodernizmo kontekste. *Logos*, 83, p. 140–147.
33. Stimpson, P., Smith, A. (2015). *Business Management for the IB Diploma.* Cambridge: Cambridge University Press.
34. Taylor, F.W. (1911). *The Principles of Scientific Management.* New York, London: Harper & Brothers.
35. Thai, V.V. (2012). Competencies required by port personnel in the new era: conceptual framework and case study. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 4 (1), p. 49–77.
36. Tsai, C. (2014). The organizational climate and employees' job satisfaction in the terminal operation context of Kaohsiung Port. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 30 (3), p. 373–392.
37. Vaitkevičius, V. (2016). Lyderystės vaidmuo formuojant žinių valdymui palankią organizacijos kultūrą: atvejo analizė. *Informacijos mokslai*, p. 123–138.
38. *Vapor Compression Refrigeration.* (2018). Prieiga per internetą: <http://www.shv-handball.org>.
39. Verburg, M.R. et al. (2018). *The role of organizational control systems in employees' organizational trust and performance outcomes*. Prieiga per internetą: <http://journals.sagepub.com>.
40. Williams, C. (2016). *Effective Management.* Boston: Cengage Learning.

MARINE REFRIGERATION EQUIPMENT SERVICES IN RELATION TO PERSONNEL CONTROL AND LEADERSHIP

Summary

Marine refrigeration equipment services are being analyzed in order to identify the opportunities for personnel control and leadership. The modern port company must work efficiently when it has more customers and its managers have more to do. The company's processes must therefore be observed and controlled in terms of the requirements of modern leadership. The concept of personnel control in relation to transformational leadership is revealed. The

conditions for marine refrigeration equipment services are characterized. The relationship between the areas of marine refrigeration equipment services and principles of personnel control is defined in the study. Analysis of scientific literature, comparative analysis, heuristic method, classification and synthesis were applied. This is a theoretically descriptive study based on transformational leadership as an epistemological principle. Practical leadership theories can help integrate the marine refrigeration equipment services and personnel control, and develop a comprehensive approach to work in accordance with managerial, technological, economic, social, legal, ethical, environmental and psychological factors. All of this makes it possible to increase the productivity of the company.

Key words: vessel, refrigeration, services, control, leadership.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Raminta Smilginė
Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė
Darbo vieta ir pozicija: pardavimų vadybininkė
Autoriaus mokslinių interesų sritys: personalo ir pardavimų vadyba
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 6 520 8106, r.smilgine@lajm.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Saulius Lileikis
Mokslo 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

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author's name, surname: Raminta Smilginė
Science degree and name: master's degree
Workplace and position: sales manager
Author's research interests: personnel and sales management
Telephone and e-mail address: +370 6 520 8106, r.smilgine@lajm.lt

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

ISSN 2029-9303

INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS TECHNOLOGIJOS
2020 Nr. 1

Lietuvių kalbos redaktorė **Sonata Paulauskienė**
Užsienio kalbos redaktorė **Judita Štreimikienė**

Tiražas 70 egz. 147 psl. Parengimo spaudai data 2020 – 06 - 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