

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, 2022

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

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

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

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

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

Redakcijos adresas:

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

Address:

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

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

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

© Kauno technikos kolegija, 2022
ISSN 2029-9303

REDAKTORIAUS ŽODIS

Gerbiami skaitytojai ir kolegos,

Mokslinių straipsnių žurnalo “Inžinerinės ir edukacinės technologijos” redakcija pristatydamas Jums 2022 metų pirmąjį numerį, džiaugiasi, jog šį kartą į Jūsų rankas patenka gana plataus spektro mokslinių publikacijų leidinys.

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

Džiugu, kad mokslinius tyrimų rezultatus publikuoja tiek universitetų, tiek kolegijų tyrėjai arba tyrėjų grupės, o šių tyrimų rezultatų pasiekiamumas tampa prieinamas platesniam skaitytojų ratui, kadangi šiame numeryje publikuojami straipsniai lietuvių, anglų kalbomis.

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

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

Su pagarba,

Vyriausioji redaktorė

socialinių mokslų dr. Lina Girdauskienė

TURINYS

LENGVOJO BETONO SU PERDIRBTO POLIETILENO IR PŪSTO MOLIO UŽPILDAIS SAVYBIŲ Palyginimas	10
Kipras Zinkevičius ¹ , Deividas Rumšys ² , Darius Bačinskas ¹ , Edmundas Spudulis ³ , Jurgita Malaiškienė ³ ¹ Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Statybos fakultetas, Gelžbetoninių konstrukcijų ir geotechnikos katedra, ² UAB „SRP projektas“, ³ Statybinių medžiagų institutas	
MASYVIŲ BETONINIŲ KONSTRUKCIJŲ KONSTRUKCINIAI IR TECHNOLOGINIAI SPRENDIMAI	18
Liutauras Šarkus ¹ , Jolanta Šadauskienė ¹ , Vygantas Šadauskas ² ¹ Kauno technologijos universitetas, ² UAB „Kelprojektas“	
ANALYSIS OF EMERGENCY CONDITIONS OF CONSTRUCTIONS AND THE WAYS OF THEIR AVOIDANCE.....	24
Jūratė Mockienė, Loreta Inokaitytė Kaunas University of Applied Engineering Sciences	
LIETUVOS MEDINIŲ KONSTRUKCIJŲ STATYBOS IR PROJEKTAVIMO ĮMONĖMS REIKIAMŲ KOMPETENCIJŲ ANALIZĖ	29
Rosita Norvaišienė, Lolita Dalbokaitė Kauno technikos kolegija	
TRANSPORTO SRAUTŲ REGULIAVIMO INŽINERINIŲ SPRENDIMŲ ANALIZĖ	36
Linas Bražionis, Regina Motienė Kauno technikos kolegija	
ALTERNATYVIŲ ASFALTO DANGOS MIŠINIŲ PARINKIMO INŽINERINIŲ SPRENDIMŲ ANALIZĖ IR VERTINIMAS	46
Algirdas Virkšas, Regina Motienė Kauno technikos kolegija	
MOBILIOS MAŠINOS „VERIS MSP3“ PANAUDOJIMO GALIMYBĖS TIKSLIAJAI ŽEMDIRBYSTEI.....	54
Petras Milius Kauno technikos kolegija	
M52B25 VARIKLIO VOŽTUVO SPYRUOKLĖS MECHANINIO NUOVARGIO TYRIMAS.....	65
Edvinas Juodviršis ¹ , Artūras Sabaliauskas ² , Ramūnas Ignatavičius ² ¹ MB EJProMods, ² Šiaulių valstybinė kolegija	
DVIRATININKO JUDĖJIMO PO PARTRENKIMO AUTOMOBILIU ANALIZĖ	71
Edvinas Juodka, Edgar Sokolovskij Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
BIOLOGINIAI PLASTINIAI TEPALAI APLINKOJE	77
Artūras Kupčinskas Kauno technikos kolegija	
VIRPESIŲ SLOPINIMO SCHEMA	83
Vytenis Naginevičius, Skirmantas Adomavičius Kauno technikos kolegija	

ADAPTIVE CONTROL FOR THE METAL CUTTING PROCESS USING SURFACE ROUGHNESS MONITORING METHOD	88
Viktors Gutakovskis, Vladimirs Gudakovskis Kaunas University of Applied Engineering Sciences	
VERTIKALIOJO APDIRBIMO CENTRO SUKLIO TERMINIŲ DEFORMACIJŲ TYRIMAS	94
Rokas Stankaitis, Vadim Mokšin Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
AUTOMOBILIO SAUGOS DIRŽŲ SEGĖJIMO PRIMINIMO SISTEMOS TYRIMAS	105
Vygandas Meseckas, Artūras Aleksynas Kauno Technikos kolegija	
„BIZERBA“ LINIJOS ŽENKLINIMO SISTEMOS MODERNIZAVIMAS	112
Matas Širvelis, Stasys Kašėta Kauno technikos kolegija	
IZOLIACIJOS BŪKLES ĮVERTINIMAS PASITELKiant DALINIŲ IŠLYDŽIŲ MATAVIMĄ ELEKTROMAGNETINIŲ BANGŲ SPINDULIAVIMO METODU.....	118
Gediminas Daukšys Kauno technikos kolegija	
Į STUDENTŲ ORIENTUOTOS STUDIJŲ KULTŪROS TYRIMO INSTRUMENTO METODOLOGINIS PAGRINDIMAS.....	125
Giedrė Adomavičienė Kauno technikos kolegija	
LOGISTIKOS PERSONALO VALDYMO GALIMYBĖS TAIKANT „MOODLE“ PLATFORMĄ	130
Saulius Lileikis, Arnas Puzinas Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla	
VARTOTOJŲ TEISĖS Į EKONOMINIŲ INTERESŲ APSAUGĄ UŽTIKRINIMO VEIKSMINGUMAS.....	137
Kęstutis Vitkauskas Kauno technikos kolegija	
KONTEINERIŲ KROVOS ORGANIZAVIMAS UOSTO TERMINALE: MOKSLINĖS IR TEISINĖS PRIELAIDOS.....	149
Laurynas Gedmintas, Saulius Lileikis Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla	
SĄSKAITŲ FAKTŪRŲ DUOMENŲ PERKĖLIMO VALDYMO SISTEMA	154
Jurij Tekutov ^{1, 2, 3, 4} , Julija Smirnova ¹ Klaipėdos valstybinė kolegija, Technologijų fakultetas, Inžinerijos ir informatikos katedra ¹ Klaipėdos universitetas, Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas, Informatikos ir statistikos katedra ² Lietuvos verslo kolegija, Technologijų katedra ³ , Socialinių mokslų kolegija ⁴	
SUDĖTINIŲ SKAIČIŲ FAKTORIZAVIMO ALGORITMAS.....	165
Petras, Nefas, Rūta, Jankūnienė Kauno technikos kolegija	
GAMYBOS PROCESO EFEKTYVAUS VALDYMO DUOMENŲ RŪŠIAVIMO ALGORITMŲ APŽVALGA	170
Urtė Radvilaitė Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Fundamentinių mokslų fakultetas, Informacinių sistemų katedra	

LENGVOJO BETONO SU PERDIRBTO POLIETILENO IR PŪSTO MOLIO UŽPILDAIS SAVYBIŲ Palyginimas

Kipras Zinkevičius¹, Deividas Rumšys², Darius Bačinskas¹, Edmundas Spudulis³, Jurgita Malaiškienė³

¹Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Statybos fakultetas, Gelžbetoninių konstrukcijų ir geotechnikos katedra, ²UAB „SRP projektas“, ³Statybinių medžiagų institutas

Anotacija

Stripsnyje nagrinėjamos galimybės didelio ir mažo tankio polietileno atliekas naudoti kaip užpildą lengvajame betone ir atliktas palyginimas su lengvojo betono, kuriame naudojamas įprastinis pūsto molio užpildas, savybėmis. Betono bandinių su skirtingais užpildais hidratacijos kinetikos tyrimai buvo atlikti naudojant ultragarso impulsų greičio matavimus. Eksperimentiniam tyrimui buvo naudojami didelio ir mažo tankio polietileno plastiko atliekų užpildai, pasižymintys mažu vandens įgeriamumu ir vandeniui atspariu paviršiumi. Nustatyta, kad betono bandinių su mažo vandens įgeriamumo perdirbto polietileno užpildais po 7 parų kietėjimo labai sumažėjo stiprio augimo tempas. Minėtų bandinių tankis – 1950 – 2021 kg/m³, o gniuždymo stipris ne mažesnis kaip 42 MPa. Naudojant iš anksto sudrėkintą panašios mišinio sudėties pūsto molio užpildą, betono tankis – 1900 kg/m³, o gniuždymo stipris iki 70,2 MPa. Nors iš anksto sudrėkintas keramzitas pasižymi panašiomis mechaninėmis savybėmis kaip ir perdirbto polietileno užpildai, iš anksto sudrėkintas keramzitas užtikrina geresnę cemento hidratacijos procesą, susidaro tankesnė struktūra ir tada lengvasis betonas mažiau įgeria vandens.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI: lengvasis užpildas, betonas, plastiko atliekos, polietilenas, pūstas molis.

Įvadas

Įgyvendinant žiedinės ekonomikos kūrimo dokumentų nuostatas bei užtikrinant švaresnės gamybos koncepciją, kai siekiama padidinti gamybos efektyvumą ir sumažinti riziką žmonėms bei aplinkai, labai svarbiu uždaviniu tampa racionalus pramonės atliekų antrinis panaudojimas. Vykdamas atliekų perdirbimo ir naudojimo programas ateityje dalis gamtinių medžiagų turės būti pakeistos atliekomis. Viena iš galimybių – plastiko atliekų kaip stambiųjų ir smulkiųjų užpildų panaudojimas lengvojo betono gamyboje.

Lengvojo betono gamybai naudojami įvairūs užpildai, kurių tankis mažesnis nei įprastai naudojamų žvirgždo ar skalodos. Lengvieji užpildai (LU) skiriasi tankiu, stipriu, vandens įgeriamumu, paviršiaus savybėmis ir forma. Visi šie skirtumai turi įtakos pagaminto betono mechaninėms ir ilgaamžiškumo savybėms. Viena iš problemų gaminant lengvąjį betoną su akytu LU yra ta, kad reologinės savybės priklauso nuo tokių užpildų sorbcijos savybių. Atlikti skalūno ir keramzito užpildų sorbcijos savybių tyrimai parodė, kad po 24 valandų vandens įgeriamumas kito nuo 6,0% iki 30,5% (Castro, 2011: 1001-1008). Jei užpildai nėra iš anksto sudrėkinti, jie maišymo metu gali įgerti daug vandens, o pumpavimo metu betonas gali prarasti technologiskumą. Tačiau, daugumos plastikų vandens įgeriamumas yra labai mažas ir šios medžiagos atitinka tankio reikalavimus lengvojo betono gamybai.

Galimas perdirbtų plastiko atliekų užpildų panaudojimas betone yra tyrinėtas daugelio mokslininkų (Senhadji, 2015: 625-640; Kumar, 2015: 718-724). Šios srities apžvalgą pateikia Siddique (Siddique, 2008: 2281-2291), kurioje teigiama, kad Europoje didžiausia plastiko atliekų dalis yra mažo tankio polietilenas (MTPE) apie 23%, po to 18,5% polipropilenas (PP), 17,3% didelio tankio polietilenas (DTPE), 12,3% polistirenas (PS), 10,7% polivinilchloridas (PVC), 8,5% polietileno tereftalato (PET) ir 9,7% kitų rūšių. Apie 40% plastiko atliekų sudaro LDPE ir HDPE, tačiau didžioji dalis tyrimų yra orientuota į polietileno tereftalato (PET) atliekų (Jo, 2008: 2281-2291) ir mažo tankio putų polistirolo (PPS) granulių (Babu, 2003: 211-217) naudojimą.

Didesnio stiprio lengvasis betonas su PPS granulėmis ir cenosferomis gali būti gaunamas naudojant geopolimerinį rišiklį su lakiaisiais pelenais, metakaolinu, natrio hidroksidu ir natrio silikato tirpalu (Wu, 2007: 211-217). Nustatyta, kad nors cenosferos turi tendenciją sugerti beveik 100% pagal savo masę vandens, ir atvirkščiai, EPS granulės yra hidrofobinės ir jų vandens įgeriamumas artimas nuliui, abiejų betono bandinių vandens įgeriamumas yra didelis ir panašus (Wu, 2007: 211-217).

Siekiant padidinti cementinio skiedinio ir plastiko sukibimą, buvo modifikuoti užpildai, gaminamų iš PET butelių atliekų ir smėlio ar malto aukštakrosnių šlako, paviršiai (Choi, 2005: 776-781; Choi, 2009: 2829-2835).

Polietileno (PE) užpildų panaudojimas betone nėra plačiai ištirtas. Ismail ir AL-Hashmi (Ismail, 2008: 2041-2047) nustatė, kad pakeitus 20% smėlio polietileno ir polistireno atliekomis, betono gniuždymo stipris buvo žymiai mažesnis, palyginus su įprastu betonu. Tai galima paaiškinti sumažėjusiu sukibimo stiprumu tarp plastiko atliekų paviršiaus ir cementinio skiedinio.

Taip pat, buvo iširta galimybė panaudoti skirtingo dydžio ir tipo plastiką kaip užpildą betono gamyboje (Ferreira, 2012: 196-204; Silva, 2014: 226-236; Almehal, 2020: 4631-4643). Nors kai kurie mišiniai gauti technologiškai, didžioji dalis parametrų suprastėjo lyginant su įprastais betono mišiniais.

Šio darbo tikslas – iširti įvairių formų DTPE plastiko atliekų poveikį betono mechaninėms savybėms. Gauti rezultatai lyginami su analogiškos sudėties betonu tik su pūsto molio užpildu. Apibrėžiama, kokį poveikį užpildų vandens įgeriamumas turi betono bandinių vandens įgeriamumui.

Medžiagos

Šiame tyrime naudotos toliau išvardintos žaliavos.

Cementas: „Aalborg“ baltas cementas CEM I 52,5 R buvo naudojamas visų tipų mišiniuose: tankis – 3,063 g/cm³, smulkumas (nustatytas su Bleino prietaisu) – 308 m²/kg, gniuždymo stipris po 28 parų kietėjimo – 73 MPa.

Smulkusis užpildas: smulkiajam užpildui naudota plauto smėlio frakcija 0/4 iš „Gariūnų“ telkinio ir pūsto molio LecaS frakcija 2/4.

Mikroužpildai: naudotas UAB „Anykščių“ telkinio maltas kvarcinis smėlis, kurio maksimalus dalelių dydis mažesnis nei 100 μm, ir mikro silicio dioksidas „RW –Füller“ iš „RW silicium GmbH“.

Superplastiklis: kad sumažinti vandens ir kietosios medžiagos santykį (V/K) cemento skiedinyje, buvo naudojami du superplastikliai: polikarboksilato esterio (Nr. 1) ir polietilenglikolio (Nr. 2) pagrindu.

Perdirbto polietileno užpildas: naudotas iš plastiko gamybos įmonės UAB „Plasta“. 1 lentelėje pateiktos naudotų plastiko ir pūsto molio užpildų fizinės ir mechaninės savybės. Medžiagų tankis ir vandens įgeriamumo savybės nustatytos pagal EN 1097-6:2013, gniuždymo stipris nustatytas pagal EN 13055-1:2003. Kaip matyti iš duomenų (1 lentelė), visų užpildų dalelių tankis yra panašus, tačiau, priklausomai nuo formos, skiriasi piltinis tankis. Išmatuotas perdirbto polietileno užpildo vandens įgeriamumas yra labai mažas, o pūsto molio užpildo, priešingai, įgeriamumas yra gana didelis – 24,5%. Užpildų atsparumas gniuždymui priklauso nuo jų formos ir medžiagų mechaninių savybių. DTPE MFI 2.51 bandinys turi identišką daleles, kurių skersmuo yra apie 6 mm, o storis – 3 mm. Atlikus atsparumo gniuždymui eksperimentą, DTPE MFI 2.51 bandinio dalelės dėl savo elastingumo savybių nebuvo pažeistos, o pūsto molio granulės pasižymėjo trapiu suirimu.

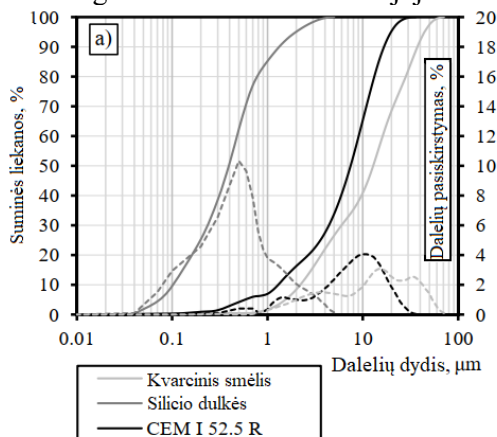
1 lentelė

Fizinės ir mechaninės naudotų užpildų savybės

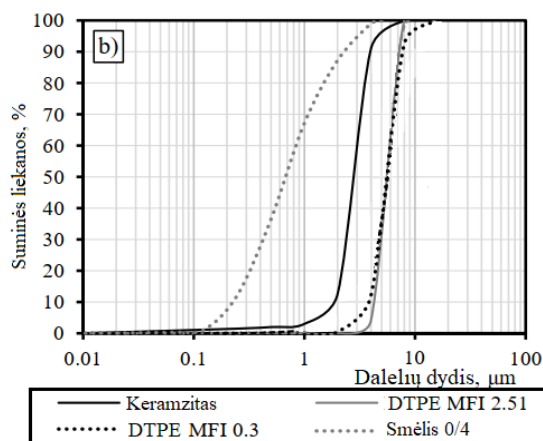
Nr.	Medžiaga	Dalelių tankis, kg/m ³	Piltinis tankis, kg/m ³	Vandens įgeriamumas po 24 val., %	Gniuždymo stipris, MPa
1	Pūsto molio granulės	804	488	24,5	3,49
2	DTPE MFI 2.51	935	540	0,04	5,29
3	DTPE MFI 0.3	945	436	0,016	2,30

Visų panaudotų užpildų, cemento ir mikroužpildo granulimetrinės kreivės pateiktos 1 pav. ir 2 pav. Visų užpildų formos pateiktos 3 pav.

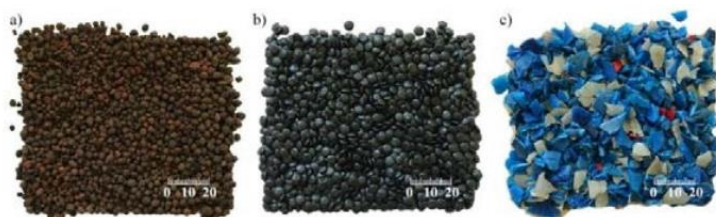
Dalis DTPE MFI 2.51 perdirbto polietileno užpildų buvo apdorota mechaniškai, kad dalelių paviršius būtų grublėtas. Plastiko granulės ir 0/4 frakcijos smėlis santykiu 2:1 buvo maišomas maišyklėje „Eirich R02E“ 5 minutes. Po maišymo, plastiko granulės buvo atskirtos sijojant.



1 pav. Naudotų medžiagų granulometrija nustatyta dalelių dydžio analizės įrenginiu „Cilas 1090“



2 pav. Naudotų medžiagų granulometrija gauta naudojant sietų rinkinį „Haver EML 200 digital T“



3 pav. Užpildų formos: (a) pūstas molis; (b) DTPE MFI 2.51; (c) DTPE MFI 0.3.

Mišinių sudėtis

Lengvojo betono mišinių sudėtys su plastiko atliekomis ir pūstu moliu nuo D1 iki D8 pateikti 2 lentelėje. Cementinio skiedinio sudėtis visais atvejais buvo vienoda, tačiau buvo naudojamas skirtingas mikroužpildas – maltas kvarcinis smėlis arba silicio mikrodulkės.

2 lentelė

Medžiaga	Bandinių kodas/Kiekis pagal svorį, %							
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
Smėlis	60	60	60	60	60	60	60	60
Cementas	36	36	36	36	36	36	36	36
Kvarcinis smėlis	4	-	4	-	4	-	4	-
Silicio mikrodulkės	-	4	-	4	-	4	-	4
Pūstas molis	15	15	-	-	-	-	-	-
DTPE MFI 2.51	-	-	17,4	17,4	-	-	-	-
DTPE MFI 2.51*	-	-	-	-	17,4	17,4	-	-
DTPE MFI 0.3	-	-	-	-	-	-	17,6	17,6
Superplastiklis Nr. 1	3% nuo cemento masės							
Superplastiklis Nr. 2	0,5% nuo cemento masės							
V/K (Neįtraukiant užpildų)	0,09							

Tyrimo metodai

Betono maišymas atliktas 20l Hobart tipo maišyklėje, užpildus įmaišant į sumaišytą cementinį skiedinį. Pūsto molio užpildas buvo papildomai sudrėkintas 10% (pagal masę) vandens atskirame inde 1 val. prieš maišant. Visi kiti užpildai buvo naudojami sausi.

Betoniniai bandiniai buvo liejami (70,7×70,7×70,7) mm plieninėse formose. Mėginiai buvo kietinami formose 2 paras, o likusį laiką (iki 28 parų) 20 °C ± 1 °C temperatūroje ir 95 % santykinėje drėgmeje. Po 2, 7, 14 ir 28 parų ultragarso impulso greičio (UIG) tyrimas buvo atliktas aparatu „PUNDIT 7“. Gniuždymo stipris po 7 ir 28 dienų pateikiamas kaip vidutinė vertė, gauta iš šešių bandinių.

Bandinių tankis yra vidutinė vertė, gauta ištyrus tris bandinius po 28 parų kietėjimo. Tankis nustatomas išdžiovinus mėginius 80°C temperatūroje iki pastovios masės. Bandinių tūris buvo apskaičiuotas pagal jų matmenis.

Vandens įgeriamumas nustatytas po 28 parų bandinių kietėjimo pagal EN 1097-6:2013. Bandinių paviršiai nebuvo apsaugoti derva. Buvo atlikta papildoma vandens absorbcija vakuume. Laikant bandinius vandenyje, talpykloje per 5 minutes buvo sudarytas 0,027 MPa vakuumas, kuris 20 minučių išlaikomas pastovus ir per 5 minutes sumažinamas iki aplinkos slėgio. Visiškai bandinių prisotinimui vandeniui buvo atliekami trys ciklai.

Skėlimo stiprio bandymas atliktas su (70,7×70,7×70,7) mm dydžio bandiniais po vandens sugerties vakuume bandymo. Bandymas buvo atliktas pagal EN 12390-6:2009.

Rezultatai

Ultragarsinio impulso greičio (UIG) bandymas yra neardomasis tyrimo metodas, leidžiantis įvertinti betono struktūros pokyčius cemento hidratacijos metu. Garso greitis kietoje medžiagoje yra jos dinaminio tamprumo modulio ir tankio funkcija. Žinant betono tamprumo modulį, kitas mechanines savybes galima nesunkiai įvertinti remiantis empirine koreliacija (Proverbio, 2005: 1-7).

Po 2 parų bandinių kietėjimo didžiausia UIG vertė buvo gauta D2 serijos bandiniuose su pūstu molio ir silicio mikrodulkėmis. Minimali UIG vertė buvo išmatuota D4 bandinių serijoje ir išliko nedidelė ir po 7 dienų kietėjimo. O po 7 dienų kietėjimo pastebimas gana tolygus UIG padidėjimas, tačiau didžiausias padidėjimas yra bandiniuose su malto kvarcinio smėlio mikroužpildu. Po 28 parų mikroužpildų įtaka UIG yra minimali. D1 ir D2 bandinių su pūsto molio užpildu UIG yra didžiausias. Tuo tarpu daugumos bandinių su plastiko užpildu UIG yra mažesnis apie 300 m/s. Kadangi UIG padidėjimas yra susijęs su cementinio skiedinio mechaninių savybių kitimu hidratacijos proceso metu, galima pastebėti, kad bandiniai su plastiko užpildais turėjo blogesnes cemento hidratacijos sąlygas nei bandiniai su pūsto molio užpildu. Šie skirtumai gali būti pastebėti po 7 parų kietėjimo ir vis dar yra reikšmingi po 14 parų, o bandinių su plastiko užpildais UIG vertė išlieka beveik tokia pati.

UIG kietoje medžiagoje taip pat priklauso nuo medžiagos tankio. Bandinių tankis po 28 dienų kietėjimo ir po džiovinimo krosnyje pateiktas 3 lentelėje.

3 lentelė

Bandinių tankis po 28 parų kietėjimo ir džiovinimo krosnyje

	Tankis, kg/m ³	
	po 28 parų	po džiovinimo krosnyje
D1	1975	1959
D2	1931	1895
D3	1982	1961
D4	1952	1951
D5	1963	1942
D6	1953	1912
D7	2001	1958
D8	1965	1948

Reikėtų pabrėžti, kad bandinių su silicio mikrodulkių užpildu serijos (D2, D4, D6, D8) tankis yra mažesnis. Taip yra dėl to, kad esant tokiam pačiam V/K santykiui cementinis skiedinys su silicio mikrodulkėmis yra klampesnis ir maišymo metu patekęs oras nepasišalina. Didžiausias tankis po 28 parų, nustatytas bandiniams su DTPE MFI 0.3 (D7 – 2001 kg/m³), o mažiausias bandinių tankis gautas su pūsto molio užpildu (D2 – 1932 kg/m³).

Ryšys tarp gniuždymo stiprio ir betono bandinio kietėjimo laiko parodytas 4 lentelėje.

4 lentelė

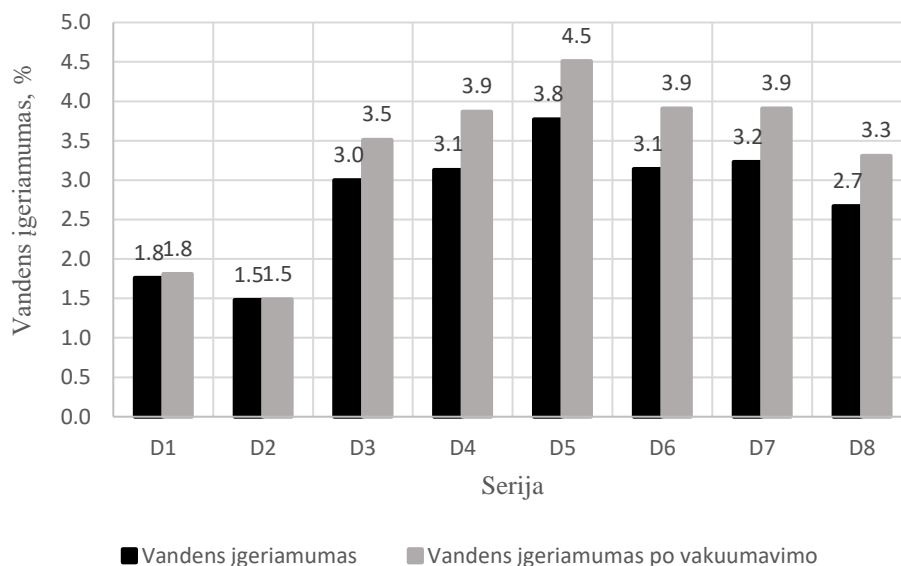
Bandinių gniuždymo stipris po 7 ir po 28 parų

	Gniuždomasis stipris, Mpa	
	po 7 parų	po 28 parų
D1	57,8	66,5
D2	62,2	70,3
D3	36,1	45,9
D4	42,2	43,3
D5	39,5	43,0
D6	41,5	49,6
D7	41,9	42,2
D8	40,3	46,1

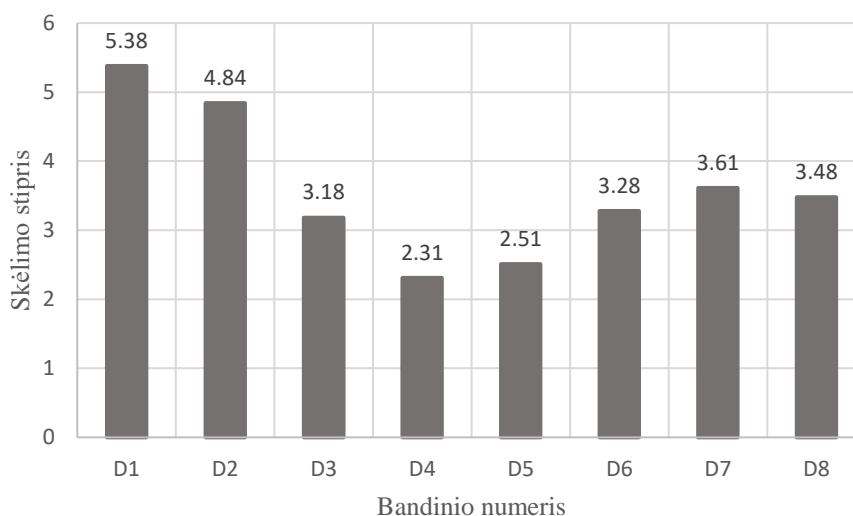
RILEM apibrėžia konstrukcinį lengvąjį betoną, kaip betoną, kurio tankis yra 1600–2000 kg/m³, o gniuždymo stipris didesnis nei 15 MPa (Newman, 2003). Nustatyta, kad visų betono bandinių serijų gniuždymo stipris po 28 parų kietėjimo viršijo 40 MPa, o beveik kiekvienos serijos bandinių tankis buvo mažesnis nei 2000 kg/m³, todėl jį galima identifikuoti kaip konstrukcinį lengvąjį betoną. Mėginių su plastiko užpildu gniuždymo stipris yra mažesnis nei 50 MPa, o bandinių serijos su pūsto molio ir silicio mikrodulkių mikroužpildu – 70,2 MPa ir bandinių su malto kvarcinio smėlio mikroužpildu – 66,1 MPa. Mėginys D6 su mechaniškai apdorotais DTPE MFI 2.51 užpildais ir silicio mikrodulkių mikroužpildu įgavo didžiausią gniuždymo stiprį iš visų bandinių su plastiko užpildais – 49,2 MPa.

Gniuždymo metu bandiniai su plastiko užpildais suiro nestandžiai ir išlaikė savo pradinę formą. Norint įvertinti veiksnius, turinčius įtakos betono gniuždymo stipriui, buvo atlikti vandens įgeriamumo ir skėlimo stiprio bandymai po vandens įgeriamumo vakuume nustatymo. Gauti rezultatai pateikti 4 pav. ir 5 pav.

Gauti vandens įgeriamumo tyrimo duomenys yra neįprasti. Bandinių su porėtu, vandenį sugeriančiu pūsto molio užpildu vandens įgeriamumas yra 2 kartus mažesnis nei bandinių su plastiko užpildais, kurių vandens įgeriamumas yra nereikšmingas. Nustatyta, kad bandinių vandens įgeriamumas, taip pat, priklauso nuo naudojamo mikroužpildo ir dažniausiai būna mažesnis naudojant silicio mikrodulkes. Išskirtinis atvejis yra D3 pavyzdys su malto kvarcinio smėlio mikroužpildu, dėl kurio sumažėja vandens įgeriamumas. Vandens įgeriamumas vakuumuojant parodė dar didesnę skirtumą tarp bandinių su pūsto molio ir plastiko užpildu. D1 ir D2 serijų vandens įgeriamumas padidėjo atitinkamai 0,05% ir 0,01%, o serijų D3–D8 - nuo 0,51% iki 0,77%. Tarp bandinių su plastiko užpildu didžiausias vandens įgeriamumo padidėjimas buvo pastebėtas didesnio tankio bandiniams D4, D5 ir D6 DTPE užpildu.



4 pav. Bandinių D1-D8 vandens įgeriamumas prieš ir po vakuumavimo



5 pav. Bandinių D1-D8 skėlimo stipris po vandens įgeriamumo vakuumuojant bandymo

Atliktas skėlimo bandymas leidžia įvertinti užpildų ir cementinio skiedinio sukibimo savybes. D1 ir D2 serijos su keramzito užpildu buvo trapios, nes per užpildą ėjo skilimo plokštuma. Keramzito dalelės neatsiskyrė nuo cementinio skiedinio, todėl buvo gautas didžiausias atsparumas skėlimui. D1 serijos bandiniams su malto kvarcinio smėlio mikroužpildu gautas 5,38 MPa. Po skėlimo bandymo bandiniuose buvo aiškiai matomas vandens prasiskverbimo gylis, iš kiekvienos bandinio pusės buvo ~8 mm, o kraštuose ~16 mm. D3 ir D4 serijų bandiniai su plastiko užpildais buvo vienodai įmirkyti. Skėimo bandymo metu užpildai buvo nepažeisti ir lengvai atsiskyrė nuo cementinio skiedinio. Bandiniai su DTPE MFI 2.51 užpildais įgijo mažiausias skėlimo stiprio vertes. Bandinio su pūsto molio užpildu vandens įgeriamumas parodė, kad cementinio skiedinio struktūra skiriasi nuo bandinių su plastiko užpildu ir šis betonas yra mažiau laidus vandeniui.

Dėl betono savaiminio džiūvimo ir autogeninio susitraukimo sumažėja jo vidinė santykinė drėgmė. Tai sukelia ankstyvuosius įtrūkius ir turi įtakos cemento hidratacijos procesui (Bentz, 1999: 1863-1867; Golias, 2012: 52-62; Cusson. 2008: 757-765). Siekiant to išvengti, prieš maišant pūsto molio užpildas turi būti sudrėkinamas. Papildomas vanduo taip pat padidins cemento hidrataciją mišinyje. Sustiprintas hidratavimas sutankina medžiagos porų struktūrą. Šis metodas vadinamas vidiniu kietėjimu (Zhutovsky, 2012: 20-26; Bentz, 2011).

Išvados

1. Nustatyta, kad UIG metodika leidžia stebėti betono cemento hidratacijos proceso ypatumus su skirtingo vandens įgeriamumo užpildais. Po 7 parų lengvojo betono kietėjimo su plastiko užpildais (kurie turi labai mažą vandens įgeriamumą), pastebimas reikšmingas stiprumo savybių augimo sumažėjimas, palyginti su betonu, kuriame naudotas iš anksto sudrėkintas pūsto molio užpildas.

2. Betono kompozicijos, kurios tankis yra nuo 1950 iki 2000 kg/m³ su plastiko atliekų užpildais DTPE po 28 parų kietėjimo, gniuždymo stipris yra didesnis nei 40 MPa. Naudojant iš anksto sudrėkintą pūsto molio užpildą su analogiškos sudėties cementiniu skiediniu, gaunamas bandinių vidutinis tankis 1950 kg/m³, o gniuždymo stipris iki 70,3 MPa.

3. Nors ir pasižymi panašiomis mechaninėmis savybėmis kaip ir plastiko atliekų užpildai, didesnio poringumo iš anksto sudrėkintas pūsto molio užpildas sukuria optimalias sąlygas cemento hidratacijai, o tai lemia dvigubai mažesnę vandens absorbciją.

4. Papildomas mechaninis DTPE granuliu apdorojimas neturėjo įtakos lengvojo betono gniuždymo stipriui ir vandens įgeriamumui.

5. Nustatyta, kad naudojant silicio mikrodulkių mikroužpildą betono mišinyje su tuo pačiu V/K santykiu, gaunamas didesnis gniuždymo stipris ir mažesnis vandens įgeriamumas, lyginant su malto kvarco mikroužpildu.

Literatūra

1. Almeshal, N.A. Tayeh, R. Alyousef, H. Alabduljabbar, A.M. Mohamed, Eco-friendly concrete containing recycled plastic as partial replacement for sand, *J Mater Res Technol.* 2020;9(3):4631-4643. K.G. Babu, D.S. Babu, Behaviour of lightweight expanded polystyrene concrete containing silica fume, *Cem. Concr. Res.* 33 (2003) 755–762.
2. D.P. Bentz, K.A. Snyder, Protected paste volume in concrete: Extension to internal curing using saturated lightweight fine aggregate, *Cem. Concr. Res.* 29 (1999) 1863–1867.
3. D.P. Bentz, W.J. Weiss, Internal Curing : A 2010 State-of-the- Art Review, *Civ. Eng.* (2011).
4. J. Castro, L. Keiser, M. Golias and J. Weiss. Absorption and desorption properties of fine lightweight aggregate for application to internally cured concrete mixtures. *Cem. Concr. Compos.* 33 (10), (2011) 1001-1008.
5. Y.W. Choi, D.J. Moon, J.S. Chung, S.K. Cho, Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete, *Cem. Concr. Res.* 35 (2005) 776–781.
6. Y.W. Choi, D.J. Moon, Y.J. Kim, M. Lachemi, Characteristics of mortar and concrete containing fine aggregate manufactured from recycled waste polyethylene terephthalate bottles, *Constr. Build. Mater.* 23 (2009) 2829–2835.
7. D. Cusson, T. Hooegeveen, Internal curing of high-performance concrete with pre-soaked fine lightweight aggregate for prevention of autogenous shrinkage cracking, *Cem. Concr. Res.* 38 (2008) 757–765.
8. L. Ferreira, J. de Brito, N. Saikia, Influence of curing conditions on the mechanical performance of concrete containing recycled plastic aggregate, *Constr. Build. Mater.* 36 (2012) 196-204.
9. M. Golias, J. Castro, J. Weiss, The influence of the initial moisture content of lightweight aggregate on internal curing, *Constr. Build. Mater.* 35 (2012) 52–62.
10. Z.Z. Ismail, E.A. AL-Hashmi, Use of waste plastic in concrete mixture as aggregate replacement, *Waste Manag.* 28 (2008) 2041–2047.

11. B.-W. Jo, S.-K. Park, J.-C. Park, Mechanical properties of polymer concrete made with recycled PET and recycled concrete aggregates, *Constr. Build. Mater.* 22 (2008) 2281–2291.
12. K. Senthil Kumar, K. Baskar, Recycling of E-plastic waste as a construction material in developing countries, *J. Mater. Cycles Waste Manag.* 17 (2015) 718–724.
13. Newman J, Choo BS, editors. *Advanced concrete technology constituent materials*. Elsevier Ltd. 2003.
14. E. Proverbio, V. Venturi, S.A. Messina, Reliability of nondestructive tests for on site concrete strength assessment, *Situ.* (2005) 0–7.
15. Y. Senhadji, G. Escadeillas, A.S. Benosman, M. Mouli, H. Khelafi, S. Ould Kaci, Effect of incorporating PVC waste as aggregate on the physical, mechanical, and chloride ion penetration behavior of concrete, *J. Adhes. Sci. Technol.* 29 (2015) 625–640.
16. R. Siddique, J. Khatib, I. Kaur, Use of recycled plastic in concrete: A review, *Waste Manag.* 28 (2008) 1835–1852.
17. A.M. da Silva, J. de Brito, R. Veiga, Incorporation of fine plastic aggregates in rendering mortars, *Constr. Build. Mater.* 71 (2014) 226–236.
18. H.C. Wu, P. Sun, New building materials from fly ash-based lightweight inorganic polymer, *Constr. Build. Mater.* 21 (2007) 211–217.
19. S. Zhutovsky, K. Kovler, Effect of internal curing on durability-related properties of high performance concrete, *Cem. Concr. Res.* 42 (2012) 20–26.
20. EN 1097-6:2013. Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 6: Determination of particle density and water absorption. 2013.
21. EN 12390-6:2009. Testing hardened concrete - Part 6: Tensile splitting strength of test specimens. 2009.
22. EN 13055-1:2003. Lightweight aggregates - Part 1: Lightweight aggregates for concrete, mortar and grout. 2003.

COMPARISON OF CHARACTERISTICS OF LIGHTWEIGHT CONCRETE WITH RECYCLED POLYETHYLENE AND EXPANDED CLAY AGGREGATES

Summary

The article analyses the possibility of using high and low density polyethylene waste as a filler in lightweight concrete and the comparison of lightweight concrete properties made of polyethylene waste and expanded clay aggregates. Hydration kinetics studies of concrete specimens with different aggregates were performed using ultrasonic pulse velocity measurements. The aggregates of high and low density polyethylene plastic waste with low water absorption and water resistant surface were used for the experimental study. It was determined that the growth rate of the strength of concrete with low water absorption plastic waste aggregates after 7 days of hardening decreased significantly. The density of these samples is 1950–2021 kg m³ and the compressive strength is not less than 42 MPa. Using pre-moistened expanded clay aggregate with a similar cement mortar composition, the concrete density was 1900 kg/m³ and the compressive strength was up to 70.2 MPa. Although, the mechanical properties of pre-moistened expanded clay are similar to those of plastic aggregate waste; pre-moistened expanded clay provides a better hydration process for cement, so lightweight concrete absorbs less water, expanded clay aggregate provides a better cement hydration process, more dense structure, making lightweight concrete less water absorbing.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kipras Zinkevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: statybos inžinerijos bakalauras.

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Statybos fakulteto Gelžbetoninių konstrukcijų ir geotechnikos katedros magistrantas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: gelžbetoninių konstrukcijų mechanika, inovatyvios medžiagos konstrukcijoms.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8626 64235, kipras.zinkevicius@stud.vilniustech.lt.

Autoriaus vardas, pavardė: Deividas Rumsys.

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktaras.

Darbo vieta ir pozicija: UAB „SRP projektas“, Tiltų skyriaus inžinierius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: lengvojo betono konstrukcijos, konstrukcijų skaitinis modeliavimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8614 94103, deividas.rumsys@gmail.com.

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Bačinskas.

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktaras, profesorius.

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Statybos fakulteto Gelžbetoninių konstrukcijų ir geotechnikos katedros profesorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: gelžbetoninių konstrukcijų fizikinis modeliavimas ir skaitinė analizė.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8674 23717, darius.bacinskas@vilniustech.lt.

Autoriaus vardas, pavardė: Edmundas Spudulis.

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktaras.

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Statybos fakulteto Statybinių medžiagų instituto Kompozitinių medžiagų laboratorijos mokslo darbuotojas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybinių medžiagų tyrimai ir analizė.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8678 22854, edmundas.spudulis@vilniustech.lt .

Autoriaus vardas, pavardė: Jurgita Malaiškienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktarė, docentė.

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Statybos fakulteto Statybinių medžiagų instituto Kompozitinių medžiagų laboratorijos vyresnioji mokslo darbuotoja.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybinių medžiagų tyrimai ir analizė.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 618 03649, jurgita.malaiskiene@vilniustech.lt.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kipras Zinkevičius.

Science degree and name: BSc in Civil Engineering.

Workplace and position: Vilniaus Gediminas Technical University, Faculty of Civil Engineering, Master student at the Department of Reinforced Concrete Structures and Geotechnical Engineering.

Author's research interests: mechanics of reinforced concrete structures, innovative materials for structures.

Telephone and e-mail address: +370 626 64235, kipras.zinkevicius@stud.vilniustech.lt .

Author name, surname: Deividas Rumsys.

Science degree and name: PhD in Technological Sciences.

Workplace and position: SRP projektas UAB, Engineer at the Department of Bridges

Author's research interests: lightweight concrete structures, numerical modelling of structures

Telephone and e-mail address: +370 614 94103, deividas.rumsys@gmail.com .

Author name, surname: Darius Bačinskas.

Science degree and name: PhD in Technological Sciences.

Workplace and position: Vilniaus Gediminas Technical University, Faculty of Civil Engineering, Professor at the Department of Reinforced Concrete Structures and Geotechnical Engineering.

Author's research interests: constitutive modelling and numerical analysis of reinforced concrete structures.

Telephone and e-mail address: +370 674 23717, darius.bacinskas@vilniustech.lt .

Author name, surname: Edmundas Spudulis.

Science degree and name: PhD in Technological Sciences.

Workplace and position: Vilniaus Gediminas Technical University, Faculty of Civil Engineering, Institute of Building Materials, Research Fellow at the Laboratory of Composite Materials.

Author's research interests: testing and analysis of building materials.

Telephone and e-mail address: +370 678 22854, edmundas.spudulis@vilniustech.lt .

Author name, surname: Jurgita Malaiškienė.

Science degree and name: PhD in Technological Sciences.

Workplace and position: Vilniaus Gediminas Technical University, Faculty of Civil Engineering, Institute of Building Materials, Senior Research Fellow at the Laboratory of Composite Materials.

Author's research interests: testing and analysis of building materials.

Telephone and e-mail address: +370 618 03649, jurgita.malaiskiene@vilniustech.lt .

MASYVIŲ BETONINIŲ KONSTRUKCIJŲ KONSTRUKCINIAI IR TECHNOLOGINIAI SPRENDIMAI

Liutauras Šarkus¹, Jolanta Šadauskienė¹, Vygantas Šadauskas²

¹ Kauno technologijos universitetas, ² UAB „Kelprojektas“

Anotacija

Betonas yra viena iš plačiausiai pasaulyje naudojamų statybinių medžiagų. Tačiau cementas, reaguodamas su vandeniu, hidratacijos metu išskiria didžiulį kiekį šilumos konstrukcijos viduje. Tai sukelia įtempius, dėl kurių, konstrukcijai kietėjant, gali atsirasti terminiai įtrūkimai, galintys ženkliai įtakoti laikančiąsias savybes, stiprumą. Darbo tikslas yra išanalizuoti masyvaus betono konstrukcijų temperatūrinius aspektus ir pritaikyti technologines priemones, kurios kontroliuotų ir mažintų išsiskiriantį šilumos kiekį cemento hidratacijos metu. Gauti rezultatai rodo, kad efektyviausias sprendimas vėsinti pamatui yra technologinis metodas - aušinimo vamzdžių naudojimas.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI Hidratacija, Cementas, Betonas, Aušinimas, Temperatūra.

Įvadas

Šiuolaikiniai statiniai turi atitikti esminius statinio reikalavimus, kurie apibrėžia ir užtikrina projektuojamų, statomų ir jau pastatytų statinių kokybę. Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (ES) Nr. 305/2011 išskiria 7 esminius statinio reikalavimus: statiniai ir atskiros jų dalys, atsižvelgiant į susijusių asmenų sveikatą ir saugą viso statinių gyvavimo ciklo metu, turi atitikti šių statinių naudojimo paskirtį ir atitinkamai tenkinti mechaninio atsparumo ir pastovumo, gaisrinės saugos, higienos, sveikatos ir apsaugos, saugos ir galimybės patekti į statinius eksploatacijos metu (įskaitant ir žmonių su negalia poreikius), apsaugos nuo triukšmo, energijos taupymo ir šilumos išsaugojimo, tvaraus išteklių naudojimo reikalavimus. Svarbūs inžineriniai infrastruktūros statiniai, tokie kaip tiltai ir viadukai, projektuojami mažiausiai 100 metų eksploatacijos laikotarpiui, todėl statinio mechaninio atsparumo ir pastovumo, o kitaip tariant ilgaamžiškumo, užtikrinimo klausimas ypač aktualus (Chen, 2022: 81–92)

Per pastaruosius 40 metų visame pasaulyje išpopuliarėjo betonas ir gelžbetonis, nes betono gamyboje dažniausiai naudojamos vietinės žaliavos, todėl betoninių konstrukcijų kaina yra gerokai mažesnė. Rūpestingai prižiūrimi gelžbetoniniai statiniai išsiskiria ilgaamžiškumu ir neribota architektūrinės formos įvairove, o modifikuotasis betonas leidžia kontroliuoti įvairias technologines savybes (mišinio slankumą, nusėdimo mažinimą), tai atveria daugiau galimybių statybos procesams. Betonas dažniausiai naudojamas statant ypatingo stiprumo ir patvarumo reikalaujančius objektus, tokius kaip atomines elektrines ir hidroelektrines, užtvankas, didelių gabaritų pamatus, tilto atramas, masyvias sienas, dangoraižius, bangolaužius ir t. t. (Kaveh, 2022: 553-563).

Šioms masyvioms gelžbetoninėms konstrukcijoms reikia milžiniškų betono kiekių, kuris prisideda prie reikšmingo šilumos kiekio išskyrimo cemento hidratacijos metu (Kim, 2010: 57-63). Dėl šios priežasties, temperatūra konstrukcijos viduje gali pakilti nuo 50 iki 90 °C suteikdama šilumos iki 500 J vienam gramui cemento, o pats betonas, kaip žinia, yra prastas šilumos laidininkas (ACI Committee, 2005: 196–204; Kodur, 2016: 63–71). Hidratacijos karštis ir išoriniai šilumos nuostoliai gali sukelti didelį temperatūros skirtumą tarp masyvios konstrukcijos šerdies ir paviršiaus (Ulm, 2001: 7-10; Ge, 2005: 25-31; Bentz, 2008: 32-43; Abdolhosseini, 2015: 18-36). Netolygus šiluminis plėtimasis gali sukelti didelius tempimo įtempius masyvios gelžbetonio konstrukcijos paviršiuose, prieš pasiekiant visą tempimo jėgą. Šiluminis įtrūkimas greičiausiai įvyks, kai šiluminis įtempis viršys tempimo jėgą. Tokiu būdu konstrukcijoje gali atsirasti neleistino pločio įtrūkimai, kurie gali turėti įtakos konstrukcijos saugai ir ilgaamžiškumui (Fairbairn, 2019: 23-26). Nesiimant apsaugos ar stiprinimo veiksnių, statinys greitai praranda eksploatacines savybes. Todėl visai nenuostabu, kad pasaulyje didžiulės finansinės investicijos, mokslininkų ir inžinierių pastangos skiriamos konstrukciniams ir technologiniams sprendimams tobulinti bei naujoms, efektyvioms medžiagoms kurti, siekiant išvengti įtrūkių atsiradimo dėl cemento hidratacijos proceso masyviose betoninėse konstrukcijose.

Praktikoje yra daugybė būdų, kaip galima šią išsiskiriančią šilumą suvaldyti. Yra dvi grupės sprendimų – mineraliniai, dalį cemento keičiant priemaišomis ir taip sumažinant jo kiekį bei technologiniai, išoriniais būdais valdant išsiskiriančią šilumą, neleidžiant jai užkilti iki pavojingos ribos. Kaip pakaitalą galima naudoti kalkakmenį, lakiuosius pelenus, šlaką, taip pat efektyvu didinti užpildų dydį arba juos prieš naudojimą atvėsinti. Efektyviausi technologiniai sprendimai būtų aušinti konstrukciją per visą jos tūrį išdėstant vamzdelius, kuriais hidratacijos metu teka vanduo su gerokai žemesne temperatūra arba naudojant ledą – tokiu būdu sumažinamas ir vandens, naudojamo mišinyje kiekis.

Todėl šio darbo tikslas - išanalizuoti masyvaus betono konstrukcijų temperatūrinius aspektus ir pritaikyti technologines priemones, kurios kontroliuos ir mažins išsiskiriantį šilumos kiekį cemento hidratacijos metu

Metodologija

Užsibrėžtas tikslas buvo įgyvendinamas simuliacijos būdu (kompiuterinėje programoje HACON, kuri skirta imituoti temperatūroms ir įtempimams kietėjančiame betone), sumodeliuoti keturis aušinimo būdus: vamzdeliais, ledu, stambiais ir atšaldytais užpildais; ir juos palyginti su neaušinamu modeliu. Lentelėje 1 pateikti išeities duomenys:

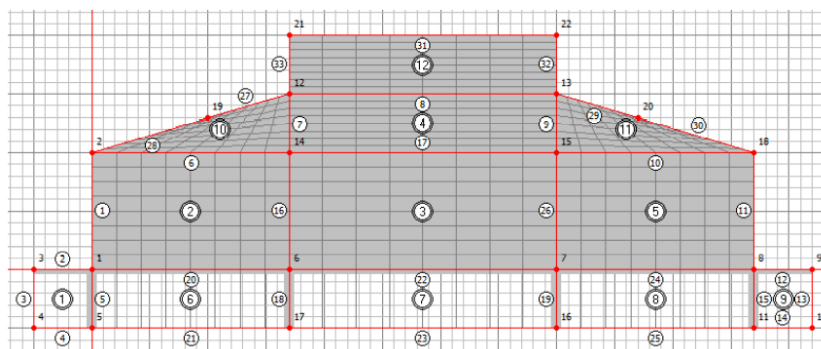
1 lentelė

Išeities duomenys

Aušinimo būdas	Duomenys
Vamzdeliais	Vamzdeliai išdėstomi pamate, tvirtinant juos prie tinklo keturiomis eilėmis, su 0,75 m tarpais tarp jų horizontalioje padėtyje. Vertikaliai eilės išdėstytos 0,8 m, 1,6 m, 2,0 m ir 2,9 m aukščiuose. Prieš „pririšant“ vamzdelius prie tinklo, kampuose sudedami pagalbinių mazgai. Vamzdelių diametras užsiduotas 28 mm, jų ilgis pamate – 12,5 m (po pusę metro atitraukiant nuo kraštų). Vėsinimas pradamas kartu su betonavimo pradžia (0 h) su 17 °C (upės temperatūros) vandens įėjimo temperatūra ir 8,33 kg/s srautu. Vėsinimas truko ne visą stebėjimo trukmę, o iki tol, kol temperatūra pasiekė aplinkos šilumos vidurkį, tai yra 10 dienų (240 h). Visą aušinimo laiką buvo palaikoma ta pati vandens temperatūra; simuliacijos trukmė – keturiasdešimt penkios dienos, t.y. 1080 valandų; vandens išleidimo temperatūra vamzdžiuose yra ne daugiau kaip 4°C aukštesnė nei įleidimo temperatūra; pradinė betono temperatūra – 15°C.
Ledu	Temperatūra betonavimo pradžioje nustatyta lygi 6°C, o temperatūra ties klojiniais - 4°C
Atšaldytai užpildais	Temperatūra betonavimo pradžioje sumažinta iki 11°C, o temperatūra ties klojiniais iki 9°C (2°C skirtumas nuo betonavimo pradžios temperatūros).
Stambiais užpildais	nominalus užpildų dydis buvo 50 mm

Šaltinis: sudaryta autorių

Tyrimo objektu buvo pasirinktas automobilinio tilto magistraliniame kelyje A1 ties Kauno miestu masyvios konstrukcijos pamatas (pav.1).



1 pav. Pamato geometrija

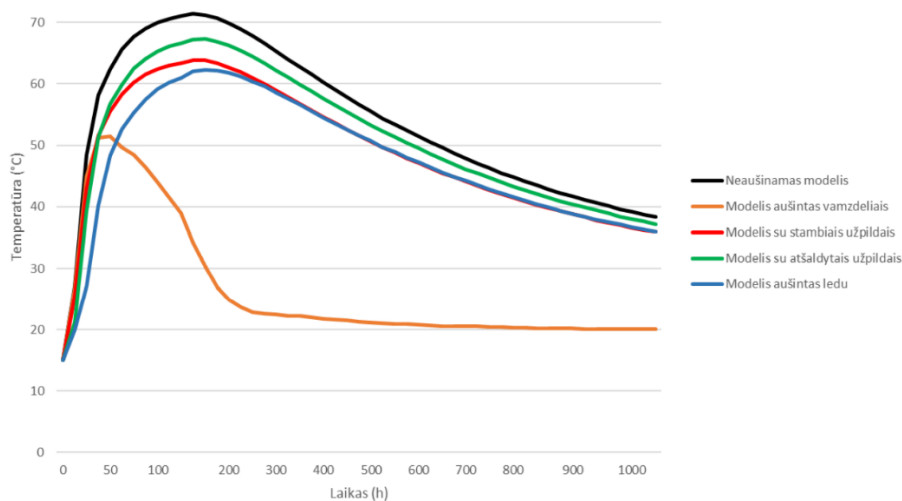
Šaltinis: sudaryta autorių

Modelį sudaro du tūriai – 11,4 m storio ir 3 m aukščio skerspjūvis bei 3 m aukščio ir 13,55 m pločio plokštuma. Išeities duomenys: betonavimo darbai vykdyti rugpjūčio mėn. pradžioje; vidutinė aplinkos temperatūra tą mėnesį buvo 21°C; simuliacijoje naudotas K40 betono atitikmuo, kuris atitinka C 35/45 betono stiprumą; cemento kiekis – 437,8 kg/m³; vandens ir cemento santykis yra lygus 0,55 ir yra iš anksto nustatytas programoje HACON; klojiniai pagaminti iš 22 mm storio medžio plokštės; laikyta, kad temperatūra ties klojiniais yra 2°C žemesnė nei pradinė betono liejimo temperatūra; poslinkis ribojamas x ir y kryptimis.

Rezultatai

Gauti rezultatai rodo, kad pamato skerspjūvio temperatūros kaitos tendencijos priklausomai nuo aušinimo būdo yra panašios (2 pav.). Grafikas rodo, kad neaušinamo modelio maksimali temperatūra buvo pasiekta praėjus 144 valandoms po betonavimo pradžios ir buvo lygi 71,4 °C. Vykdam simuliaciją daugiau

nei 1000 valandų (ilgiau nei 1,5 mėnesio), kreivė nusistovėjimo ribos nepasiekė. Tai rodo, kad nenaudojant jokių priemonių ar technologinių sprendimų pamato aušinimui, ne tik padidėja rizika įtrūkių atsiradimui, bet ir gerokai prailgėja statybinių procesų laikas statybos aikštelėje.



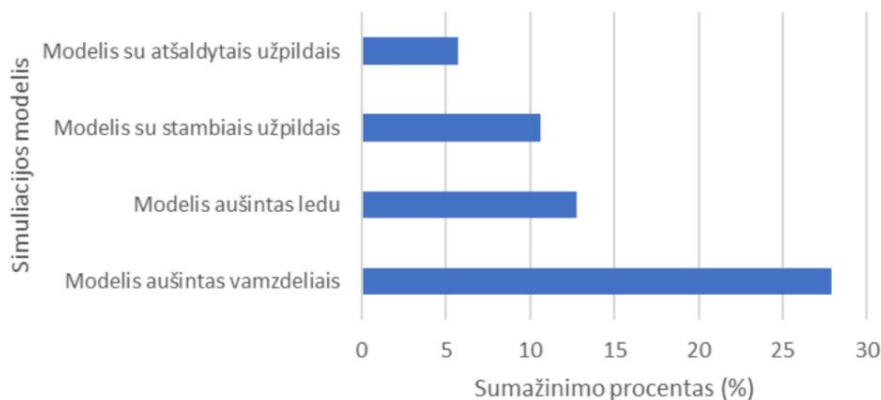
2 pav. Skirtingų modelių temperatūros raidų palyginimas
Šaltinis: sudaryta autorių

Temperatūros kitimas labiausiai išsiskyrė esant pamato vėsinimui vamzdeliais. Šiuo atveju temperatūrinis ekstremumas 51,5 °C, t.y. 28 % mažesnis lyginant su neaušinamu modeliu. Po to temperatūra krito staigiai kol maždaug ties trylikta stebėjimo diena nusistovėjo. Temperatūros kreivė ženkliai skiriasi, lyginant su aukščiau aprašyto modelio temperatūrinės kreivės forma. Čia temperatūros pikas pasiektas net keturiomis dienomis anksčiau. Taip pat matyti aiškus kreivės nusistovėjimas, kas įrodo cemento hidratacijos proceso pabaigą.

Kaip išsiskyrusios šilumos mažinimo sprendimą naudojant ledą, maksimali temperatūros vertė, lyginant su kitais modeliais buvo pasiekta vėliausiai. Taip nutiko todėl, kad betonavimo metu temperatūra buvo gerokai žemesnė (6°C). Dėl šios priežasties konstrukcijai prirėkė daugiau laiko pasiekti maksimalią šilumos vertę (62,2 °C) ir tai leido šiam metodui užsitikrinti antrąją vietą tarp efektyviausių sprendinių su 13 % mažesniu šilumos išsiskyrimu (lyginant su neaušinamu modeliu).

Naudojant stambius užpildus, simuliacijos rezultatai rodo, kad temperatūros skirtumai buvo mažiau žymūs - skirtumas tik 11%. Taip pat, norint praktikoje taikyti šį variantą, reikėtų atsižvelgti ir į tai, kad naudoti stambesnius nei 50 mm užpildus yra ganėtinai sudėtinga, pagrinde dėl pačio betono pylimo proceso, nes mišinio stambumas turi didelę įtaką betono siurbimui. Jei užpildas per stambus, jis gali strigti, lipti prie armatūros ir taip paveikti betono homogeniškumą, o tai turėtų rimtų pasekmių konstrukcijos laikomajai galiai.

Blogiausių rezultatą parodė modelis vėsinamas atšaldytais užpildais. Išsiskyrusios šilumos kiekio skirtumas sudarė 6 %, temperatūrinis ekstremumas (67,7 °C) pasiektas panašiu metu kaip ir neaušinamas modelis. Visos procentinės išraiškos pavaizduotos 3 paveiksle.



3 pav. Procentinis maksimalios temperatūros sumažinimas, lyginant su neaušinamu modeliu
Šaltinis: sudaryta autorių

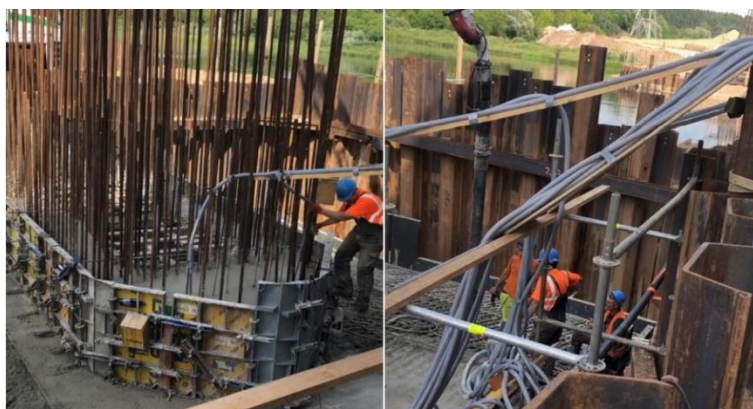
Praktinis pritaikymas

Vadovaujantis gautų rezultatų išvada, kad optimaliausias variantas yra pamatą vėsinti vamzdeliais, automobilinio tilto magistraliniame kelyje A1 ties Kauno miestu masyvios konstrukcijos pamate betonavimo metu buvo montuojama betono aušinimo sistema vamzdeliais, kuriais tekės Nėries upės vanduo (4 ir 5 pav.).



4 pav. Pamato armatūros ir aušinimo vamzdelių išdėstymas prieš betonavimo darbus

Šaltinis: sudaryta autorių



5 pav. Pamato betonavimo darbai

Šaltinis: sudaryta autorių

Aušinimo sistemą sudarė 28 mm skersmens plieniniai vamzdeliai, praversti per visą pamato plotį. Jie buvo įrengti ant pagalbinių armatūros tinklų, su minimaliu nuolydžiu. Aušinimo vamzdžiai išdėstyti 4 lygiais, kad pamatas būtų vėsinamas tolygiai visame tūryje. Pirmuose dvejuose lygiuose vamzdelių buvo po 14, trečiame – 12, na o pačiame viršuje 4. Kiekvienas vamzdelis įrengtas su uždarymo sklende, kurios pagalba gali būti reguliuojamas srautas.

Temperatūros matavimo sistemą sudarė temperatūros jutikliai, signalą perduodantys laidai ir registravimo įrenginys. Papildomai buvo įrengtas grunto temperatūros jutiklis, aplinkos oro ir upės vandens temperatūros matuokliai. Temperatūros jutiklių išdėstymas buvo toks: a) pamate - matuoti liejamo ir vėliau auštančio betono temperatūrai, b) po pamatu (pusės metro gylyje) – matuoti grunto temperatūrai; c) Nėries upėje (vieno metro gylyje) – matuoti upės vandens temperatūrai.

Dieną prieš betonavimo darbus, nustatytos grunto, aplinkos ir upės vandens temperatūros. Betonavimas buvo atliekamas vienu etapu, kartu betonuojant vieno metro aukščio tauro kolonos dalį. Kietėjimo metu betonas vėsintas pamate išdėstytais vamzdziais cirkuliuojančiu upės vandeniui. Vandens srautas reguliuotas atsižvelgiant į pratekančio vandens ir betono temperatūrą. Betonavimo darbų metu fiksuota kas penkto betonvežio atvežto betono temperatūra ir faktinis laikas.

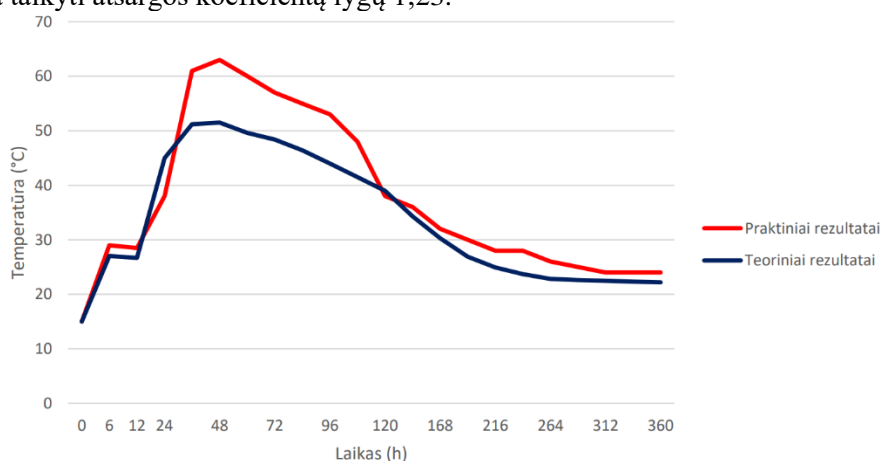
Visą hidratacijos laiką nuo betono išpylimo iki rostverko ataušimo, temperatūra pamato viduje buvo stebima ir matuojama specialiais temperatūros jutikliais, išdėstytais visame tūryje. Vanduo į aušinimo sistemą buvo paduodamas ne mažesniu nei 0,3 l/s debitu kiekvienam vamzdžiui (sistema turėjo užtikrinti galimybę padidinti debitą vienam vamzdžiui iki 0,5 l/s).

Temperatūros skirtumas tarp išorinių paviršių ir rostverko vidaus negalėjo viršyti 20 °C, o maksimaliai pasiekta kietėjimo temperatūra negalėjo viršyti 70 °C. Vėsinimą buvo galima nutraukti tik pamato temperatūrai sumažėjus iki paros oro vidutinės temperatūros.

Teorinių ir praktinių rezultatų palyginimas

Simuliacijos metu nustatytus temperatūros rezultatus lyginant su tilto monitoringo metu gautais praktiniais temperatūros matavimų rezultatais (6 pav.), matome, kad simuliacija gana artimai atvaizduoja temperatūros kitimo kreivę, atitinka tiek pirmojo hidratacijos etapo temperatūros šuolis, tiek neaktyviojo periodo trukmė. Temperatūra hidratacijos pabaigoje taip pat nusistovi per tokį pat laiką tarpą.

Pagrindinis ir šiuo atveju vienintelis diagramų skirtumas yra tas, kad praktiniais matavimais nustatyta, jog temperatūra pamate, cemento hidratacijos piko metu, pakilo iki 63,3 °C - kiek daugiau nei dešimčia laipsnių daugiau, lyginant su teoriniais rezultatais, kur maksimali nustatyta temperatūra lygi 51,5 °C. Tai rodo, kad HACON programos simuliacijos rodmenys nėra visiškai tikslūs ir atliekant skaičiavimus būtina įsivertinti bent 17 % atsargą. Tuo pagrindu, siekiant skaičiavimais užtikrinti realų šilumos išsiskyrimo mastą, rekomenduojama taikyti atsargos koeficientą lygų 1,23.



6 pav. Eksperimentinės ir teorinės temperatūros raidos palyginimas

Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados

1. Atlikus automobilinio tilto pamato betono temperatūros raidos simuliaciją nustatyta, kad aušinimas vamzdžiais yra tinkamiausias sprendimas tiriamos konstrukcijos naudojimui. Efektyviausiai ir greičiausiai sumažinama temperatūra pamate, patikimiausiai sumažinama įtrūkimo rizika.

2. Simuliacijos metu nustatytus temperatūros rezultatus lyginant su tilto monitoringo metu gautais praktiniais temperatūros matavimų rezultatais nustatyta, kad temperatūros kitimo tendencija betono hidratacijos periodu yra panaši. Tačiau skaitinės vertės šių dviejų metodų buvo skirtingos: temperatūra pamate, cemento hidratacijos piko metu, pakilo iki 63,3 °C, o simuliacijos metu maksimali nustatyta temperatūra buvo lygi 51,5 °C. Tai rodo, kad simuliacijos rodmenys nėra visiškai tikslūs ir siekiant skaičiavimais užtikrinti realų šilumos išsiskyrimo mastą betono hidratacijos metu, rekomenduojama taikyti atsargos koeficientą lygų 1,23.

Literatūra

1. EUROPOS PARLAMENTO IR TARYBOS REGLAMENTAS (ES) Nr. 305/2011 2011 m. kovo 9 d., kuriuo nustatomos suderintos statybos produktų rinkodaros sąlygos. Prieiga internetu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0305&from=LT>
2. Chen, Ch., Shih, B.J., Jeng, Ch.J. (2022). Case Study on Performance Monitoring and Stability Analysis of Baishihu Suspension Bridge And Side Slope. *Journal of Civil Engineering and Management* (28)2: 81–92.
3. Kaveh, A., Mottaghi, L., Izadifard, R. A., (2022). Optimization of Columns and Bent Caps of RC Bridges for Cost and CO2 Emission. *PERIODICA POLYTECHNICA-CIVIL ENGINEERING*, 66(2): 553-563.
- 4.
5. Abdolhosseini Qomi, M. J., Ulm, F.-J., & Pellenq, R. J.-M., (2015). Physical origins of thermal properties of cement paste. *Physical Review Applied*, 3, 064010.
6. ACI Committee 207, (2005). 207.1R-05 Guide to Mass Concrete, American Concrete Institute.
7. Bentz, D., (2008). A review of early-age properties of cement-based materials. *Cement and Concrete Research*, 38(2), 196–204.
8. Fairbairn, E. M. R. Azenha, M., (2019). Thermal Cracking of Massive Concrete Structures. State of the Art Report of the RILEM Technical Committee 254-CMS. RILEM, ISBN 978-3-319-76617-1
9. Farmington H. M., Ulm, F.J., Coussy, O., (2001). What is a “Massive” Concrete Structure At Early Ages? Some Dimensional Arguments. *Journal of engineering mechanics*, 127(5). Abstract only. Prieiga internetu: [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)07339399\(2001\)127:5\(512\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)07339399(2001)127:5(512))

10. Ge, Z., (2005). Predicting temperature and strength development of the field concrete. State University. Prieiga internetu: <http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2729&context=rtd>
11. Kim, S.G., (2010). Effect of heat generation from cement hydration on mass concrete placement. Master of Science Iowa State University. Prieiga internetu: <http://lib.dr.iastate.edu/etd/11675/>
12. Kodur V. K. R., Bhatt P. P., Soroushian P., et al. (2016). Temperature and stress development in ultra-high performance concrete during curing. Constr Build Mater. 122:63–71.
13. REGULATION (EU) No 305/2011 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC. Prieiga internetu: [Regulation \(EU\) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC Text with EEA relevance \(europa.eu\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32011R0305)

STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF MASSIVE CONCRETE STRUCTURES

Summary

Concrete is one of the most widely used building materials in the world. However, cement, which is one of the main components of concrete, reacts with water to generate a huge amount of heat inside the structure during hydration. This rise in temperature is becoming a huge problem for massive concrete structures. The aim of the work is to analyze the temperature aspects of massive concrete structures and to apply technological solution that will control and reduce the amount of heat released during cement hydration. In the research work, the different methods of temperature reduction are simulated by program HACON 3. After obtaining the simulated results, they are compared with the experimental ones received during monitoring of the bridge foundation. The results show that the most effective solution for cooling of the foundation is technological method - the use of cooling pipes. Data obtained during simulation was proportional to the practical results obtained during monitoring of the bridge. Some small discrepancies were found - in practice it was found that temperature rose to 63.3 °C during hydration, which is slightly more than theoretical results, where the maximum temperature was registered as 51.5 °C.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Liutauras Šarkus

Mokslo laipsnis: magistras

Darbo vietą ir pozicija: KTU, Statybos ir architektūros fakultetas, studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybinės konstrukcijos, statybos technologijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 68385749, liutauras.sarkus@ktu.edu

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: Vygantas Šadauskas.

Mokslo laipsnis: magistras

Darbo vietą ir pozicija: UAB „Kelprojektas“, projekto dalies vadovas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybinių konstrukcijų projektavimas, statybos technologijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 61429469, vygantas.sadauskas@kelprojektas.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Liutauras Šarkus

Science degree and name: Master of Science.

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

Author's research interests: structural and technologies of buildings.

Telephone and e-mail address: +370 683 85749, liutauras.sarkus@ktu.edu

Author name, surname: Jolanta Šadauskienė

Science degree and name: doctor, associated professor.

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

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

Telephone and e-mail address: +370 682 82661, jolanta.sadauskiene@ktu.lt

Author name, surname: Vygantas Šadauskas.

Science degree and name: Master of Science.

Workplace and position: JSC "Kelprojektas", manager of the project part.

Author's research interests: design of construction structures, construction technologies.

Telephone and e-mail address: +370 614 29469, vygantas.sadauskas@kelprojektas.lt

ANALYSIS OF EMERGENCY CONDITIONS OF CONSTRUCTIONS AND THE WAYS OF THEIR AVOIDANCE

Jūratė Mockienė, Loreta Inokaitytė
Kaunas University of Applied Engineering Sciences

Abstract

Load-bearing structures of buildings must be reliable. They must be constructed with a margin of strength. In case of the building collapse, people are hurt and killed, and material damage is incurred. Furthermore, the repair of damaged and non-collapsed buildings is expensive and often technically difficult. However, the strength margin cannot be unreasonably high. The steel construction of structures and equipment can be reliable if its system is properly selected. An appropriate system should ensure that major errors in calculation, construction, manufacture and building are avoided, and a sudden and unexpected collapse of the structure is impossible. However, even if design and manufacturing errors are avoided, there is always a little chance that the existing structure will fail or collapse due to accidental overloading or the accidental nature of the mechanical characteristics of its elements and steel. Building constructions and their elements seldom collapse abruptly. They can withstand a much higher impact per unit area if there are adjacent unloaded structural elements. Therefore, it is expedient to analyse the risk of failure of metal truss bars and the possible ways to strengthen the structures.

Keywords: Steel structures, destruction modeling, structural reinforcement

Introduction

An emergency condition or accident of structures can occur at any stage of a structure's lifetime. Potentially, they may already occur during the design process and may also take place after many years of structure operation and after the structure has been reconstructed.

Long-term research and analysis of the causes of accidents and landslides have led to the conclusion that most accidents could have been prevented if the structures had been investigated and reinforced at the due time.

Reinforcement and stress regulation in structural elements are effective means of prolonging the normal service life of structures, increasing their load-bearing capacity in case working conditions change preventing accidents. Reinforcement and stress adjustment can be performed at any stage of structures' existence.

The normal service life of metal constructions is considered to be at least 50-70 years. At the end of this period, structures undergo so-called 'moral wear'.

When researching various methods for accident prevention, experimental methods can be employed, i.e. accident simulation with models, induction of experimental accidents, etc.

However, in order to obtain accurate data on structure performance, the accidents of these structures need to be carefully analysed and investigated. In the event of an accident, underestimated conditions, the actual structure work, or the work of its individual elements in the overall building complex, as well as the errors that occurred from the beginning of the design to the accident, become apparent. Simulating accidents is useful in examining the accident probabilities and reliability of individual structures, their elements, and separate nodes.

Building constructions and their elements seldom collapse abruptly. Almost all building materials can withstand a much greater impact per unit area if there are adjacent unloaded structural areas. Therefore, it is expedient to analyse the decay of metal truss bars.

The **research problem** is trusses consisting of bars that are interconnected by weld seams. There is still a possibility of seam and joint defects and decay so far. Practically, structural nodes, joints and supports are impossible to be made with absolute precision due to their massiveness, technological difficulties and other circumstances. For various reasons (technological, repair, accidents, diversions, etc.) constructions may experience temporary overloads. All this significantly affects the work of structures, the formation of local limit states.

The **object** of the research is trusses which are roofing load-bearing structures of extra-large buildings.

The research **methods** are the following: using the prepared data, the program analyses effect redistribution in truss bars as one of its bars weakens and the possible ways to reinforce the structures are presented.

Methods and result analysis

Load-bearing constructions must be able to withstand all types of loads and force effects in a building and transmit them through the foundation to the subgrade. Wear and rust of steel structural elements and nodes, possible excessive loading with occasional loads, as well as negative effects of multi-cycle loading of technological equipment are frequently unavoidable. The problems of evaluating the reliability and durability of these structures and calculating safe and technical resources are relevant when it comes to rationally solving the issues of reconstruction of industrial buildings related to production conversion or other cases.

Reliability of load-bearing building systems depends on the reliability of their individual structures and elements. Therefore, not only is it crucial to be able to calculate and evaluate the reliability of various structures and their elements but also to identify their most hazardous elements, nodes, sections and construct them correctly (STR 2.05.08:2005).

It is ultimately important to choose rational types of steel structures of a building from the safety point of view. Not only do they depend on the purpose of a building but also on the influence of loads and other environmental impacts on structural effects (STR 2.05.04:2003).

A structure is designed to be built in Kaunas Free Economic Zone. The building is not heated. The roof and walls are made of Rannila profiled metal sheets attached to longitudinal panels. The length of the designed building is 30 m, width 24 m, height to the cornice - 8 meters. The slope of the roof is 5 degrees.

Using the prepared data, the program selected cross-sectional characteristics of the elements. Initially, the program selects the appropriate cross-section for each bar from a group of specified cross-sections. The same profiles are then selected for individual groups of bars and they are checked for withstanding specified loads. The profiles were reduced until their utilization quotient was close to one, i.e. they operate with virtually no strength reserve.

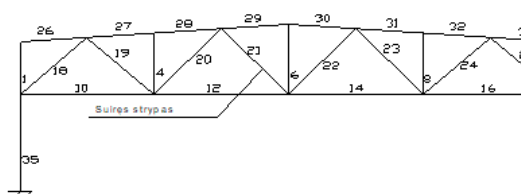
Rectangular box bars were selected for the top and bottom chords of the truss, and square box profiles were selected for the struts and supports. Trapezoidal trusses are supported on columns by hinge nodes, and support nodes of trusses with lowered bottom chord are partial hinges.

Making trusses from a box profile, only its surface is coated with an anti-corrosion coating, so the weld seams must be airtight to prevent moisture and air from entering the inside of the bars.

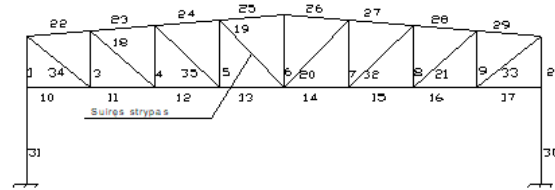
This presentation provides a method of destruction analysis. Specifically, the effect redistribution in truss bars as one of its bars weakens is examined. Calculation schemes are compiled where, according to the results of previous research, one or more bars do not act sufficiently.

Several options are considered:

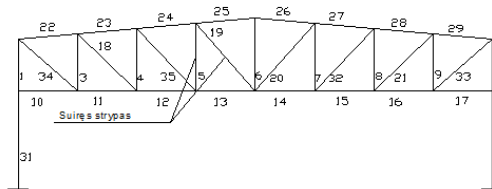
1. Trapezoidal truss with a triangular mesh with additional struts (Figure 1 (a));
2. Trapezoidal truss with a strut mesh (Figure 1 (b));
3. Trapezoidal truss with a strut mesh (Figure 1 (c));
4. Triangular truss with lowered bottom chord (Figure 1 (d)).



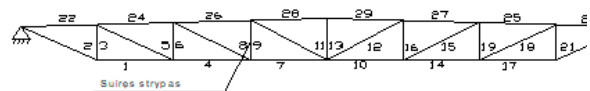
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 1. Options of trusses: (a) -Version 1; (b) - Version 2 ; (c) - Version 3; (d) - Version 4

Source: Compiled by the authors

Variants of changes in the working situation of the structure when one of the following truss bars is working are considered:

- a) 50 %;
- b) becomes weaker.

The following results were obtained after recalculating trusses:

Version 1. (Fig. 2, (a))

Maximum deflection is 4.2 cm;
All bars withstand redistributed effects.

Version 2. (Fig. 2, (b))

Maximum deflection is 3.8 cm;
All rods withstand redistributed effects.

Version 3. (Fig. 2, (c))

Maximum deflection is 34.2 cm;
The top chord of the truss is 2.2% overloaded. The truss is falling apart.

Version 4. (Fig. 2, (d))

Maximum deflection is 8.1 cm;
The top chord of the truss is 30% overloaded. The truss is falling apart.

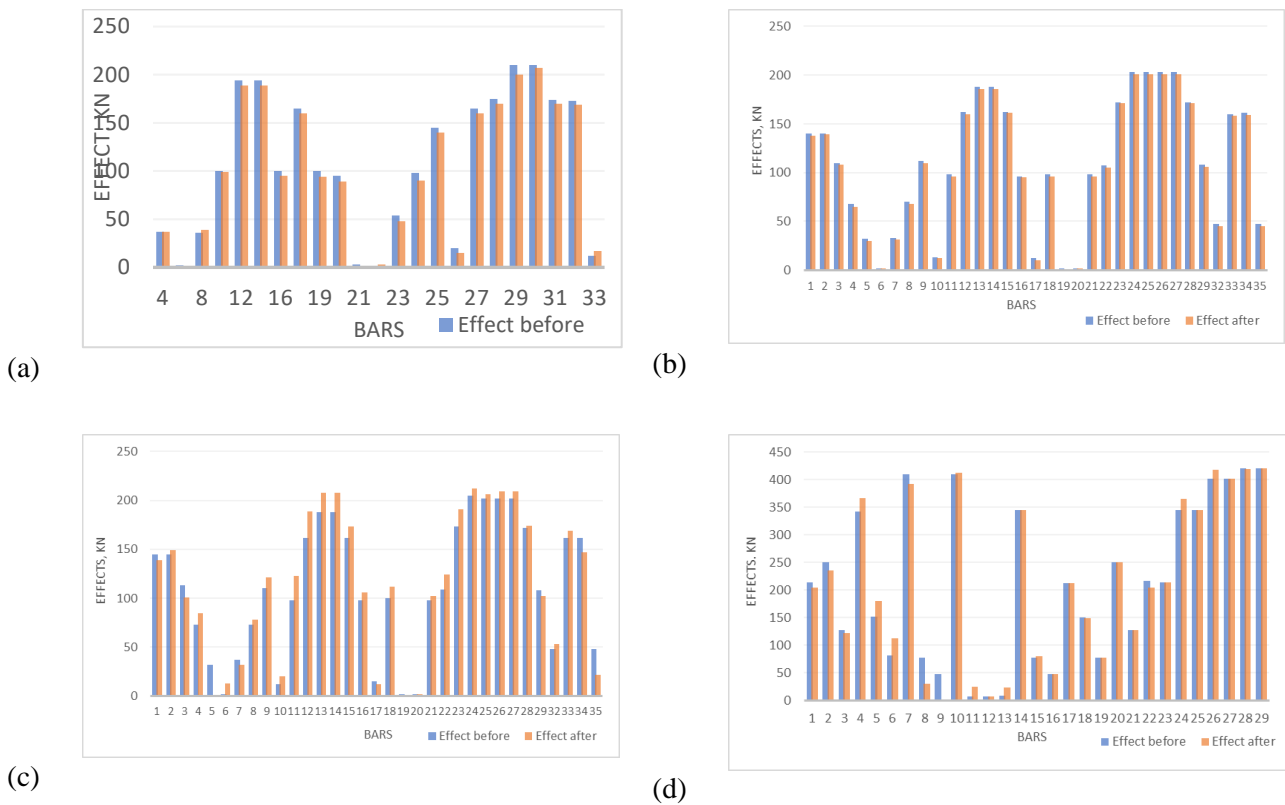


Fig. 2. Effect redistribution: (a) - version 1; (b) - version 2; (c) - version 3; (d) - version 4

Source: Compiled by the authors

Studies have shown that once one of the truss mesh bars has weakened, the structure should not break down yet (Figures 2 (a); (b)). The effects in the adjacent bars even decrease. Deflection increases insignificantly.

As another adjacent bar weakens in the truss shown in Figure 2, (c), the effects in the adjacent bars decrease. It is estimated that the bar of the truss top chord, number 24, is overloaded. Although its effects decrease, it doubles in length (the rod stumbles). The rod 20 of the mesh is also overloaded. The truss should collapse as stumbling occurs around the top chord of the truss so it can cause the entire truss to lose stability. The maximum deflection of the truss in its middle is 34.2 cm. The maximum allowable deflection is $24/300 = 0.08 \text{ m} = 8 \text{ cm}$.

Figure 2, (d), shows the truss where one bar weakens, the effects in adjacent bars increase 1.4 times. The truss top chord is overloaded by 30% and in this case the truss may break. The largest deflection of the truss in its middle is 8.1 cm.

It can be seen from calculations that there are bars in the truss with effects close to zero but those bars are required for geometric stability of the truss. When they are turned off the truss can still work because its chords are from an integral profile, i.e. they are uncut and take over increased stresses. Therefore, idle bars can be repaired or replaced. When the mesh bars with relatively high effects weaken, the truss breaks, but not necessarily immediately. Therefore, evacuation measures can be taken.

Reinforcement of steel constructions

Safe operation of various structures in many cases requires reinforcement of steel structures that are close to an emergency condition, as well as adjacent structures that can transition to an emergency state during further operation (Danilov, 2016; Kowal et al, 2017; Pasternak et al, 2010; Sallam et al, 2005; Mofizul et al, 2019).

Reinforcement work on steel structures involves very high labour and material costs.

The main ways of reinforcing metal structures:

- to reduce load magnitudes during the further building exploitation;
- to change the construction scheme of the entire building or its individual elements or nodes;
- to increase the calculated cross-sections of the elements, strengthen the nodes and their mutual

joints.

These techniques have both advantages and disadvantages. Load reduction is a very effective indirect way to strengthen steel structures. Reduction of loads in trusses can be achieved by changing insulation materials to lighter ones, a warm roof to a semi-warm or cold, and so on.

Modification of structural schemes of the entire building or its individual elements makes it possible to ensure operational reliability of the building without changing load values.

The most widespread method of reinforcing steel structures is to increase the calculated cross-section of the elements and strengthen the nodes at their joints. The calculated cross-sections of steel structures are increased by attaching additional parts and ‘connecting’ them to the overall work. In most cases, the reinforcing parts are attached with weld seams.

When designing the reinforcement of steel structures, it is often necessary to strengthen weld seams that fasten the elements at the structural nodes.

Joint seams often cannot be reinforced. Their calculated height is equal to the thickness of the parts to be joined. By making the seams thicker than the welded parts, it is not possible to achieve the calculated height of the part joint. This causes an additional concentration of local stresses. The welded joint is weakened rather than reinforced.

Corner seams are reinforced by increasing the length or the height of the seam. Increasing the length of the weld seam in the truss nodes is the simplest way of reinforcement. This is possible by applying additional reinforcing seams if they are not present in the reinforcing elements

Conclusions

1. It is examined how truss effects are redistributed when one of its bars is partially or completely switched off. Calculation schemes are made in which, according to the results, one or more bars are not fully working. It can be seen from the calculations that there are bars in the truss with effects close to zero but those bars are required for the geometric stability of the truss. When they are switched off the bars can still work because its chords are uncut and take over the increased effects. Therefore, the bars can be repaired or replaced. When the mesh bars with relatively high effects are switched off, the truss breaks down but not necessarily immediately. Therefore, evacuation measures can be taken.

2. There is a possibility of truss joint defects and decay of joints. Structural nodes, joints and supports cannot be made with absolute precision. Structures may experience temporary overloads. All this significantly affects the work of structures, the formation of local limit states. Corrosion processes that destroy structures during long-term operation are particularly dangerous when the structural elements have to work in a chemically or physically active environment that is not foreseen in the design.

Reference

1. Danilov, A.I. Some aspects of CFRP steel structures reinforcement in civil engineering. *Procedia Engineering* 2016, 153: 124 – 130.
2. Kowal, M., Ladoga, M. Strengthening of steel structures with CFRP strips. *Roads and Bridges - Drogi i Mosty* 2017, 16: 85 – 99.

3. Pasternak, H., Kubieniec, G., Piekarczyk, M. Adhesives in strengthening of steel structures. Engineering structures and technologies 2010, 2(2): 45–50
4. Mofizul Islam, Md., Bin Ali, R., Billah, M. Strengthening Techniques of Steel Structure: An Overview. World Scientific News 2019, 118: 181-193.
5. Sallam, H.E.M., Saba, A.M., Mamdoh, W., Maaly, H., Ibrahim, I. Strengthening of steel beams using bonded CFRP and steel plates: a pilot study. Al Azhar University Engineering Journal, 2005, 8(10): 23-29.
6. STR 2.05.08:2005. „Plieninių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės nuostatos.“
7. STR 2.05.04:2003. „Poveikiai ir apkrovos“.

AVARINĖS KONSTRUKCIJŲ BŪKLĖS ANALIZĖ IR JOS IŠVENGIAMUMO BŪDAI

Santrauka

Pastatų laikančios konstrukcijos turi būti patikimos. Jos turi būti statomos su stiprumo atsarga. Statinių griūtis atveju žūsta ir suluošinami žmonės, patiriami materialiniai nuostoliai. Be to ir pažeistų, kad ir nesugriuvusių, statinių remontas yra brangus, o dažnai techniniu požiūriu keblus. Tačiau stiprumo atsarga negali būti nepagrįstai didelė. Plieninė statinių ir įrenginių konstrukcija gali būti patikima, jeigu tinkamai parenkama jos sistema. Tinkama sistema turėtų užtikrinti, kad bus išvengta stambių skaičiavimo, konstravimo, gamybos ir statybos klaidų, bei staigus ir netikėtas konstrukcijos irimas bus neįmanomas. Tačiau ir išvengus projektavimo bei gamybos klaidų visada liks nedidelė tikimybė, kad eksploatuojama konstrukcija neteks laikomosios galios arba suirs dėl atsitiktinių perkrovimų arba jos elementų ir plieno mechaninių charakteristikų atsitiktinės prigimties. Statybinės konstrukcijos ir jų elementai retai kada suyra staigiai. Jos gali išlaikyti žymiai didesnę poveikį į ploto vienetą, jeigu greta yra neapkrautų konstrukcijos elementų. Todėl tikslinga išanalizuoti metalinių santvarų strypų irimo pavojų bei galimus konstrukcijų stiprinimo būdus.

Reikšminiai žodžiai. Plienines konstrukcijas, irimo modeliavimas, konstrukcijų stiprinimas

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jūratė Mockienė

Mokslo laipsnis ir vardas: Magistras, lektorė

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

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

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

Autoriaus vardas, pavardė: Loreta Inokaitytė

Mokslo laipsnis ir vardas: Lektorė

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Statybos konjunktūra

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

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Jūratė Mockienė

Science degree and name: Master's degree, Lecturer

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

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

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

Author name, surname: Loreta Inokaitytė

Science degree and name: Lecturer

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

Author's research interests: Construction conjuncture

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

LIETUVOS MEDINIŲ KONSTRUKCIJŲ STATYBOS IR PROJEKTAVIMO ĮMONĖMS REIKIAMŲ KOMPETENCIJŲ ANALIZĖ

Rosita Norvaišienė, Lolita Dalbokaitė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Siekiant tausoti gamtą ir kurti darnią aplinką, vis dažniau architektai ir inžinieriai medines konstrukcijas derina su laikančiosiomis gelžbetonio ar metalo konstrukcijomis, projektuoja tvarius hibridinius medinius pastatus, nors aukštasis mokslas Lietuvoje daugiau dėmesio skiria plieninių ir betoninių konstrukcijų pastatams ir mažaaukščių medinių pastatų projektavimui. Siekiant patenkinti dabartinės ir ateities darbo rinkos poreikius, būtina parengti specialistus, turinčius taikomųjų įgūdžių hibridinių medinių pastatų projektavimo ir statybos srityje.

Norint atsakyti į klausimą, kokias studentų kompetencijas reikia ugdyti darnios, didelio našumo hibridinės medienos konstrukcijų projektavimo ir statybos srityje, buvo apklausta 30 Lietuvos medienos gaminių projektavimo ir gamybos įmonių. Gauti apklausų rezultatai suteikia galimybę suprasti dabartinius medienos rinkos poreikius, t. y. kokios absolventų kompetencijos yra būtinos medienos statybos pramonėje ir tiesiogiai prisidėti kuriant mokymo strategiją. Apklausa buvo vykdoma pagal Europos Sąjungos finansuojamą projektą „Tvari, didelio našumo hibridinių medinių pastatų statyba (HiTCH)“. Šiame straipsnyje pateiktas įmonių, užsiimančių medinių pastatų statyba, medinių konstrukcijų gamyba ir projektavimu požiūris į reikiamas specialistų kompetencijas.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. mediniai pastatai, medienos pramonė, kompetencijos, tvari statyba.

Įvadas

Statybos sektorius sukuria didelę šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) dalį. ES ši dalis sudaro apie 35 % [Buildings and construction. European Commission website]. Naudojant medieną, vietoje kitų statybinių medžiagų, būtų galima sumažinti statybų šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą, pavyzdžiui, sumažinant iškastinio kuro naudojimą gaminant pastato komponentus [Sathre ir kt., 2010]. Vienas iš būdų bandyti sumažinti ir stabdyti šį neigiamą poveikį - tvari statybos pramonės plėtra, naudojant statybinius produktus, kurių komponentai yra atsinaujinančios kilmės, o jų energijos sąnaudos yra pakankamai mažos, įskaitant mažą teršalų emisiją jų gamybos metu [Sathre ir kt., 2010, Akiner ir kt. 2022, Churkina ir kt., 2020].

Lietuva įsipareigojo bendrai su ES ir jos valstybėmis narėmis 2021–2030 m. laikotarpiu mažiausiai 55% sumažinti išmetamųjų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, lyginant su viso pasaulio išmetamu CO₂ kiekiu [2030 climate & energy framework]. Pastatuose naudojant daugiau medienos būtų galima geriau integruoti statybų sektorių į bioekonomiką [Lietuvos bioekonomikos plėtros galimybių studija]. Perėjimas prie mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančios ekonomikos švelninant klimato kaitą ir anglies išskyrimus yra kertiniai Europos bioekonomikos tikslai. Lietuva turi geras sąlygas plėtoti bioekonomiką: šalis turi turtingus miškų išteklius ir konkurencingą medienos pramonę. Tačiau šiuo metu daugiau nei 20% metinės pramoninės apvaliosios medienos iš Lietuvos miškų eksportuojama ir perdirbama į aukštesnės pridėtinės vertės produktus užsienyje [Žemaitis, P ir kt., 2021].

Mediena yra atsinaujinanti statybinė medžiaga, todėl jos poveikis aplinkai labai nedidelis, palyginti su betono ir plieno gamyba, kuri kasmet sudaro 4 proc. viso pasaulio CO₂ emisijos. Bas J. ir kiti [Bas Ruijven ir kt., 2016, Oladazimi ir kt., 2020] modeliuodami visą betono ir plieno gyvavimo ciklą nustatė, kad ateities prognozės rodo greitą plieno ir cemento suvartojimo padidėjimą per ateinančius kelis dešimtmečius, o tai reiškia, kad per ateinančius dešimtmečius CO₂ išmetimas bus didžiausias. Medžio elementų ekologiskumas, statybų greitis ir darnios aplinkos kūrimas yra tai, dėl ko daugelis žmonių pasirenka statybą iš medienos, vis dažniau architektai ir inžinieriai medines konstrukcijas derina su laikančiosiomis gelžbetonio ar metalo konstrukcijomis, projektuoja tvarius hibridinius medinius pastatus, nors aukštasis mokslas Lietuvoje daugiau dėmesio skiria plieninių ir betoninių konstrukcijų pastatams.

Šalys, kuriose sėkmingai jau daugelį metų vystoma statyba iš medienos - tai Austrija, Vokietija, Šveicarija, Švedija, Norvegija, Jungtinė Karalystė [Kremer ir kt., 2015], o naudojimas Lietuvoje tik prasideda. Lietuvos medienos pramonė atsilieka nuo Europos vidurkio pagal našumo lygį. Tai rodo, jog Lietuvoje yra per menkai išnaudojamos naujausios technologijos, o gamyboje vyrauja smulkios įmonės, kurioms yra sudėtinga diegti naujas technologijas ar gamybos valdymo metodus dėl nedidelių gamybos mastų ir mažų atskirai paimtų baldų gamybos sektoriaus smulkių ir vidutinių įmonių pardavimų apimčių [Mažų ir vidutinių įmonių kompetencijų poreikio siekiant pasirošti ir įveikti pramonę 4.0 iššūkius analizė. 2020].

2018 m. Lietuvoje veikė 5772 medienos pramonės įmonės: iš jų 58 proc. - medienos bei medienos ir kamštienos gaminių, išskyrus baldus, gamybos sektoriuje, 38,4 proc. baldų gamybos sektoriuje ir tik 3,6

proc. popieriaus ir popieriaus gaminių gamybos sektoriuje. Lietuvos medienos pramonės sektoriuje didžiąją daugumą sudaro labai mažos įmonės (85,8 proc. visų medienos pramonės sektoriaus įmonių) [Mažų ir vidutinių įmonių kompetencijų poreikio siekiant pasiruošti ir įveikti pramonę 4.0 iššūkius analizė. 2020]. Smulkių ir vidutinių įmonių dalis sudaro 13,7 proc. visų medienos pramonės sektoriaus įmonių, o didelės įmonės tesudaro 0,5 proc. visų įmonių.

Norint atsakyti į klausimą, kokias studentų kompetencijas reikia ugdyti darnios, didelio našumo hibridinės medienos konstrukcijų projektavimo ir statybos srityje, buvo apklausta 30 Lietuvos medienos gaminių projektavimo, statybos ir gamybos įmonių. Gauti apklausų rezultatai suteikė galimybę suprasti dabartinius medienos rinkos poreikius, t. y. kokios absolventų kompetencijos yra būtinos medienos statybos pramonėje ir tiesiogiai prisidėti kuriant studentų mokymo strategijas.

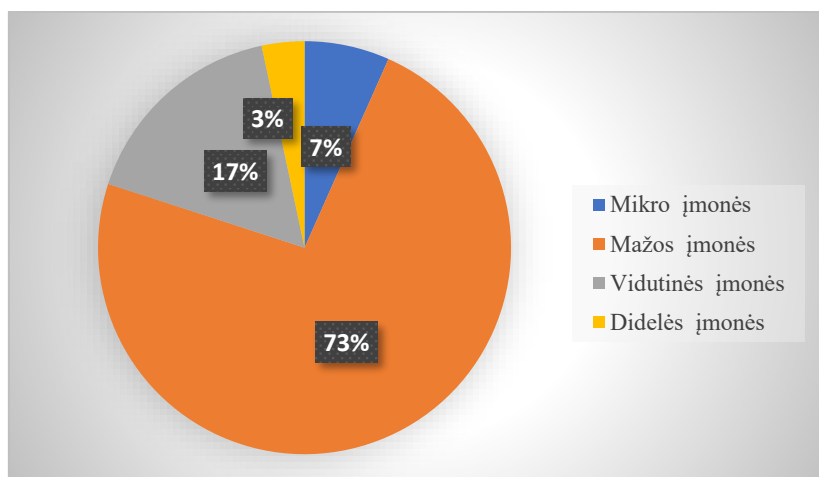
Tyrimo uždaviniai ir metodai: apklausų būdu nustatyti, koks yra Lietuvos medinių gaminių ir konstrukcijų verslo atstovų požiūris į dabartinę situaciją medienos pramonės sektoriuje bei išskirti pagrindinius medienos rinkos poreikius bei reikiamas darbuotojų kompetencijas.

Atsižvelgiant į tyrimo uždavinius, buvo sudaryta anketa, susidedanti iš trijų teminių blokų: pagrindinė informacija apie įmonę (įstaigą); kompetencijos; hibridinės medienos konstrukcijų perspektyvos.

Įmonių atstovams buvo pateikti klausimai apie jų įmonės darbuotojų kompetencijų situaciją, gebėjimus, žinias ir įgūdžius, išskylančius sunkumus, studijų strategiją, medinių hibridinių konstrukcijų perspektyvą. Į tyrimą buvo įtrauktos įmonės, tiekiančios medieną statyboms, statybos įmonės, asociacijos, susijusios su mediena, projektavimo įmonės, medienos perdirbimo, medinių pastatų gamybos ir statybos įmonės, architektai, inžinieriai, technologai, medienos/medienos komponentų tiekėjai ir kiti.

Apklausoje rezultatai ir išvalgos

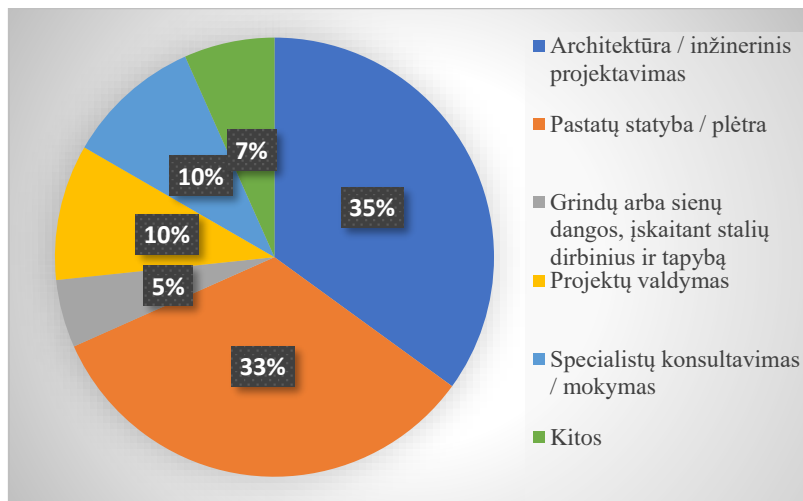
Iš visų apklausoje dalyvavusių įmonių daugiausiai respondentų buvo iš mažų (73 proc.) ir vidutinių (17 proc.) įmonių (žr. 1 pav.).



1 pav. Tyrime dalyvavusių Lietuvos medienos pramonės įmonių dydis
Šaltinis: sudaryta autorių

Pagal teisinę formą tyrime dalyvavo 50 proc. akcinių bendrovių, 40 proc. ribotos atsakomybės bendrovių ir 10 proc. privačių įmonių.

Dauguma apklausoje dalyvavusių respondentų buvo dirbantys architektūros ir inžinerinio projektavimo srityse (35 proc.) bei pastatų statyboje (33 proc.). Nemažai apklausos dalyvių vykdė konsultacijas ir specialius mokymus (10 proc.), taip pat 10 proc. respondentų dirbo projektų ir pastatų valdymo srityje (žr. 2 pav.). Kiti respondantai buvo atsakingi už grindų ir sienų montavimą (įskaitant dailides), specializavosi statybinių medžiagų gamyboje ir sąmatų rengime.

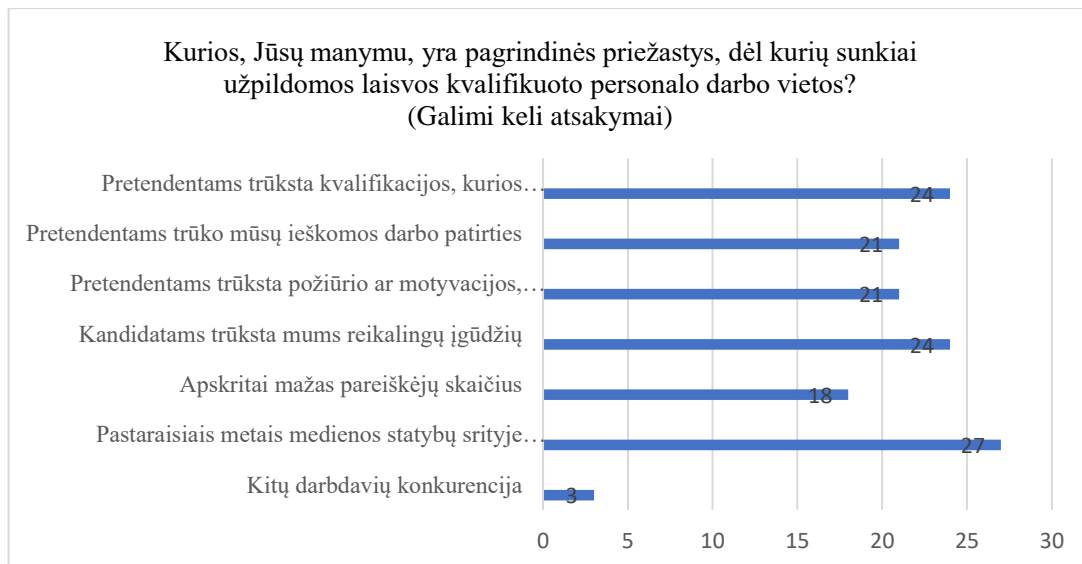


2 pav. Įmonių veiklos susijusios su medienos statyba rūšys ir jų procentinis pasiskirstymas
Šaltinis: sudaryta autorių

Ištyrus Lietuvos medienos pramonės įmonių situaciją susijusią su darbo apimtimis, darbuotojų skaičiumi įmonėse bei jų kvalifikacija, matyti, kad beveik pusė tyrime dalyvavusių įmonių didžiąją dalį pastarųjų 12 mėnesių dirbo visu pajėgumu ir didesnė jų dalis nepatyrė darbo jėgos trūkumo, tačiau per visą šį laikotarpį net 13 iš 30 apklaustųjų įmonių trūko kvalifikuotų darbuotojų užtikrinti reikiamą darbų apimtį.

Apklausoje metu įmonės buvo paprašytos pateikti savo nuomonę apie priežastis dėl kurių jos jaučia kvalifikuoto personalo stygių. Anketoje buvo pateiktos 7 pagrindinės galimos priežastys. Įmonės galėjo nurodyti kelias iš jų.

Beveik visų respondentų nuomonės sutapo, kad pastaraisiais metais medienos statybų srityje buvo mokoma nepakankamai jaunų žmonių. Dauguma įmonių nurodė, kad pretendentams į kvalifikuoto personalo darbo vietas trūksta ieškomos kvalifikacijos ir reikalingų įgūdžių. Didesnė pusė įmonių nurodė, kad pretendentams trūko darbo patirties, požiūrio ar motyvacijos. Apklausos rezultatai parodė, kad beveik visos įmonės buvo pakankamai konkurencingos. Tik trys iš visų trisdešimties apklaustųjų įmonių jautė kitų darbdavių konkurenciją (žr. 3 pav.).



3 pav. Pagrindinės priežastys lemiančios kvalifikuoto personalo trūkumą Lietuvos medienos pramonės įmonėse

Šaltinis: sudaryta autorių

Respondentams buvo pateiktas 25 kompetencijų sąrašas iš kurio buvo paprašyta išrinkti tas kompetencijas, kurios labiausiai, jų nuomone, reikalingos kvalifikuotam personalui dirbančiam medienos pramonės srityje. Taip pat paprašyta nurodyti kiek kiekviena kompetencija reikalinga t. y. labai reikalinga, reikalinga ar nereikalinga.

Beveik visi respondentai vieningai sutarė, kad pati svarbiausia ir reikalingiausia kompetencija yra medinių pastatų drėgmės savybių supratimas. Didesnė pusė kaip labai reikalingas kompetencijas nurodė žinias apie šiuolaikinius inžinerinius medienos gaminius ir gebėjimą apskaičiuoti, skaityti ir naudoti brėžinius. Penkiolika iš trisdešimties apklaustųjų įmonių kaip labai reikalingas kompetencijas nurodė problemų sprendimo įgūdžius, medinių pastatų akustinių savybių supratimą, struktūrinio projektavimo įgūdžius, hibridinės medienos konstrukcijos supratimą (naudojant skirtingas medžiagas).

Didesnė pusė respondentų kaip reikalingas nurodė keturias bendrąsias kompetencijas:

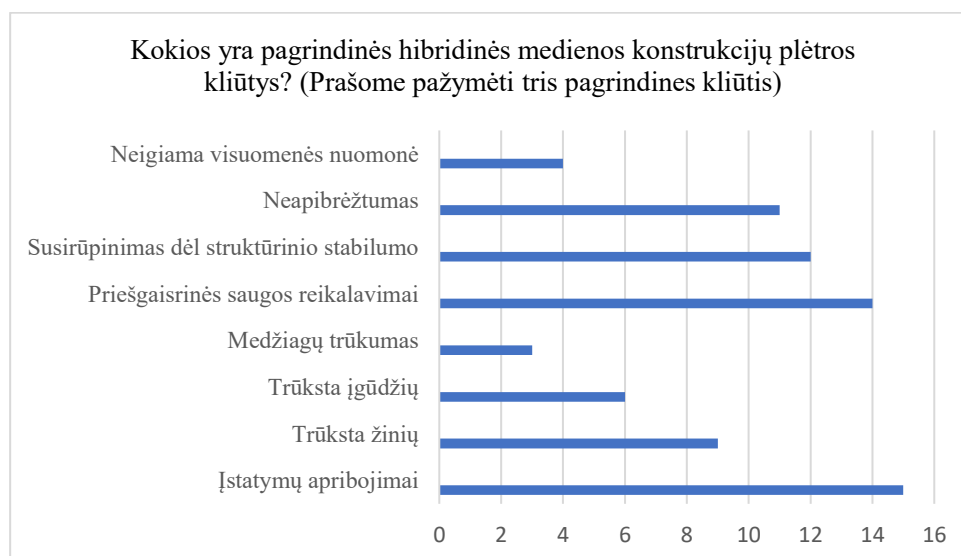
- sprendimų priėmimo įgūdžiai;
- informacijos gavimas, aiškinimas ir perdavimas;
- mokėjimas mokintis;
- suprasti rašytinius dokumentus ir aiškiai rašyti.

Kaip reikalingos buvo nurodytos ir tokios kompetencijos kaip komandinio darbo, lyderystės, derybų, problemų sprendimo įgūdžiai. Didesnė dalis įmonių taip pat kaip reikalingas nurodė tokias profesines kompetencijas kaip medienos statybos projektų organizavimo ir planavimo įgūdžiai, efektyvus medžiagų, technologijų, įrangos ir įrankių naudojimas, gebėjimas dirbti tiksliai ir laikantis standartų. Pusė respondentų nurodė, kad reikalingos kompetencijos yra informacinių ir komunikacinių technologijų, projektų valdymo įgūdžiai, medienos rūšių supratimas, hibridinių medinių pastatų priežiūra, medinių pastatų statybos saugos užtikrinimas, priešgaisrinės saugos reikalavimų supratimas. Net pusė respondentų nurodė, kad mažiausiai reikalingos yra šios kompetencijos: derybų įgūdžiai, BIM taikymo įgūdžiai.

Apklausa metu buvo teirautasi respondentų nuomonės ir apie tai kokių naujų įgūdžių gali prireikti per ateinančius 12 mėnesių keičiantis situacijai medienos pramonės sektoriuje. Beveik visos įmonės nurodė, kad, norint išlikti konkurencingomis, prireiks naujų produktų ir paslaugų kūrimo. Didesnės pusės respondentų nuomone prireiks ugdyti verslo valdymo įgūdžius, diegti naujas technologijas ir įrangą. Pusė apklaustųjų įmonių nurodė naujų teisinių ar reguliavimo reikalavimų, naujos darbo praktikos įvedimo, naujų ekologinio / energijos taupymo projektavimo / konstravimo metodų taikymo svarbą. Tačiau kita pusė respondentų verslo valdymo, naujų teisinių ar reguliavimo reikalavimų kompetencijas, padidėjusį konkurencinį spaudimą nurodė kaip neturėsiantį didesnės reikšmės sektoriaus veiklai per ateinančius mėnesių.

Siekiant išsiaiškinti kokių priemonių ėmėsi įmonės norėdamos įveikti susidariusią įgūdžių spragų problemą respondentams buvo pateikti 7 klausimai apie pagrindinius galimus problemos sprendimo būdus. Tik šešios iš trisdešimties įmonių atsakė, kad nesiėmė jokių specialių priemonių situacijai pagerinti. Didesnė pusė respondentų pripažino, kad darė įtaką švietimui (teikėjams), siekiant užtikrinti atvykstančiųjų srautą. Pusė respondentų nurodė, kad siekdami įveikti susidariusią įgūdžių spragų problemą padidino atlyginimus, keitė darbo praktiką, mokymuisi skatinti naudojo kitas strategijas.

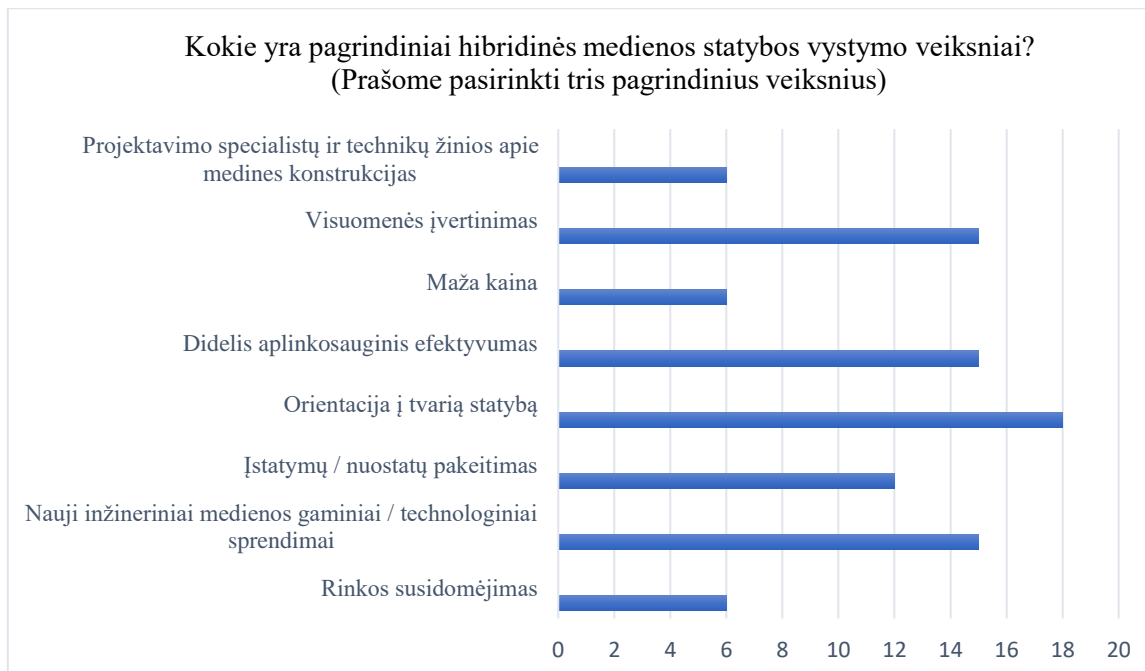
Kaip pagrindines hibridinės medienos konstrukcijų plėtros kliūtis lemiančias šių konstrukcijų pasirinkimą Lietuvos statybos sektoriuje apie pusę respondentų nurodė įstatymų apribojimus, ypač - priešgaisrinės saugos reikalavimus. Mažiausiai respondentų kaip kliūtis nurodė medžiagų trūkumą ir neigiamą visuomenės nuomonę. Kiekviena įmonė buvo prašoma pažymėti po tris pagrindines kliūtis (žr. 4 pav.).



4 pav. Pagrindinės hibridinės medienos konstrukcijų plėtros kliūtys

Šaltinis: sudaryta autorių

Respondentai taip pat buvo paprašyti nurodyti po tris pagrindinius veiksniai lemiančius Lietuvos hibridinės medienos statybos ateitį. Aštuoniolika respondentų nurodė, kad tai orientacija į tvarią statybą. Pusė respondentų kaip pagrindinius vystymosi veiksniai nurodė teigiamą visuomenės įvertinimą, didelį aplinkosauginį efektyvumą ir naujų inžinerinių medienos gaminių atsiradimą bei naujų technologinių sprendimų panaudojimą. Kaip mažiausiai įtakojantys hibridinės medienos statybos vystymą veiksniai buvo nurodyti projektavimo specialistų ir technikų žinios apie medines konstrukcijas, maža kaina, rinkos susidomėjimas (5 pav.).



5 pav. Pagrindiniai Lietuvos hibridinės medienos statybos vystymo veiksniai

Šaltinis: sudaryta autorių

Įmonės buvo paprašytos savais žodžiais atsakyti į klausimą kas galėtų paskatinti Lietuvoje plačiau statyti iš medienos. Į šį klausimą buvo pateikti gana įdomūs ir įvairūs atsakymai. Buvo pasiūlyta daugiau dėmesio skirti švietimui ir tinkamai informacijos sklaidai, kuri pakeistų visuomenės požiūrį, įvesti visų pastatų klasifikavimą pagal jų anglies pėdsaką, inicijuoti CO₂ pėdsako įtraukimą į medžiagų gamybos įmonių apmokestinimą, sukurti aiškias medinių pastatų statybos taisykles, ypač susijusias su priešgaisrine sauga, kuo plačiau supažindinti projektuotojus su medienos galimybėmis, parašyti naujus statybos reglamentus, skirtus medinei statybai, ir netgi keisti patį statybos įstatymą.

Į prašymą savais žodžiais aprašyti kaip įmonės siūlo tobulinti studentų švietimą taip pat buvo pateikti labai įvairūs atsakymai. Įmonės siūlė daugiau dėmesio skirti naujausioms medienos sektoriaus tendencijoms, tačiau, tuo pačiu, nepamiršti ir esminių pagrindų/technologijų, paskaitų skirtų medinėms konstrukcijoms skaityti ne mažiau nei skirtų betono ar plieno konstrukcijoms. Buvo siūloma privalomai įtraukti į mokymo programą žinias apie statybinių medžiagų gyvavimo ciklo analizę (LCA) ir anglies pėdsaką, surenkamųjų-modulinių konstrukcijų gamybą, įtraukti daugiau mokomųjų dalykų, tiesiogiai susijusių su medinės konstrukcijos pastatais, remti modernių inžinerinių medinių konstrukcijų doktorantūros studijas, kad būtų rengiami nauji šios srities dėstytojai.

Daugelis įmonių akcentavo praktinių žinių reikšmę rengiant būsimuosius specialistus. Buvo siūloma visiems studentams organizuoti privalomą šiuolaikinės inžinerinės medienos projektavimo ir statybos praktiką įmonėse.

Atsakymuose buvo paminėta, kad švietimo institucijos turi išmokyti žmones mąstyti naujai ir, ne tik suteikti stiprias bazines žinias, bet parodyti studentams kitokios ateities kūrimo galimybes kur prioritetai būtų kuo mažesnis anglies dioksido naudojimas ir tvari statyba.

IŠVADOS

Atlikus įmonių apklausą ir išanalizavus gautą informaciją, galima konstatuoti, kad visos medinių konstrukcijų projektavimo ir statybos įmonės susiduria su didele problema – darbuotojų trūkumu visose veiklos srityse, pradedant nekvalifikuotais darbininkais ir baigiant specialistais. Didesnė pusė apklaustųjų

įmonių kaip labai reikalingas kompetencijas nurodė žinias apie šiuolaikinius inžinerinius medienos gaminius ir gebėjimą apskaičiuoti, skaityti ir naudoti brėžinius. Taip pat – tarp labiausiai pageidaujamų kompetencijų - problemų sprendimo įgūdžiai, medinių pastatų akustinių savybių supratimas, hibridinių konstrukcijų projektavimo ir statybos įgūdžiai.

Didesnę pusę respondentų kaip reikalingas nurodė keturias bendrąsias kompetencijas: tai sprendimų priėmimo įgūdžiai, informacijos gavimas, aiškinimas ir perdavimas, mokėjimas mokintis, suprasti rašytinius dokumentus ir aiškiai rašyti.

Kalbėdami apie statybą, kaip apie lietuviško identiteto klausimą, turime plėsti savo žinias apie žaliąją statybą, kelti kompetencijas per aukštąsias mokyklas, išugdant kartą, kuri bus konkurencinga ateityje. Akivaizdu, kad nedelsiant reikia tobulinti studentų ir dėstytojų kompetencijas sprendžiant tvarumo problemas, įgyvendinant komandinį darbą, naujovišką mąstymą, motyvaciją, šviesti visus dalyvius (studentus, mokytojus, verslininkus) tvarios, našios hibridinės medienos pastatų statybos srityje.

LITERATŪRA

1. Bas J. van Ruijven, Detlef P. van Vuuren, Boskaljon, W., Maarten L. Neelis, Saygin, D., Martin K. Patel. Long-term model-based projections of energy use and CO₂ emissions from the global steel and cement industries, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 112, 2016, Pages 15-36, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.04.016>.
2. Buildings and construction. European Commission website. [žiūrėta 2022-02-19]. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/buildings-and-construction_en
3. Churkina, G., Organschi, A., Reyer, C.P.O. *et al.* Buildings as a global carbon sink. *Nat Sustain* **3**, 269–276 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4>
4. Ernur Akiner, M., Akiner, I., Akiner, N., Zileska-Pancovska V. Using wood as a new generation building material in the context of sustainable development. *Zastita Materijala* 63(1):68-78. DOI: [10.5937/zasmat2201068A](https://doi.org/10.5937/zasmat2201068A)
5. Kremer, P.D., Symmons, M.A. Mass timber construction as an alternative to concrete and steel in the Australia building industry: a PESTEL evaluation of the potential, *International Wood Products Journal*, 6:3, 2015. 138-147, DOI: [10.1179/2042645315Y.0000000010](https://doi.org/10.1179/2042645315Y.0000000010)
6. Lietuvos bioekonomikos plėtros galimybių studija. [žiūrėta 2022-03-20]. Prieiga per internetą: [https://eimin.lrv.lt/uploads/eimin/documents/files/Inovacijos/bioekonomikos%20studija/Lietuvos%20Bioekonomikos%20studija_LT\(1\).pdf](https://eimin.lrv.lt/uploads/eimin/documents/files/Inovacijos/bioekonomikos%20studija/Lietuvos%20Bioekonomikos%20studija_LT(1).pdf) Akademija, Kauno r., 2017. ISBN 978-609-449-125-2
7. Mažų ir vidutinių įmonių kompetencijų poreikio siekiant pasiruošti ir įveikti pramonė 4.0 iššūkius analizė. 2020. [žiūrėta 2022-02-25]. Prieiga per internetą: <https://www.esf.lt/data/public/uploads/2020/07/mvi-kompetenciju-poreikio-siekiant-pasiruosti-ir-iveikti-pramone-4.0-iss....pdf>
8. Mjostarnet [žiūrėta 2022-03-19]. Prieiga per internetą: <https://www.moelven.com/mjostarnet/>
9. Oladazimi, A., Mansour, S., Hosseinijou, S.A. Comparative Life Cycle Assessment of Steel and Concrete Construction Frames: A Case Study of Two Residential Buildings in Iran. *Buildings* **2020**, *10*, 54. <https://doi.org/10.3390/buildings10030054>
10. Sathre, R., O'Connor, J. Meta-analysis of greenhouse gas displacement factors of wood product substitution. *Environmental Science & Policy*, Volume 13, Issue 2, 2010, Pages 104-114, ISSN 1462-9011, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.12.005>.
11. Žemaitis, P., Linkevičius, E., Aleinikovas, M., Tuomasjukka, D. Sustainability impact assessment of glue laminated timber and concrete-based building materials production chains – A Lithuanian case study, *Journal of Cleaner Production*, Volume 321, 2021, 129005, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129005>.
12. 2030 climate & energy framework. [žiūrėta 2022-02-12]. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework_lt

ANALYSIS OF REQUIRED COMPETENCIES FOR LITHUANIAN TIMBER STRUCTURE CONSTRUCTION AND DESIGN COMPANIES

Summary

In order to conserve nature and create a sustainable environment, architects and engineers increasingly combine wooden structures with supporting reinforced concrete or metal structures, design sustainable hybrid wooden buildings, although higher education in Lithuania pays more attention to steel and concrete structures and the design of low-rise wooden buildings. In order to meet the needs of the current and future labor market, it is necessary to prepare specialists with applied skills in the design and construction of hybrid wooden buildings.

In order to answer the question of what competencies of students need to be developed in the field of sustainable, high-performance hybrid wood construction design and construction, 30 Lithuanian wood product design and production companies were surveyed. The results of the surveys provide an opportunity to understand the current needs of the timber market, i.e. what competencies of graduates are necessary in the wood construction industry and directly contribute to the development of a teaching strategy. The survey was carried out under the European Union-funded project “Sustainable, High-Performance Hybrid Wooden Building (HiTCH)”. This article presents the approach of companies engaged in the construction of wooden buildings, the production and design of wooden structures to the competencies of specialists.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Lolita Dalbokaitė

Mokslo laipsnis ir vardas:-

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Architektūra, šiuolaikinė statyba.

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

Autoriaus vardas, pavardė: Rosita Norvaišienė

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktarė.

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

Autoriaus moksliniai interesai: tvari statyba, energijos vartojimo efektyvumas, statybinių medžiagų tyrimai.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 603 00508, rosita.norvaisiene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Lolita Dalbokaitė

Science degree and name:

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

Author’s research interests: architecture, modern construction

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

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Rosita Norvaišienė

Science degree and name: Doctor of Philosophy

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, Construction Engineering department, Associate Professor

Author’s research interests: sustainable construction, energy efficiency, testing of building materials.

Telephone and e-mail address: 8 603 00508, rosita.norvaisiene@edu.ktk.lt

TRANSPORTO SRAUTŲ REGULIAVIMO INŽINERINIŲ SPRENDIMŲ ANALIZĖ

Linas Bražionis, Regina Motienė

Kauno technikos kolegija

Anotacija

Keičiantis visuomenės poreikiams ir kelių transporto priemonėms, suprantama, kad turi keistis ir kelių infrastruktūra. Automobilių keliai projektuojami taip, kad jais būtų patogiu ir saugu judėti įkalnėse, tiesiame kelyje, nuokalnėse, bei posūkiuose. Augant transporto srautams važiuojamas žvyrkeliais kelia nepatogumų vairuotojams, sunkina eismo sąlygas, kelia didelį triukšmą, teršia aplinką bei mažina eismo saugumą (Automobilių keliai. Kelių techninis reglamentas KTR 1.01:20080. Sprendžiant transporto judėjimo problemą, buvo atlikta transporto srautų reguliavimo inžinerinių sprendimų analizė ir daugiakriterinis jų vertinimas, esant skirtingam vertinimo kriterijų reikšmingumui (VŠĮ transporto agentūra).

Reikšminiai žodžiai. Entropinis ekspertinis vertinimo būdas, porinis ekspertinis vertinimo būdas, daugiakriterinis vertinimo būdas, kelio rekonstravimas.

Įvadas

Subalansuotas kelių transportas vaidina gyvybiškai svarbų vaidmenį Europos ekonomikoje ir visuomenėje. Kelių transporto sektorius įtraukia plačią pramonės ir paslaugų įmonių įvairovę kuriančią infrastruktūrą, organizuojančią eismą, ryšių technologijas ir kitas paslaugas. Kelių transportas, kartu su kitomis transporto rūšimis, užtikrina žmonių ir prekių judumą, sukuria jungtis, kurios sudaro sąlygas plėtoti glaudžius socialinius, regioninius ir ekonominius ryšius. Įgyvendinant įvairius projektus prieš tai svarbu atlikti tyrimus, grindžiamus inžineriniais sprendimais. VŠĮ Transporto kompetencijų agentūros duomenimis, įgyvendinama infrastruktūros plėtros projektus, stengiasi užtikrinti aukščiausios kokybės standartus, todėl visus teikiamus sprendinius, jų efektyvumą patikrina naudodama transporto srautų modeliavimą. Siekiant sukurti realią situaciją atspindintį modelį, labai svarbus atlikti išsamius transporto srautų tyrimus. Gerai atlikti tyrimai ir geri modeliavimo rezultatai leidžia parinkti tinkamiausius sprendimus ir išspręsti susidariusias problemas kelio ruože (VŠĮ transporto agentūra).

Tyrimo objektu pasirinktas transporto srautų reguliavimas rekonstruojant kelią. Tyrime suformuluota problema - koks optimalus transporto srautų reguliavimo variantas būtų parinktas kelio rekonstravimo metu, norint pagerinti autotransporto judėjimo ir susisiekimo sąlygas ir užtikrinti eismo saugumą? O keliamas tyrimo tikslas - atlikus transporto srautų reguliavimo variantų analizę, nustatyti racionalų sprendimą.

Realizuojant iškeltą tikslą, tyrimas atliktas prisilaikant tokių etapų: 1- Remiantis statistiniais duomenimis nustatomas transporto priemonių intensyvumas, pasirenkami galimi rekonstruojamo kelio transporto srautų reguliavimo variantai 2- įvertinti svarbiausi aspektai ir sudaryta vertinimo kriterijų sistema; 3- apskaičiuotas subjektyvus ir teorinis kriterijų reikšmingumai; 4- taikant daugiakriterinio vertinimo metodą, nustatytas racionalus transporto srautų reguliavimo sprendimas (Šileikaitė, 2017: 104).

Tyrimo metodai:

1. Daugiakriterinis naudingumo vertės metodas taikomas nustatyti racionaliausią transporto srautų reguliavimo varianto sprendimą pagal pasirinktus kriterijus (Šileikaitė, 2017: 104).
2. Entropijos metodas taikomas nustatant transporto srautų reguliavimo alternatyvių projektinių sprendimų vertinimo kriterijų teorinį reikšmingumą.
3. Ekspertinis porinio palyginimo metodas taikomas subjektyvaus kriterijų reikšmingumo nustatymui.

Alternatyvių kelio rekonstrukcijos sprendimų analizė

Norint priimti racionalų šiame kelyje transporto srauto reguliavimo sprendimą reikia tarpusavyje palyginti galimų kelio apvažiavimo variantų vertinimo kriterijų skaitines reikšmes. Tam geriausiai tinka daugiakriteriniai metodai (Šileikaitė, 2017: 104).

Šioje tyrimo dalyje pateikiama galimų transporto srauto reguliavimo kelyje sprendimų analizė ir daugiakriterinis jų vertinimas, esant skirtingam vertinimo kriterijų reikšmingumui (Šileikaitė, 2017: 104).

Tam tikslui pasiekti parinkti trys rekonstruojamo kelio galimi transporto srauto reguliavimo variantai:

1. Transporto srauto nukreipimas aplinkkeliu (A1) 2. Važiavimas esamu keliu naudojant šviesoforus (A2) 3. Surenkamas laikinas kelias (A3).

Norint pasirinkti geriausią variantą naudojami analitinio skaičiavimo metodai: Entropinis ekspertinis vertinimo būdas; Porinis ekspertinis vertinimo būdas; Daugiakriterinis vertinimo būdas.

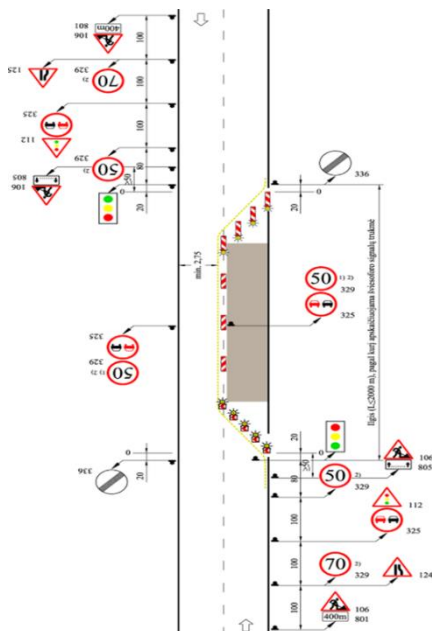
1variantas – transporto srauto nukreipimas aplinkkeliu (1 pav.). Žvyrkeliu eismas paprastai vyksta ištisus metus, bet kokiomis transporto priemonėmis. Kelio danga sudrėkusi nepatvėryta, todėl lietus itin

ženkliai nemažina kelio pravažumo. Tačiau žvyrkelio projektinis greitis yra mažesnis nei leistinas užmiestyje (50–70 km/h). Be to, priklausomai nuo kelio priežiūros, meteorologinių ir geologinių ypatybių važiavimas žvyrkeliu gali kelti papildomų nepatogumų.



1 pav. Transporto srauto nukreipimas aplinkkeliu
Šaltinis: sudaryta autorių

2 variantas - statybos objekte eismas bus reguliuojamas naudojantis šviesoforais (2 pav.). Vienas iš naudojamų variantų rekonstruojamame objekte transporto srautai bus reguliuojami šviesoforu. Visas eismas reguliuojamas šviesoforais valdomas pagal esamus transporto srautus (adaptyviai), kad būtų kuo efektyviau išnaudojamas laikas rekonstruojamame objekte ir transporto srautų pralaidumas būtų kuo didesnis. Taip pat nuolat atliekami eismo situacijų stebėjimai, vertinimai, o gavus atliktų analizių rezultatus vykdomi šviesoforų reguliavimo ir valdymo programų pakeitimai.



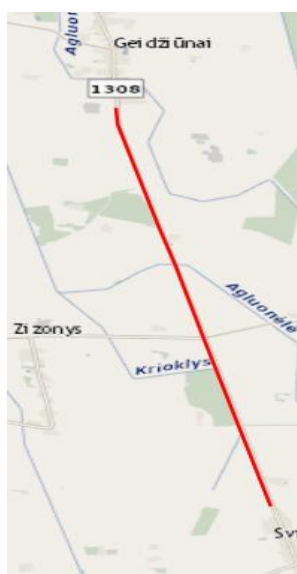
2 pav. Važiavimas esamu keliu naudojant šviesoforus
Šaltinis: Automobilių kelių darbo vietų aptvėrimo ir eismo reguliavimo taisyklės DVAER 12

3 variantas – Surenkamas laikinas kelias (3 pav.). Pasirinkta iš „Tuff-Trak“ tipo dangos surenkamas laikinas kelias <https://www.topra.lt/tufftrak>.

Ši danga yra greitai surenkama ir paruošiama eksploatuoti. Įvairios jungties galimybės, skirtos skirtingoms žemės ar grunto sąlygoms. Šių plokščių paviršius turi specialų gruoblėtą paviršių kuris iš esmės pagerina purvo pasklidimą, sumažina pavojus nuo transporto priemonės slydimo. Šios plokštės tinka tiek trumpalaikiam naudojimui tiek ilgalaikiam transporto priemonių judėjimui.

Tai puikus žemės apsaugos sprendimas tinkantis įvairiose situacijose, kai reikalinga greitai ir efektyviai išspręsti laikino kelio klausimą.

Norint išsaugoti augalinį sluoksnį reikia tiesiog jį nuimti ir jau galima tiesti šią specialią dangą. Laikinos dangos specifikacijos: dangą yra ypač tvirta pagaminta iš 100% didelio tankio plastmasės, atspari didelėms apkrovoms. Plotis 2,5 m., ilgis 3m, storis 3,8 cm. Dangą yra surenkama iš skirtingų segmentų, vienos plokštės kaina 52,8 Eur. 50 metrų laikino kelio kainuoja - 880 Eur.



3 pav. Laikino kelio vieta
Šaltinis: sudaryta autorių



4 pav. Laikino kelio įrengimas panaudojant „Tuff-Trak“ tipo surenkamą dangą
Šaltinis: <https://www.topra.lt/tufftrak>

Alternatyvių kelio rekonstrukcijos sprendimų vertinimas

Norint įvertinti transporto srauto reguliavimo sąlygas pasirinktas daugiakriterinis naudingumo vertės metodas. Vertinimo kriterijai yra išreiškiami skaičiais, turi matavimo vienetus ir reikšmingumą. Kriterijų reikšmingumas nustatomas, taikant teorinį Entropijos ir ekspertinį porinio palyginimo metodus (Šileikaitė, 2017: 104).

Vertinimo kriterijų sistemos parinkimas ir jų reikšmių skaičiavimas. Transporto srauto reguliavimo sprendimams įvertinti, sudaryta tokia vertinimo kriterijų sistema: kaina (K1), laikas pravažiuojant (K2), įrengimo laikas (K3) ir sudėtingumas (K4).

Kaina (K1), Eurais – yra vienas iš svarbiausių kriterijų užsakovui pasirenkant tiesimo variantą. Laikas pravažiuojant (K2), min. – kriterijus nurodantis per kiek laiko nuvažiuojama rekonstruojant kelią. Įrengimo

laikas (K3), val. – tai kriterijus, nurodantis per kiek laiko įrengiamas transporto apvažiavimo sprendimas. Sudėtingumas (K4), - tai kriterijus, kuris parodo apvažiavimo įrengimo sudėtingumą.

Gautos kriterijų skaitinės reikšmės pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė

Kriterijų skaitinės reikšmės

Alternatyvūs sprendimai	Kriterijai	K1 Kaina Eurais	K2 Laikas pravažiuojant min.	K3 Įrengimo laikas val.	K4 Sudėtingumas
Transporto sruto nukreipimas aplinkkeliu (A ₁)		420	16,92	0,45	Lengvas 1
Važiavimas esamu keliu naudojant šviesoforus (A ₂)		3610	12,73	1	Vidutinis 2
Laikino kelio įrengimas panaudojant „Tuff-Trak“ dangą (A ₃)		3520	6,42	5	Sunkus 3
Optimalumas		min	min	min	min

Šaltinis: sudaryta autorių

Kriterijų reikšmingumo nustatymas, taikant teorinį Entropijos metodą. Pirmiausiai nustatomas transporto sruto reguliavimo alternatyvių projektinių sprendimų vertinimo kriterijų teorinis reikšmingumas, taikant Entropijos metodą. Žemiau pateikta taikomo metodo algoritmas, skaičiavimo formulės ir jų paaiškinimai. Pradiniai duomenys pateikti 2 lentelėje

2 lentelė

Pradinių duomenų matrica

Matrica P					
Variantai	Kriterijai	K1	K2	K3	K4
A ₁		420	16,92	0,45	1
A ₂		3610	12,73	1	2
A ₃		3520	6,42	5	3
ΣX _{ij}		7550	36,07	6,5	6

Pradinių duomenų matricą P reikia normalizuoti į matricą P̄.

Matricos normalizavimui naudojama formulė:

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

$$\overline{P}_{11} = \frac{420}{7550} = 0,055; \quad \overline{P}_{21} = \frac{16,92}{36,07} = 0,469; \quad \overline{P}_{31} = \frac{0,45}{6,45} = 0,069; \quad \overline{P}_{41} = \frac{1}{6} = 0,166;$$

$$\overline{P}_{12} = \frac{3610}{7550} = 0,478; \quad \overline{P}_{22} = \frac{12,73}{36,07} = 0,353; \quad \overline{P}_{32} = \frac{1}{6,45} = 0,155; \quad \overline{P}_{42} = \frac{2}{6} = 0,333;$$

$$\overline{P}_{13} = \frac{3520}{7550} = 0,466; \quad \overline{P}_{23} = \frac{6,42}{36,07} = 0,178; \quad \overline{P}_{33} = \frac{5}{6,45} = 0,775; \quad \overline{P}_{43} = \frac{3}{6} = 0,5.$$

čia \overline{P}_{ij} – elemento, kurio eilutė yra i o stulpelis j, normalizuotas pavidas; x_{ij} - elementas kurio eilutė i, o stulpelis j; i – matricos eilutė; j – matricos stulpelis.

Normalizuotos reikšmės surašomos į normalizuotą matricą \overline{P} (3 lentelė)

3 lentelė

Normalizuota matrica

Matrica \overline{P}				
Kriterijai	Variantai	A1	A2	A3
	K ₁	0,055	0,478	0,466
	K ₂	0,469	0,353	0,178
	K ₃	0,069	0,155	0,775
	K ₄	0,166	0,333	0,5

Nustatomas visų kriterijų entropijos lygis E_j.

$$E_j = -k \times \sum_{i=1}^m \overline{P_{ij}} \times \ln \overline{P_{ij}} \quad (2)$$

$$k = \frac{1}{\ln m} = \frac{1}{\ln 3} = 0,91$$

čia E_j – Entropijos lygis; k – koeficientas, kuris priklauso nuo eilučių skaičiaus (m); P_{ij} – elemento, kurio eilutė yra i o stulpelis j , normalizuotas pavidalas.

$$E_1 = -0,91 \times (0,055 \cdot \ln(0,055) + 0,478 \cdot \ln(0,478) + 0,466 \cdot \ln(0,466)) = 0,79;$$

$$E_2 = -0,91 \times (0,469 \cdot \ln(0,469) + 0,353 \cdot \ln(0,353) + 0,178 \cdot \ln(0,178)) = 0,937;$$

$$E_3 = -0,91 \times (0,069 \cdot \ln(0,069) + 0,155 \cdot \ln(0,155) + 0,775 \cdot \ln(0,775)) = 0,61;$$

$$E_4 = -0,91 \times (0,166 \cdot \ln(0,166) + 0,333 \cdot \ln(0,333) + 0,5 \cdot \ln(0,5)) = 0,92.$$

Pagal entropijos lygį, nustatau visų kriterijų kitimo lygį d_j . Šis lygis nustatomas pagal formulę:

$$d_j = 1 - E_j \quad (3)$$

čia d_j – kriterijų kitimo lygis; E_j – Entropijos lygis.

$$d_1 = 1 - 0,79 = 0,208;$$

$$d_2 = 1 - 0,937 = 0,062;$$

$$d_3 = 1 - 0,61 = 0,388;$$

$$d_4 = 1 - 0,92 = 0,08;$$

$$\Sigma = 0,738.$$

Teorinio kriterijų reikšmingumo nustatymas. Teorinis kriterijų reikšmingumas nustatomas pagal formulę:

$$q_j^{(t)} = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (4)$$

čia $q_j^{(t)}$ – teorinis kriterijų reikšmingumas; d_j – kriterijų kitimo lygis.

$$Q_1^{(t)} = \frac{0,208}{0,738} = 0,281 \quad (28,1\%)$$

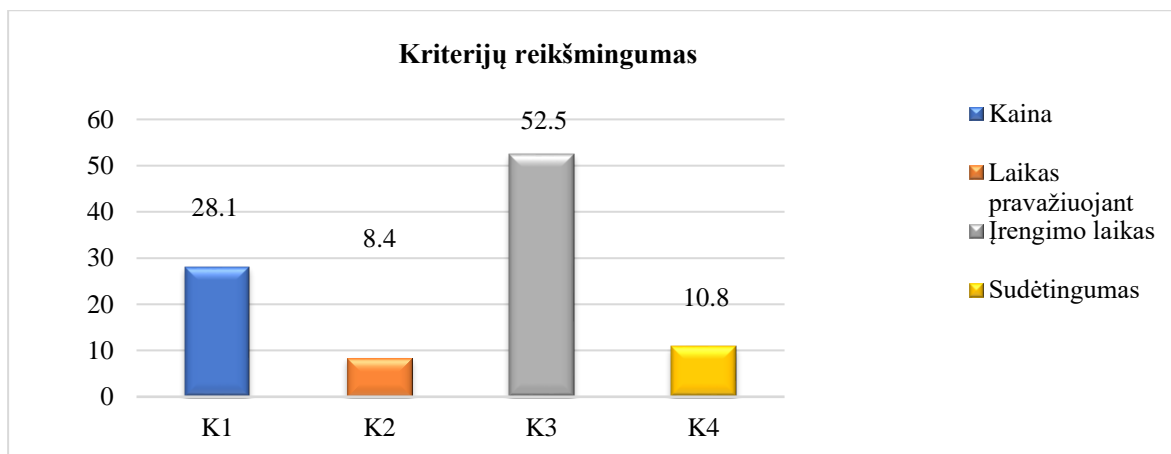
$$Q_2^{(t)} = \frac{0,062}{0,738} = 0,084 \quad (8,4\%)$$

$$Q_3^{(t)} = \frac{0,388}{0,738} = 0,525 \quad (52,5\%)$$

$$Q_4^{(t)} = \frac{0,08}{0,738} = 0,108 \quad (10,8\%)$$

$$Q_3 > Q_1 > Q_4 > Q_2$$

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



5 pav. Kriterijų reikšmingumas
Šaltinis: sudaryta autorių

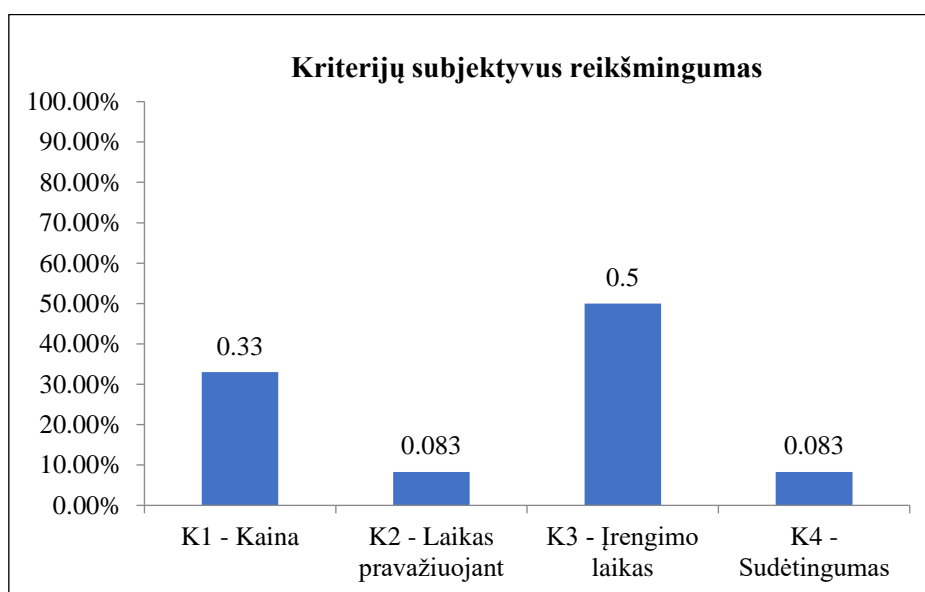
Apskaičiavus kelių apvažiavimo teorinį kriterijų reikšmingumą ir taikant Entropijos metodą, galime teigti jog nagrinėtų kelių rekonstrukcijų pagrindinis ir svarbiausias kriterijus yra įrengimo laikas (52,5%) , sekantis pagal svarbumą kriterijus – Kaina (28,1%) , toliau – Sudėtingumas (10,8%), mažiausias pagal svarbumą – Laikas pravažiuojant objektą (9,5%).

Nustatant transporto srauto reguliavimo vertinimo kriterijų subjektyvų reikšmingumą, taikytas porinio palyginimo metodas, pagal pateiktą kriterijų prioritetų eilutę: $K_1 > K_2 > K_3 > K_4$. Kriterijai yra surašomi į matricą, kiekvienam kriterijui yra priskiriamas balas iš intervalo (0;2) skaičius. Pildant matricą svarbiausiam kriterijui yra priskiriama skaičius 2 lyginant jį su kitu kriterijumi, o kitam kriterijui priskiriama skaičius 0. Jeigu abu kriterijai yra vienodai svarbūs jiems abiem skiriama po 1 balą. Gauti rezultatai pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė

Vertinimo kriterijų subjektyvus reikšmingumas

Kriterijai	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	q_j	%
K ₁ – Kaina	-	2	0	2	0.3	33,
K ₂ – Laikas pravažiuojant	0	-	0	1	0,0	8,3
K ₃ – Įrengimo laikas	2	2	-	2	0,5	50
K ₄ - Sudėtingumas	0	1	0	-	0,0	8,3
			Σ		1	100



6 pav. Kriterijų subjektyvus reikšmingumas
Šaltinis: sudaryta autorių

Apskaičiavus subjektyvų kriterijų reikšmingumą galime teigti, kad svarbiausias kriterijus K_3 – įrengimo laikas, kurio reikšmingumas 50 %. Sekantis kriterijus K_1 – Kaina, kurio reikšmingumas 33 %, kriterijų K_2 ir K_4 reikšmės yra vienodos 8,33 %.

Taikant daugiakriterinį naudingumo vertės metodą racionalus inžinerinis sprendimas nustatomas, tokia seka: (Šileikaitė, 2017: 104).

Parengiama pradinė duomenų matrica į kurią surašomi nustatyti kriterijų duomenys 5 lentelėje.

Panaikinamos matavimo dimensijos ir suvienodinamas duomenų intervalas. Normalizavimas atliekamas, taikant tiesinį normalizavimą naudojant šias formules:

$$\text{Kai kriterijus maksimizuojamas naudojama ši formulė } P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\max_{ij}} \quad (5)$$

$$\text{Kai kriterijus minimizuojamas naudojama ši formulė } P_{ij} = \frac{\min_{ij}}{X_{ij}} \quad (6)$$

čia P_{ij} - normalizuojamos matricos narys; X_{ij} - Pradinės duomenų matricos narys kuris normalizuojamas; \max_{ij} , \min_{ij} - maksimali arba minimali normalizuojamo kriterijaus reikšmė.

Skaičiavimo rezultatai pateikiami 5 lentelėje.

5 lentelė

Sprendimų naudingumas, neįvertinus kriterijų reikšmingumo

Matrica P						
Kriterijai	Variantai	A1	A2	A3	Kriterijų optimalumas	Geriausia reikšmė
	K_1		420	3610	3520	Min
K_2		16,92	12,73	6,42	Min	6,42
K_3		0,45	1	5	Min	0,45
K_4		1	2	3	Min	1

6 lentelė

Matrica \bar{P}

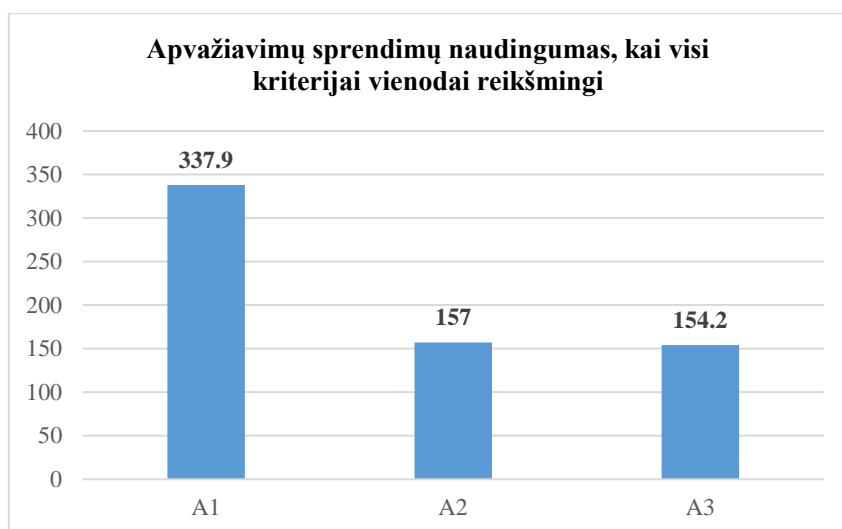
Matrica \bar{P}				
Kriterijai	Variantai	A1	A2	A3
	K_1		1	0,116
K_2		0,379	0,504	1
K_3		1	0,45	0,09
K_4		1	0,5	0,333

7 lentelė

Matrica C

Matrica C				
Kriterijai	Variantai	A1	A2	A3
	K_1		100	11,6
K_2		37,9	50,4	100
K_3		100	45	9
K_4		100	50	33,3
	Σ	337,9	157	154,2

Visų gautų rezultatų reikšmės pateikiamos grafiškai 7 paveiksle.



7 pav. Transporto srauto reguliavimo sprendimų naudingumas, kai visi kriterijai vienodai reikšmingi
Šaltinis: sudaryta autorių

A1>A2>A3 Geriausias transporto srauto reguliavimo sprendimų naudingumas, kai visi kriterijai vienodai reikšmingi yra A1 (transporto srauto nukreipimas aplinkkeliu).

Apskaičiuojamos kriterijų vertės balais, įvertinant teorinį ir subjektyvų kriterijų reikšmingumus. Tam tikslui kiekviena kriterijaus naudingumo reikšmė dauginama iš kriterijaus reikšmingumo. Sudaromos naujos matricos $\bar{C} * \bar{q}$ ir $\bar{C} * \bar{q}_t$. (8 lentelė., 9 lentelė).

8 lentelė

Kriterijų naudingumas, įvertinus teorinį reikšmingumą

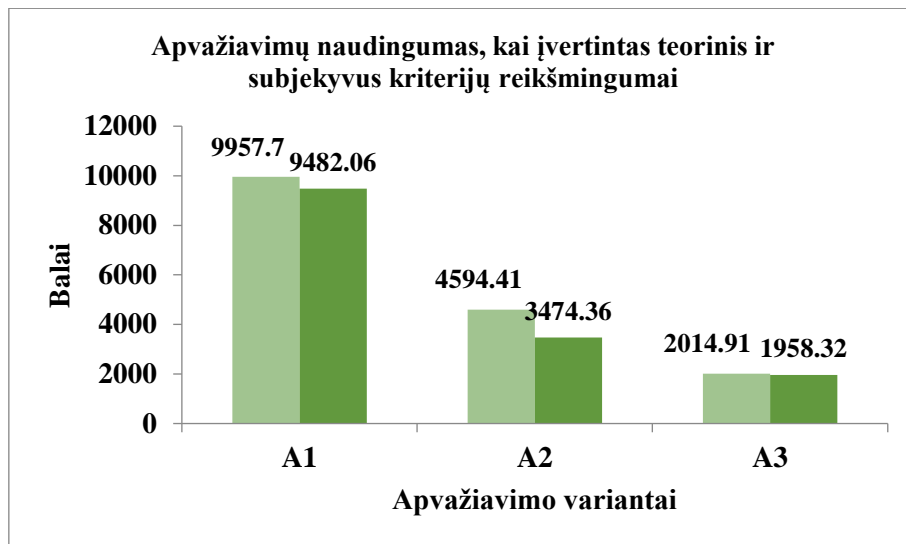
Matrica C				q(t), %	Matrica C _{xd(t)}		
Kriterijai Alternatyvos	A ₁	A ₂	A ₃		A1	A2	A3
K₁	100	11,634	11,931	28,25	2802,21	328,69	337,1
K₂	37,943	50,432	100	8,47	321,33	427,1	846,88
K₃	100	45	9	52,54	5253,56	2364,1	472,82
K₄	100	50	33,333	10,74	1074,34	537,17	358,11
				Σ	9957,7	4594,41	2014,91

9 lentelė

Kriterijų naudingumas, įvertinus subjektyvų reikšmingumą

Matrica C				q, %	Matrica C _{xd}		
Kriterijai Alternatyvos	A ₁	A ₂	A ₃		A1	A2	A3
K₁	100	11,634	11,931	33,33	3333	387,76	397,66
K₂	37,943	50,432	100	8,33	316,06	420,1	833
K₃	100	45	9	50,0	5000	2250	450
K₄	100	50	33,333	8,33	833	416,5	277,66
				Σ	9482,06	3474,36	1958,32

Sudaromos transporto srauto reguliavimo variantų prioritetų eilutės ir rezultatai pateikiami grafiškai (8 pav.).



8 pav. Transporto srauto reguliavimo naudingumas, kai įvertintas teorinis ir subjektyvus kriterijų reikšmingumai

Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados

1. Išanalizavus alternatyvius kelio rekonstrukcijos transporto srauto reguliavimo sprendinius ir atlikus daugiakriterinį jų vertinimą nustatyta, kad svarbiausias kriterijus yra K1 (Kaina Eur/T).

2. Atlikus daugiakriterinį transporto srauto reguliavimo sprendimų vertinimą, kai įvertintas teorinis reikšmingumas, svarbiausias kriterijus - įrengimo laikas (35,2%), įvertinus subjektyvų kriterijų reikšmingumą, svarbiausias kriterijus – kaina (50 %).

3. Įvertintus teorinį ir subjektyvų kriterijų reikšmingumus nustatyta, kad geriausias variantas A1 (transporto srauto nukreipimas aplinkkeliu).

Literatūra

1. Automobilių keliai. Kelių techninis reglamentas KTR 1.01:2008. Patvirtintas 2008 m. sausio 9 d. įsakymu Nr. D1-11/3-3.
2. Automobilių kelių žemės darbų atlikimo ir žemės sankasos įrengimo taisyklės (IT ŽS 17). Patvirtintos 2017 m. balandžio 3 d. įsakymu Nr. V-111
3. Automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklės KPT SDK 19. Patvirtintos 2019 m. sausio 25 įsakymu Nr. V-16.
4. Automobilių kelių mineralinių medžiagų techninių reikalavimų aprašas TRA MIN 07. Patvirtintas 2007 m. sausio 30 d. įsakymu Nr. V-16.
5. Automobilių kelių mineralinių medžiagų mišinių naudojamų sluoksniams be rišiklių techninių reikalavimų aprašas TRA SBR 07. Patvirtintas 2019 m. gruodžio 20 d. įsakymu Nr. V-191.
6. Automobilių kelių dangos konstrukcijos sluoksnių be rišiklių įrengimo taisyklės IT SBR 07. Patvirtintos 2007 m. sausio 30 d. įsakymu Nr. V-18.
7. Automobilių kelių asfalto mišinių techninių reikalavimų aprašas TRA ASFALTAS 08. Patvirtintas 2009 m. sausio 12 d. įsakymu Nr. V-15.
8. Automobilių kelių dangos konstrukcijos asfalto sluoksnių įrengimo taisyklės IT ASFALTAS 08. Patvirtintos 2009 m. sausio 12 d. įsakymu Nr. V-16.
9. Automobilių kelių transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemų projektavimo taisyklės KPT TAS 09 Patvirtintos 2010 m. sausio 7 d. įsakymu Nr. V-8.
10. Automobilių kelių darbo vietų aptvėrimo ir eismo reguliavimo taisyklės DVAER 12. Patvirtintos 2012 m. balandžio 16 d. įsakymu Nr. V-87.
11. Automobilių kelių vertikaliųjų kelio ženklų įrengimo taisyklės IT VŽ 14. Patvirtintos 2014 m. kovo 7 d. įsakymu Nr. V-81.
12. Kelių horizontaliojo ženklinimo taisyklės. Patvirtintos 2012 m. sausio 31 d. įsakymu Nr. 3-82.
13. Kelio ženklų atramų parinkimo, projektavimo ir įrengimo taisyklės PIT KŽA 08. Patvirtintos 2008 m. rugsėjo 29 d. įsakymu Nr. V-298.
14. Kelio ženklų įrengimo ir vertikalojo ženklinimo taisyklės. Patvirtintos 2012 m. sausio 31 d. įsakymu Nr. 3-83.
15. Lietuvos automobilių kelių direkcija. Valstybinės reikšmės kelių priežiūra ir plėtra 2019–2035 metais [žiūrėta 2022 05 12]. Prieiga per internetą <https://bit.ly/2wsnPHt>
16. Lietuvos Respublikos kelių įstatymas. Įstatymas paskelbtas: Žin. 1995, Nr. 44-1076, i. k. 0951010ISTA000I-891 Nauja redakcija nuo 2002-10-23:Nr. IX-1113, 2002-10-03, Žin. 2002, Nr. 101-4492 (2002-10-23), i. k.

1021010ISTA0IX. Kelių įstatymo Nr. I-891 17 straipsnio pakeitimo įstatymas. Patvirtintas 2020 m. lapkričio 10 d. Nr. XIII-3421.

17. Tuff-Trak tipo surenkama danga [žiūrėta 2022 05 10]. Prieiga per internetą: <https://www.topra.lt/tufftrak>., <https://www.baltic-roads.com/lt/produktas/>.
18. Šileikaitė, I. Daugiakriteris inovacijų vertinimo modelis statyboje ir jo taikymas. (Magistro darbas).- VGTU, 2017, 104 p. Prieiga per internetą: <https://vb.vgtu.lt/object/elaba:22826293>.
19. VšĮ transporto agentūra. [žiūrėta 2022 04 22]. Prieiga per internetą: <https://tka.lt/oro-transportas/>.

ANALYSIS OF ENGINEERING SOLUTIONS FOR TRAFFIC FLOW REGULATION

Summary

As the needs of society and road vehicles change, it is clear that road infrastructure must also change. Roads are designed to be comfortable and safe to drive on straight roads, slopes and turns. As traffic flows increase, driving on gravel roads causes inconvenience to drivers, aggravates traffic conditions, causes excessive noise, pollutes the environment and reduces traffic safety. In order to solve the problem of traffic movement, the analysis of the selection of asphalt mixtures and their multi-criteria evaluation was performed, with different significance of the evaluation criteria.

Key words. Entropy approach, paired comparison approach, multi-criteria assessment method, road reconstruction.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Regina Motienė

Mokslų laipsnis ir vardas: inžinierė, lektorė

Darbo vieta 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

Autoriaus vardas, pavardė: Linas Bražionis

Mokslų laipsnis ir vardas: studentas

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, kelių inžinerijos programa

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Kelių inžinerijos programa

Telefonas ir el. pašto adresas: +37062682838, linas.brazionis@stud.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

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

Author name, surname: Linas Bražionis

Science degree and name: Student

Workplace and position: Kaunas Technical College, Lecturer at Road engineering program

Author's research interests: road engineering

Telephone and e-mail address: +37062682838, linas.brazionis@stud.ktk.lt

ALTERNATYVIŲ ASFALTO DANGOS MIŠINIŲ PARINKIMO INŽINERINIŲ SPRENDIMŲ ANALIZĖ IR VERTINIMAS

Algirdas Virkšas, Regina Motienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Projektuojant ir rekonstruojant šiuolaikinius automobilių kelius, svarbu sudaryti ne tik geras sąlygas eismo dalyviui ir pervežimui krovinių visais metų laikais, bet ir eismas turėtų būti saugus. Keliai su savo elementais turi atitikti automobilių technines ir mechanines savybes, stabdymo intensyvumą, automobilio valdymo ypatybes. Keliai projektuojami taip, kad automobiliai galėtų saugiai judėti ir būtų užtikrintas keleivių, vairuotojų, pėsčiųjų, gyvūnų bei augalų ir mažų ekosistemų saugumas. Taip pat stengiamasi nepakeisti iš esmės esamo kraštovaizdžio toje vietovėje. Esminis eismo sąlygų tokiam kelyje pagerinimas pasiekiamas rekonstruojant kelią, todėl rekonstravimo metu būtina sudaryti sąlygas saugiai judėti transportui. Norint sužinoti kelio dangos įrengimui tinkantį, inžinerinį sprendimą buvo atlikta asfalto mišinių pasirinkimo analizė ir daugiakriterinis jų vertinimas, esant skirtingam vertinimo kriterijų reikšmingumui.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Entropinis ekspertinis vertinimo būdas, porinis ekspertinis vertinimo būdas, daugiakriterinis vertinimo būdas, kelio rekonstravimas.

Įvadas

Sparčiai augant šalies ekonomikai, didėjant automobilių skaičiui bei jų ridai, išryškėja naujos kelių plėtros tendencijos. Turizmo, verslo objektų plėtra lemia transporto srautų pokyčius. Didėjantis keliuose transporto eismo intensyvumas neišvengiamai reikalauja spartesnės transporto infrastruktūros plėtros ir modernizavimo, o kartu ir didesnių investicijų. Taigi transporto infrastruktūros gerinimas ir modernizavimas yra vienas svarbiausių ekonomikos pažangą užtikrinančių priemonių. Didėjant automobilių skaičiui, prastėja kelių būklė. Didėjantis eismo intensyvumas didina oro taršą, dažnėja transporto priemonių susidūrimas su pėsčiaisiais ir dviratinkais ir t.t. LR kelių įstatyme (www.lrs.lt) numatoma padaryti tokius kelius, kad jie tenkintų gyventojų ir autotransporto poreikius, atitiktų visus keliamus techninius, ekonominius ir ekologinius reikalavimus, būtų greitai ir patogūs.

Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos parengė ilgalaikę valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros iki 2035 m. strategiją. Joje numatytiems tikslams iki 2035 m. pasiekti reikalingas lėšų poreikis sudaro apie 11 mlrd. eurų, iš jų 6,9 mlrd. eurų – investicijos į kelių tinklo plėtrą, 1,4 mlrd. eurų – kelių priežiūrai, apie 2,4 mlrd. eurų – vietinės reikšmės keliamis, 0,2 mlrd. eurų – administravimui ir įstatymų numatytoms prievolėms vykdyti. (Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija. Valstybinės reikšmės kelių priežiūra ir plėtra 2019–2035).

Atsižvelgiant į visus veiksnius ir įtakojančias aplinkas įžvelgiama problema – koks turėtų būti priimtas inžinerinis sprendimas parenkant asfalto dangos įrengimo mišinį, norint pagerinti autotransporto judėjimo ir susisiekimo sąlygas ir užtikrinti eismo saugumą?

Tyrimo objektas - Alternatyvių asfalto dangos mišinių parinkimo analizė ir vertinimas.

Tyrimo tikslas – atlikti asfalto dangos mišinių parinkimo analizę ir daugiakriterinį vertimą.

Tyrimo uždaviniai:

1. Identifikuoti alternatyvių asfalto dangos mišinių parinkimo sprendimų variantus.
2. Atlikti alternatyvių asfalto dangos mišinių parinkimo sprendimų vertinimą.

Tyrimo metodai:

1. Daugiakriterinis naudingumo vertės metodas taikomas nustatyti racionaliausią asfalto mišinių parinkimo varianto sprendimą pagal pasirinktus kriterijus.
2. Entropijos metodas taikomas nustatant asfalto mišinių parinkimo alternatyvių projektinių sprendimų vertinimo kriterijų teorinį reikšmingumą.
3. Ekspertinis porinio palyginimo metodas taikomas subjektyvaus kriterijų reikšmingumo nustatymui.

Alternatyvių asfalto dangos mišinių parinkimo inžinerinių sprendimų analizė

Rekonstruojant kelią buvo lyginamos trys alternatyvios asfalto mišinio dangos, kurios bus analizuojamos pagal šiuos kriterijus:

1. Pagal analizuojamos asfalto dangos kainą.
2. Pagal asfalto oro tuštymetumo rodiklį
3. Pagal asfalto klojimo greitį.

Asfalto sluoksnio storis, rūšis bei tipas yra naudojamas atitinkamoms dangų konstrukcijų klasėms priklausomai nuo prognozuojamų apkrovų.

Asfaltas – tvasus, įvairių smulkių mineralinių medžiagų bei bitumo mišinys, kuris yra juodas. Asfaltbetonis išgaunamas maišant smėlį ir asfaltą tarpusavyje, kuris naudojamas kelių dangoms ar hidroizoliacijai. Natūralų asfaltą yra gana sunku atrasti, kadangi jis susidaro iš negiliai esančios naftos, kai išgaruoja lengvosios frakcijos. Todėl žmonės atrado būdą patiems jį gaminti ir taip sumažinant deficitą šių dienų paklausai.

Asfaltbetonis dažniausiai naudojamas kaip automobilių kelių tiesimo ir rekonstravimo pagrindas.

Asfalto dangos sluoksnis iš: **asfalto mišinio AC 11 VN (1 variantas)** Dangos konstrukcijos klasė: V. Asfalto markė:70/100. Asfalto mišinio AC 11 VN 70/100 kaina yra – 91,832 Eur/T (kaina su PVM) arba 75,894 Eur/T (kaina be PVM).

Asfalto dangos sluoksnis iš: **skaldos ir mastikos asfalto SMA 8 N (2 variantas)** Dangos konstrukcijos klasė : V. Asfalto markė: PMB 45/80-55. Skaldos ir mastikos asfalto SMA 8 N PMB 45/80-55 kaina yra – 124,323 Eur/T (kaina su PVM) arba 102,746 Eur/T(kaina be PVM).

Asfalto dangos sluoksnis iš: **asfalto mišinio AC 8 VN (3 variantas)** Dangos konstrukcijos klasė: V. Asfalto markė:70/100. Asfalto mišinio AC 8 VN kaina yra – 89,382 Eur/T(kaina su PVM) arba 70,6112 Eur/T (kaina be PVM).

Alternatyvių asfalto dangos mišinių parinkimo inžinerinių sprendimų vertinimas

Alternatyvių inžinerinių sprendimų vertinimą įtakoja šios dalys:

1. Vertinimo kriterijų sistemos sudarymas ir jų reikšmių skaičiavimas.
2. Vertinimo kriterijų teorinio reikšmingumo nustatymas, taikant Entropijos metodą.
3. Vertinimo kriterijų subjektyvaus reikšmingumo nustatymas, taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą.

Racionalaus inžinerinio sprendimo nustatymas, taikant daugiakriterinį naudingumo vertės metodą. Rekonstruojant kelią alternatyvių asfalto viršutinio sluoksnio sprendiniams įvertinti pasirinktas daugiakriterinis naudingumo vertės metodas, siekiant įvertinti galimus variantus pagal kokybinių ir ekonominių kriterijų sistemą. Kriterijų reikšmingumas nustatomas, taikant teorinį ir ekspertinį porinio palyginimo metodus. Alternatyvių asfalto pagrindo viršutinių dangų sprendimų vertinimui sudaroma tokia vertinimo kriterijų sistema:

Asfalto mišinio kaina (**K1**), EUR/T – tai kriterijus, nurodantis kainą eurais už toną gaminio. Kriterijaus skaitinės reikšmės paimtos iš oficialaus gamintojo „Autokausta“ kainoraščio.

Oro tuštymų kiekis (**K2**) V_{max} – tai kriterijus, parodantis koks yra leidžiamas maksimalus oro tuštymų kiekis.

Minimali asfalto temperatūra klojimo vietoje (**K3**) – norint tinkamai įrengti asfalto sluoksnius, būtina sekti asfaltbetonio temperatūrą, kad ji atitiktų reikalavimus, kitu atveju jis bus per vėsus, sustings ir neis kloti su klotuvu nei tinkamai tankinsis, matuojamas Celsijais.

Gautos kriterijų skaitinės reikšmės pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė

Kriterijų skaitinės reikšmės

Kriterijai	K1 Kaina Eur/T	K2 Oro tuštymetumo kiekis V_{max}	K3 Klojimo greitis m/h
Medžiagos			
Asfalto mišinio AC 11 VN 70/100	91,832	3,5	90
Skaldos ir mastikos asfalto SMA 8 N PMB 45/80-55	124,323	3,0	65
Asfalto mišinio AC 8 VN 50/70	70,611	3,5	85
Optimalumas	Min	Max	max

Šaltinis: sudaryta autorių

Alternatyvių projektinių sprendimų vertinimo kriterijų teorinio reikšmingumo nustatymas taikant teorinį Entropijos metodą

Vertinimo kriterijų teorinis reikšmingumas nustatomas tokia seka:

- Remiantis 1lentelėje pateiktomis kriterijų skaitinėmis reikšmėmis, sudaroma pradinių duomenų matrica P.
- Atliekamas pradinių duomenų matricos normalizavimas į bedimensinių dydžių matricą P.
- Nustatomas kiekvieno kriterijaus kritimo lygis.
- Apskaičiuojamas kriterijų teorinis reikšmingumas, sudaroma kriterijų prioritetų eilė.

- Skaičiavimo rezultatai pavaizduojami grafiškai ir pateikiamas jų apibendrinimas.

Skaičiavimo eiga:

Remiantis 1lentelėje pateikta informacija, paruošiami skaičiavimui duomenys, sudarant pradinių duomenų matricą P (2 lentelė).

2 lentelė

Pradinių duomenų matrica

Matrica P			
Kriterijai \ Variantai	K1	K2	K3
A1	91,832	3,5	90
A2	124,323	3,0	65
A3	70,611	3,5	85
ΣX_{ij}	286,766	10	240

Šaltinis: sudaryta autorių

Atliekamas pradinių duomenų matricos normalizavimas į bedimensinių dydžių matricą P. Normalizavimas atliekamas pagal formulę:

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

čia $\sum X_{ij}$ - stulpelio, kuriame yra normalizuojamas narys, suma, P_{ij} – elemento, kurio eilutė yra i o stulpelis j, normalizuotas pavidas; ij - elementas kurio eilutė i, o stulpelis j; i – matricos eilutė; j – matricos stulpelis.

$$\bar{P1} = \frac{91,832}{286,766} = 0,320; \quad \bar{P2} = \frac{3,5}{10} = 0,35; \quad \bar{P3} = \frac{90}{240} = 0,375;$$

$$\bar{P4} = \frac{124,323}{286,766} = 0,434; \quad \bar{P5} = \frac{3}{10} = 0,3; \quad \bar{P6} = \frac{65}{240} = 0,271;$$

$$\bar{P7} = \frac{70,611}{286,766} = 0,246; \quad \bar{P8} = \frac{3,5}{10} = 0,35; \quad \bar{P9} = \frac{85}{240} = 0,354;$$

Normalizuotos reikšmės surašomos į normalizuotą matricą P (3 lentelė).

3 lentelė

Normalizuotos kriterijų reikšmės

Matrica P			
Kriterijai	K1	K2	K3
A1	0,32	0,35	0,375
A2	0,434	0,3	0,271
A3	0,246	0,35	0,354

Nustatomas kiekvieno kriterijaus Entropijos lygis E_j pagal formules:

$$E_j = -k \sum p_{ij} \cdot \ln p_{ij}; \quad (2)$$

čia E_j – entropijos lygis; k – koeficientas, kuris priklauso nuo eilučių skaičiaus (m); P_{ij} – elemento, kurio eilutė yra i, o stulpelis j, normalizuotas pavidas.

$$E_1 = -0,9102 \cdot (0,32 \cdot \ln 0,32 + 0,434 \cdot \ln 0,434 + 0,246 \cdot \ln 0,246) = 0,9756$$

$$E_2 = -0,9102 \cdot (0,35 \cdot \ln 0,35 + 0,3 \cdot \ln 0,3 + 0,35 \cdot \ln 0,35) = 0,9976$$

$$E_3 = -0,9102 \cdot (0,375 \cdot \ln 0,375 + 0,271 \cdot \ln 0,271 + 0,354 \cdot \ln 0,354) = 0,9914$$

Nustatomas kiekvieno kriterijaus kitimo lygis d .

$$d_j = 1 - E_j; \quad (3)$$

$$d_1 = 1 - 0,9756 = 0,0244$$

$$d_2 = 1 - 0,9976 = 0,0024$$

$$d_3 = 1 - 0,9914 = 0,0086$$

$$\Sigma = 0,0354$$

Teorinio kriterijų reikšmingumo nustatymas. Teorinis kriterijų reikšmingumas nustatomas pagal formulę:

$$q_j^{(t)} = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (4)$$

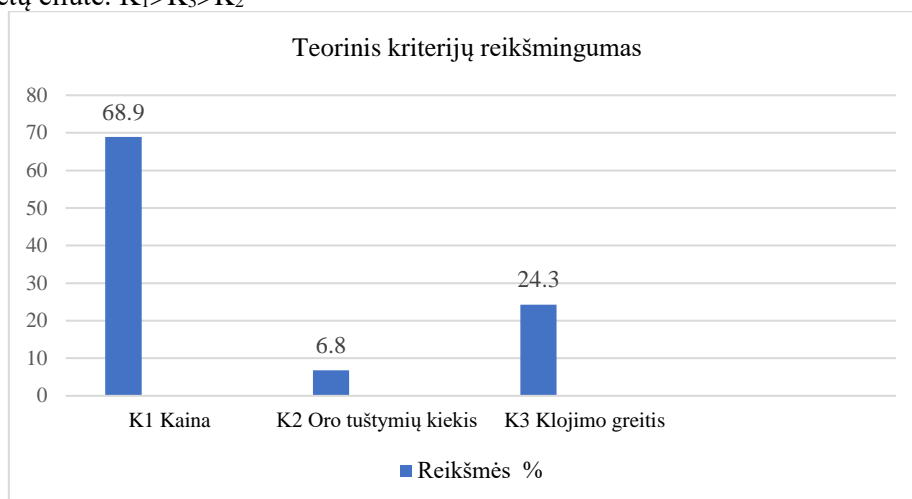
Nustatomas teorinis kriterijaus reikšmingumas q .

$$q_1 = \frac{0,0244}{0,0354} = 0,689 \quad (68.9\%)$$

$$q_2 = \frac{0,0024}{0,0354} = 0,068 \quad (6.8\%)$$

$$q_3 = \frac{0,0086}{0,0354} = 0,243 \quad (24.3\%)$$

Prioritetų eilutė: $K_1 > K_3 > K_2$



1 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas, %

Šaltinis: sudaryta autorių

Alternatyvių projektinių sprendimų vertinimo kriterijų subjektyvaus reikšmingumo nustatymas, taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą. Skaičiavimai atliekami tokia seka:

- Pasirenkama kriterijų vertinimo skalė. Dažniausiai naudojama skalė [0;2], pagal kurią svarbesniam kriterijui skiriami 2 balai, atitinkamai kitas kriterijus gauna 0 balų. Jei kriterijai maždaug vienodai svarbūs arba jų svarbos negalima nustatyti, jiems skiriama po vieną balą.
- Atliekamas kriterijų palyginimas poromis pagal pasirinktą skalę ir rezultatai surašomi į kriterijų matricą (4 lentelė).

Nustatoma asfalto dangos viršutinio sluoksnio alternatyvių projektinių sprendimų vertinimo kriterijų subjektyvus reikšmingumas, taikant porinio palyginimo metodą, pagal užsakovo pateiktą kriterijų prioritetų eilutę: $K_1 > K_3 > K_2$. Kriterijai yra surašomi į matricą, kiekvienam kriterijui yra priskiriamas balas iš intervalo [0;2] skaičius. Pildant matricą svarbiausiam kriterijui yra priskiriamas skaičius 2 lyginant jį su kitu kriterijumi, o kitam kriterijui priskiriama skaičius 0. Jeigu abu kriterijai yra vienodai svarbūs jiems abiem skiriama po 1 balą. Skaičiuojami kiekvieno kriterijaus surinkti balai, surašant juos į kriterijų matricą (4 lentelė).

4 lentelė

Vertinimo kriterijų subjektyvus reikšmingumas

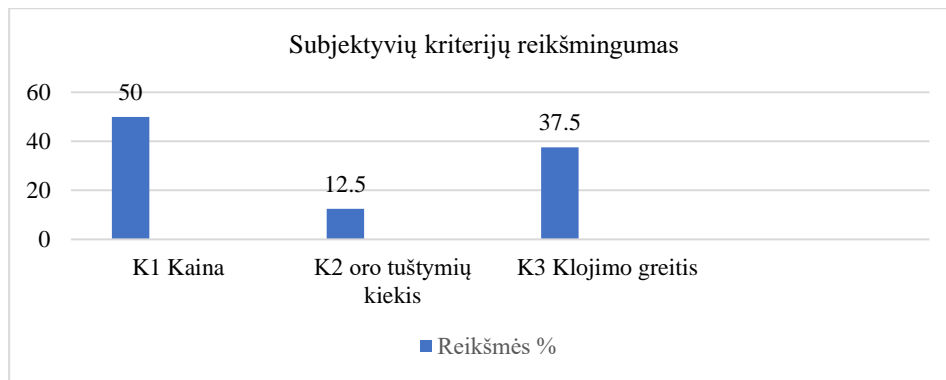
Matrica K						
Kriterijai	K1	K2	K3	Balų suma S	Q_i	%
K1	x	2	2	4	0,5	50
K2	0	x	1	1	0,125	12.5
K3	1	2	x	3	0,375	37.5
			$\sum S$	8	1,0	100

Šaltinis: sudaryta autorių

Apskaičiavus asfalto viršutinio sluoksnio alternatyvių projektinių sprendimų subjektyvų reikšmingumą, galima spręsti, jog renkantis asfalto viršutinio sluoksnio dangą svarbiausias kriterijus yra kaina, kurios reikšmingumas 67 %.

Apskaičiuojamas kiekvieno kriterijaus reikšmingumas pagal formulę: $Q_i = \frac{S_i}{\sum S}$

Sudaroma kriterijų subjektyvaus reikšmingumo prioritetų eilutė ir rezultatai pavaizduojami grafiškai.



2 pav. Variantų subjektyvus kriterijų reikšmingumas. $K1 > K3 > K2$
Šaltinis: sudaryta autorių

Alternatyvių projektinių sprendimų vertinimas, taikant daugiakriterinį naudingumo vertės metodą.

Atliekant daugiakriterinį alternatyvių projektinių sprendimų vertinimą, skaičiavimas atliekamas tokia seka:

- Sudaroma pradinių duomenų matrica P. Nustatomas kriterijų optimalumas ir surandama geriausia reikšmė. Duomenys surašomi į 5 lentelę.

5 lentelė

Pradiniai duomenys skaičiavimui ir optimalios reikšmės

	Matrica P			Kriterijų optimalumas (min ar max)	Geriausia reikšmė	Matrica P-			Naudingumo vertė C (0;10)		
	A1	A2	A3			A1	A2	A3	A1	A2	A3
K1	91,8	124,3	70,6	Min	70.6	0.77	0.57	1	7.7	5.7	10
K2	3,5	3,0	3,5	Max	3,5	1	0,86	1	10	8,6	10
K3	90	65	85	Max	90	1	0,72	0.94	10	7.2	9.4
Σ									27.7	21.5	29.4

Šaltinis: sudaryta autorių

Matrica P – atliekamas pradinių duomenų matricos P normalizavimas į bedimensinių dydžių matricą P; Maksimizuojami kriterijai normalizuojami pagal formulę :

$$\bar{P}_{i-j} = \frac{x_{i-j}}{\max_{i-j}} \quad (5)$$

čia x_{ij} – normalizuojamo kriterijaus reikšmė; \max_{ij} - optimali kriterijaus reikšmė.

Minimizuojami kriterijai normalizuojami pagal formulę:

$$\bar{P}_{i-j} = \frac{\min_{i-j}}{x_{i-j}} \quad (6)$$

čia x_{ij} – normalizuojamo kriterijaus reikšmė; \min_{ij} - optimali kriterijaus reikšmė;

Rezultatai surašomi į normalizuotą matricą P:

- Pasirenkama vertinimo skalė: pvz., [0;10], [0;100] ir didžiausiai normalizuotos matricos kriterijaus reikšmei (3lentelė) priskiriama maksimali vertinimo skalės reikšmė. Pvz.: 1→100. Kitos normalizuotos kriterijų reikšmės apskaičiuojamos pagal proporciją. Pvz.: 0,85→85, 0,72→72 ir t.t. Gauti rezultatai surašomi į kriterijų naudingumo matricą C_{ij} (4 lentelė).

- Sumuojami kiekvieno kriterijaus surinkti balai, ir užrašoma inžinerinių sprendimų prioritetų eilutė. Geriausias inžinerinis sprendimas yra tas, kurio kriterijai naudingiausi, t.y. surenka didžiausią balų sumą.

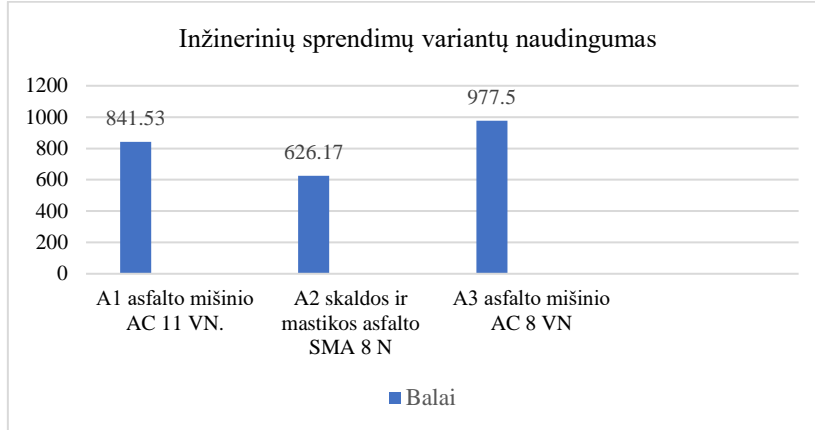
6 lentelė

Asfalto viršutinio sluoksnio sprendimų naudingumas, kai įvertintas teorinis kriterijų reikšmingumas

Alter. Krit.	Matrica C			Q, %	A1	A2	A3
	A1	A2	A3				
K1	7.7	5.7	10	0,689	530.53	392.73	689
K2	10	8,6	10	0,068	68	58.48	68
K3	10	7.2	9.4	0,243	243	174.96	228.42
Σ					841.53	626.17	985.42

Šaltinis: sudaryta autorių

A3>A1>A2 atsižvelgiant į subjektyvų, teorinį vertinimų ir daugiakriterinį vertinimo metodą matoma, jog rezultatai nepakito ir vis tiek asfalto viršutinis sluoksnis iš **asfalto mišinio AC 8 VN** yra pranašesnis.



3 pav. Asfalto viršutinio sluoksnio sprendimų naudingumas, kai įvertintas teorinis kriterijų reikšmingumas
Šaltinis: sudaryta autorių

Inžineriniu sprendimu geriausias naudingumas gaunamas varianto A1, kai nėra įvertintas kriterijų reikšmingumas. Apskaičiuojamos kriterijų vertės balais, kai įvertintas subjektyvus kriterijų reikšmingumas. Tam tikslui kiekviena kriterijaus reikšmė (balais) dauginama iš kriterijaus subjektyvaus reikšmingumo ($C_{ij} \times q_j$). Gautos reikšmės surašomos į naują matricą (7 lentelė).

7 lentelė

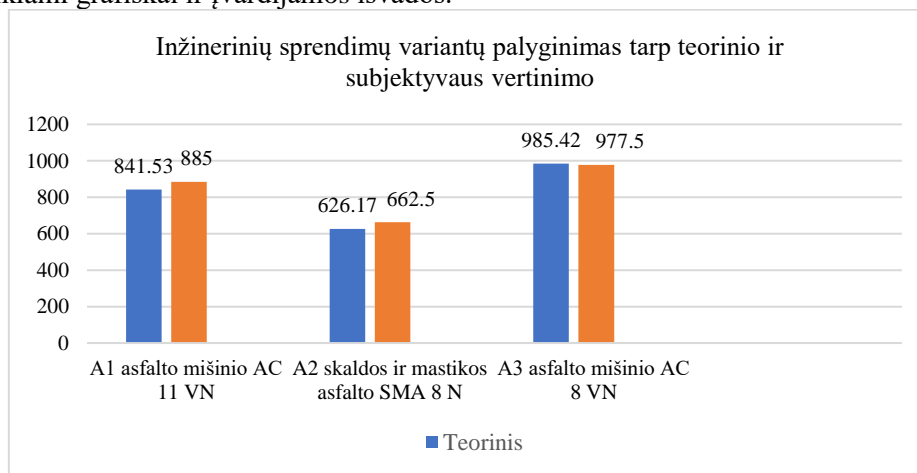
Kriterijų naudingumas, įvertinus subjektyvų reikšmingumą

Kriterijai	Matrica C			Kriterijų subjektyvus reikšmingumas q_j , %	Matrica C*q		
	A1	A2	A3		A1	A2	A3
K1	7.7	5.7	10	50	385	285	500
K2	10	8,6	10	12.5	125	107,5	125
K3	10	7.2	9.4	37.5	375	270	352,5
	Σ				885	662,5	977,5

Šaltinis: sudaryta autorių

Prioritetų eiliškumas A3>A1>A2.

Sumuojami kiekvieno kriterijaus surinkti balai ir nustatomas racionalus inžinerinis sprendimas. Tai tas sprendimas, kurio surinktų balų suma yra didžiausia. Sudaroma sprendimų prioritetų eilutė. Visų skaičiavimų rezultatai pateikiami grafiškai ir įvardijamos išvados.



4 pav. Asfalto viršutinių sluoksnių naudingumas, kai įvertintas subjektyvus ir teorinis kriterijų reikšmingumas

Šaltinis: sudaryta autorių

Atlikus daugiakriterinį vertinimą tarp trijų asfalto viršutinio sluoksnio dangų, t.y asfalto mišinio AC 11 VN, skaldos ir mastikos asfalto SMA 8 N ir asfalto mišinio AC 8VN, kai įvertintas subjektyvus kriterijų reikšmingumas, svarbiausias kriterijus yra kaina. Todėl nustatyta, kad didžiausias faktorius palyginimui yra kaina, tad pirmas (A1) variantas priimtas kaip optimaliausias.

Išvados

1. Identifikuojant alternatyvių kelio asfalto mišinio dangos parinkimo sprendimų variantus buvo parinkti trys galimi variantai: asfalto dangos sluoksnis iš asfalto mišinio AC 11 VN (1 variantas), asfalto dangos sluoksnis iš skaldos ir mastikos asfalto SMA 8 N (2 variantas), asfalto dangos sluoksnis iš asfalto mišinio AC 8 VN (3 variantas).

2. Atlikus daugiakriterinį vertinimą tarp trijų asfalto viršutinio sluoksnio dangų, t.y asfalto mišinio AC 11 VN, skaldos ir mastikos asfalto SMA 8 N ir asfalto mišinio AC 8VN, kai įvertintas subjektyvus kriterijų reikšmingumas, svarbiausias kriterijus yra kaina. Todėl nustatyta, kad didžiausias faktorius įtakojantis asfalto mišinio dangos parinkimui yra kaina, tad pirmas (A1) variantas priimtas kaip optimaliausias.

Literatūra

1. Automobilių keliai. Kelių techninis reglamentas KTR 1.01:2008. Patvirtintas 2008 m. sausio 9 d. įsakymu Nr. D1-11/3-3.
2. Automobilių kelių žemės darbų atlikimo ir žemės sankasos įrengimo taisyklės (IT ŽS 17). Patvirtintos 2017 m. balandžio 3 d. įsakymu Nr. V-111
3. Automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklės KPT SDK 19. Patvirtintos 2019 m. sausio 25 įsakymu Nr. V-16.
4. Automobilių kelių mineralinių medžiagų techninių reikalavimų aprašas TRA MIN 07. Patvirtintas 2007 m. sausio 30 d. įsakymu Nr. V-16.
5. Automobilių kelių mineralinių medžiagų mišinių naudojamų sluoksniams be rišiklių techninių reikalavimų aprašas TRA SBR 07. Patvirtintas 2019 m. gruodžio 20 d. įsakymu Nr. V-191.
6. Automobilių kelių dangos konstrukcijos sluoksnių be rišiklių įrengimo taisyklės IT SBR 07. Patvirtintos 2007 m. sausio 30 d. įsakymu Nr. V-18.
7. Automobilių kelių asfalto mišinių techninių reikalavimų aprašas TRA ASFALTAS 08. Patvirtintas 2009 m. sausio 12 d. įsakymu Nr. V-15.
8. Automobilių kelių dangos konstrukcijos asfalto sluoksnių įrengimo taisyklės IT ASFALTAS 08. Patvirtintos 2009 m. sausio 12 d. įsakymu Nr. V-16.
9. Automobilių kelių transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemų projektavimo taisyklės KPT TAS 09 Patvirtintos 2010 m. sausio 7 d. įsakymu Nr. V-8.
10. Automobilių kelių darbo vietų aptvėrimo ir eismo reguliavimo taisyklės DVAER 12. Patvirtintos 2012 m. balandžio 16 d. įsakymu Nr. V-87.
11. Automobilių kelių vertikaliųjų kelio ženklų įrengimo taisyklės IT VŽ 14. Patvirtintos 2014 m. kovo 7 d. įsakymu Nr. V-81.
12. Guminė kelio danga [žiūrėta 2022 0312]. Prieiga per internetą: <https://www.skelbiu.lt/skelbimai/gumine-kelio-danga-39578883.html>.
13. Kelių horizontaliojo ženklinimo taisyklės. Patvirtintos 2012 m. sausio 31 d. įsakymu Nr. 3-82.
14. Kelio ženklų atramų parinkimo, projektavimo ir įrengimo taisyklės PĪT KŽA 08. Patvirtintos 2008 m. rugsėjo 29 d. įsakymu Nr. V-298.
15. Kelio ženklų įrengimo ir vertikaliajo ženklinimo taisyklės. Patvirtintos 2012 m. sausio 31 d. įsakymu Nr. 3-83.
16. Lietuvos automobilių kelių direkcija. Valstybinės reikšmės kelių priežiūra ir plėtra 2019–2035 metais [žiūrėta 2022 04 12]. Prieiga per internetą <https://bit.ly/2wsnPHt>
17. Lietuvos Respublikos kelių įstatymas. Įstatymas paskelbtas: Žin. 1995, Nr. 44-1076, i. k. 0951010ISTA000I-891 Nauja redakcija nuo 2002-10-23:Nr. IX-1113, 2002-10-03, Žin. 2002, Nr. 101-4492 (2002-10-23), i. k. 1021010ISTA0IX. Kelių įstatymo Nr. I-891 17 straipsnio pakeitimo įstatymas. Patvirtintas 2020 m. lapkričio 10 d. Nr. XIII-3421.
18. Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija. Valstybinės reikšmės kelių priežiūra ir plėtra 2019–2035.

ANALYSIS AND EVALUATION OF ENGINEERING SOLUTIONS FOR THE SELECTION OF ALTERNATIVE ASPHALT PAVEMENT MIXTURES

Summary

When designing and reconstructing modern roads, it is important not only to create suitable conditions for traffic and transportation of goods at all times of the year, but also to ensure traffic safety. Roads with their elements must comply with the technical and mechanical properties of the car, the intensity of braking, the characteristics of car operation. Roads are designed to allow cars to move safely and to ensure the safety of passengers, drivers, pedestrians, animals and plants, and small ecosystems. Efforts are also made to preserve the existing landscape in the area. Substantial improvement of traffic conditions on such a road is achieved during the reconstruction of the road;

therefore, it is necessary to create conditions for safe movement of traffic during the reconstruction. In order to find the suitable solution for the installation of the road surface, the analysis of the selection of asphalt mixtures and their multi-criteria evaluation was performed, with different significance of the evaluation criteria.

Key words. Entropy approach, paired comparison approach, multi-criteria assessment method, road reconstruction.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Regina Motienė

Mokslo laipsnis ir vardas: inžinierė, lektorė

Darbo vieta 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

Autoriaus vardas, pavardė: Algirdas Virkšas

Mokslo laipsnis ir vardas: studentas

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, kelių inžinerijos programa

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Kelių inžinerijos programa

Telefonas ir el. pašto adresas: +37062461257, algirdas.virksas@stud.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

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

Author name, surname: Algirdas Virkšas

Science degree and name: Student

Workplace and position: Kaunas Technical College, Lecturer at Road engineering program

Author's research interests: road engineering

Telephone and e-mail address: +37062461257, algirdas.virksas@stud.ktk.lt

MOBILIOS MAŠINOS „VERIS MSP3“ PANAUDOJIMO GALIMYBĖS TIKSLIAJAI ŽEMDIRBYSTEI

Petras Milius

Kauno technikos kolegija

Anotacija

Šiuolaikinei pasėlių valdymo praktikai, pavyzdžiui, tiksliajam ūkininkavimui, yra labai svarbi informacija apie išsamų dirvožemio savybių pasiskirstymą. Dirvožemio erdvinis nevienalytiškumas yra vienas iš kelių veiksnių, sukeliančių pasėlių derliaus skirtumus lauke. Erdvinis dirvožemio fizikinių ir cheminių savybių kintamumo apibūdinimas tampa pagrindiniu dirvožemio kokybės vertinimo, tręšimo modeliavimo ir konkrečios vietos pasėlių valdymo elementu. Dirvožemio elektrinis laidumas (ECa), išmatuotas naudojant elektrinę varžą ir elektromagnetinę indukciją (EM), yra viena iš naudingiausių ir lengviausiai gaunamų erdvinio dirvožemio savybių, turinčių įtakos pasėlių produktyvumui. Todėl tiksliajam žemės ūkiui dirvožemio ECa tampa vienu iš dažniausiai naudojamų matavimų lauko kintamumui apibūdinti. Tai įmanoma atlikti naudojant modernią ir itin efektyvią dirvožemio analizės mašiną Veris MSP3, kuri, remiantis žemės elektrolaidumo analizės principu, leidžia iširti dirvožemio granulimetrinę sudėtį, pagrįstą įvairių atskirų dirvožemio frakcijų elektromagnetiniu laidumu. Be to, nustatomas organinių medžiagų kiekis (OM), dirvos rūgštingumas (pH) ir nubraižomi žemėlapiai, pagal kuriuos parenkamos dirvožemio pavyzdžių paėmimo zonos, imami žemės mėginiai ir atliekami maisto medžiagų azoto, fosforo ir kalio (NPK) laboratoriniai tyrimai. Matuojant viso lauko elektrinį laidumą ir imant dirvožemio pavyzdžius atsižvelgiant į granulimetrinę sudėtį, gaunami tikslesni duomenys negu tai atliekant įprastu tinkliniu metodu. Tokiu būdu pagal turimą informaciją galima daug tiksliau ir tinkamiau tam tikroje vietoje analizuoti pasėlių plotus, pasirinkti tinkamas tręšimo ir kalkinimo dozes bei tinkamai nurodyti agrotechninius dirvožemio apdorojimus, reikalingus maksimaliai padidinti derlių.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI: dirvožemis, tiksloji žemdirbystė, elektrinis laidumas, dirvožemio pH, organinės medžiagos

Įvadas

Tiksloji žemdirbystė yra daugiausiai žadantis tvarios žemdirbystės įgyvendinimo būdas, kurios dėka atsiranda galimybė mažinti laiko ir degalų sąnaudas, taupiai naudoti sėklas, trąšas ir augalų apsaugos priemones bei atpiginti augalininkystės produkciją.

Tradicinis žemės ūkis vienodai apdoroja visą lauką trąšų naudojimo atžvilgiu, pesticidais, dirvožemio pakaitalais ar kitomis medžiagomis. Tačiau dirvožemis yra erdviškai nevienalytis, dažniausiai dirvožemio cheminės ir fizikinės savybės labai skiriasi vos per metrą (Birrel et al., 1995; Verhagen et al., 1995). Dirvožemio savybės retai tinkamai apibūdinamos lauko ir kraštovaizdžio erdvinės struktūros skalėse tradicinėmis dirvožemio tyrimo priemonėmis (Kraštovaizdžio., 2005). Klasikiniai dirvožemio mėginių ėmimo ir analizės metodai suteikia išsamią informaciją apie dirvožemio savybių svyravimus konkrečiose vietose, tačiau jų skaičius, tūris ir erdvinė aprėptis yra riboti, pernelyg daug laiko reikalaujantys, brangūs ir nepraktiški, ypač naudojant tik tradicinį mėginių ėmimą taškų metodu. Nuotolinis stebėjimas (pvz., jutiklių sistemų, naudojančių orlaivių platformas ar erdvėlaidius, diegimas) gali užtikrinti puikią erdvinę aprėptį, tačiau matavimai dažniausiai yra netiesioginiai ir paprastai apsiriboja viršutiniaisiais 5 – 6 cm gylio dirvožemio sluoksniais. Be to, skiriamoji geba paprastai yra per maža, kad būtų galima apibūdinti dirvožemio savybių erdvinį kintamumą (Adamchuk et al., 2011; Adamchuk and Viscarra Rossel, 2011; Viscarra Rossel, 2001).

Dėl šių apribojimų proksimalinė lauko dirvožemio kokybės analizavimo sistema vis dažniau naudojama duomenų spragai, egzistuojančiai tarp didelės skiriamosios gebos taškų duomenų ir žemesnių nuotolinio stebėjimo duomenų, užpildyti (Viscarra Rossel et al., 2011). Proksimalinis dirvožemio analizavimas paprastai yra technologijų rinkinys, kuriame naudojamas jutiklis, esantis arti dirvožemio arba tiesiogiai su juo kontaktuojantis, kad būtų galima tiesiogiai arba netiesiogiai išmatuoti dirvožemio savybes (Adamchuk et al., 2015; Adamchuk, 2021).

Pelningas tikslojo ūkininkavimo principas yra pagrįstas tikslu dirvožemio savybių žinojimu (Adamchuk et al., 2004). Dirvožemio savybės turinčios didžiausią poveikį produktyvumui yra tos, kurios nulemia vandens ir maistinių medžiagų kiekį, kurį turės pasėliai. Dirvožemio mechaninė sudėtis – smėlio, dumblo ir molio kiekis kartu su dirvožemio organinėmis medžiagomis ir lauko topografija yra pagrindinis veiksnys tiesiogiai susijęs su augalų derlingumu (Lund et al., 2016). Dirvožemio rūgštingumas (pH) turi didelę reikšmę maistinių medžiagų prieinamumui (Schirrmann et al., 2011). Norint tiksliai valdyti pasėlių sąnaudas, šios savybės turi būti tiksliai susietos. Pasenę ir stambaus masto dirvožemio tyrimai gali padaryti brangių klaidų, ypač kai keičiasi sėklų populiacija, azotas ar vanduo. Tinklinis mėginių ėmimas nepriartėja prie reikiamo tikslumo arba to, ką gali pasiekti šiuolaikinė sėjimo ir tręšimo įranga. Be to, lauko dirvožemio pH matavimus erdvinio mastu riboja darbo ir laboratorinės analizės išlaidos. Ph jutiklis, sumontuotas ant mobilios platformos, gali sumažinti šias išlaidas ir kartu pateikti didelės skiriamosios gebos dirvožemio pH

žemėlapi (Staggenborg et al., 2007) . Tokiu būdu elektros laidumo (ECa), organinių medžiagų kiekio (OM) ir rūgštingumo (pH) kartografavimas tampa esminiu pagrindu ūkininkams, norintiems pradėti vykdyti tiksliąją žemdirbystę (Bullock, D.S. and Bullock, D.G., 2000).

Darbo tikslas

Atlikti eksperimentinius dirvožemio elektrinio laidumo matavimus naudojant mobilios mašinos Veris MSP jutiklių platformą.

Uždaviniai:

1. Įvertinti mobilios mašinos Veris MSP3 panaudojimo galimybes dirvožemio rūgštingumo (Ph), organinių medžiagų (OM) ir elektrinio laidumo (ECa) matavimams.
2. Atlikti eksperimentinius bandymų lauko paviršinio (0 – 30 cm gylio) ir giluminio (0 – 90 cm gylio) dirvožemio sluoksnio elektrinio laidumo matavimus ir nustatyti dirvožemio granulimetrinę sudėtį.

Veris MSP3 mobilios platformos modulinės jutiklių sistemos

Veris MSP3 dirvožemio skaitytuvas yra naujoviška, unikali jutiklių platforma (*angl. „Veris® Mobile Sensor Platform“*), galinti vienu metu nustatyti tris pagrindines dirvožemio charakteristikas (Kweon, 2012). Šiuo metu Veris MSP3 yra pažangiausia, mobili, pakabinama ant traktoriaus dirvos jutiklių platforma, kurios paskirtis yra: traktoriui važiuojant išmatuoti dirvožemio elektrinį laidumą ECa (*angl., Apparent Electrical Conductivity*), kad būtų galima nustatyti dirvožemio granulimetrinės sudėties pokyčius; naudojant optinį jutiklį, kuris veikia po pasėlių likučiais ir sauso dirvožemio paviršiumi, nustatyti dirvožemio organines medžiagas (OM); naudojant elektrodus išmatuoti dirvožemio rūgštingumą (pH) ir sudaryti žemėlapius, kurie būtų naudojami, pvz., didelio tikslumo kintamam dirvožemio kalkinimui. Veris MSP3 mobilios platformos, viena nuo kitos nepriklausomos trys modulinės jutiklių sistemos, gali būti naudojamos vienu metu kartu, tiek ir atskirai (Hurst et al., 2015) (1 pav.).



1 pav. Mobilus dirvos analizės įrenginys Veris MSP3, matuojantis atskirus dirvožemio komponentus: elektrinį laidumą (ECa); organines medžiagas (OM), dirvožemio rūgštingumą (pH)

Šaltinis: Hurst et al., 2015; Telford et al., 1990

Veris MSP3 įrenginiu galima atlikti apie 200 dirvožemio ECa ir OM matavimų vienam hektarui, o taip pat iki 25 pH matavimų (Hurst et al., 2015; Lund et al., 2005). 1 lentelėje pateikiamos matuojamos dirvožemio savybės ir charakteristikos, naudojamos matavimo sistemos bei vienetai.

1 lentelė

Veris MSP3 naudojama dirvožemio savybių ir matavimų sistema

Dirvožemio agrocheminės savybės Soil Property	Matavimo sistema Measurement system	Dirvožemio charakteristikos Soil Characteristics	Vienetai Unit
Fizikinės Physical	Elektrinis laidumas Electrical conductivity	Dirvožemio tekstūra Soil texture	Mikrosimensas, mS·m ⁻¹ Microsiemen (μs)
Biologinės Biological	NIR spektroskopija NIR spectroscopy	Dirvožemio organinės medžiagos Soil organic matter	Procentai (%) Percent (%)
Cheminės Chemical	pH zondai pH probes	Dirvožemio pH Soil pH	pH vienetai pH units

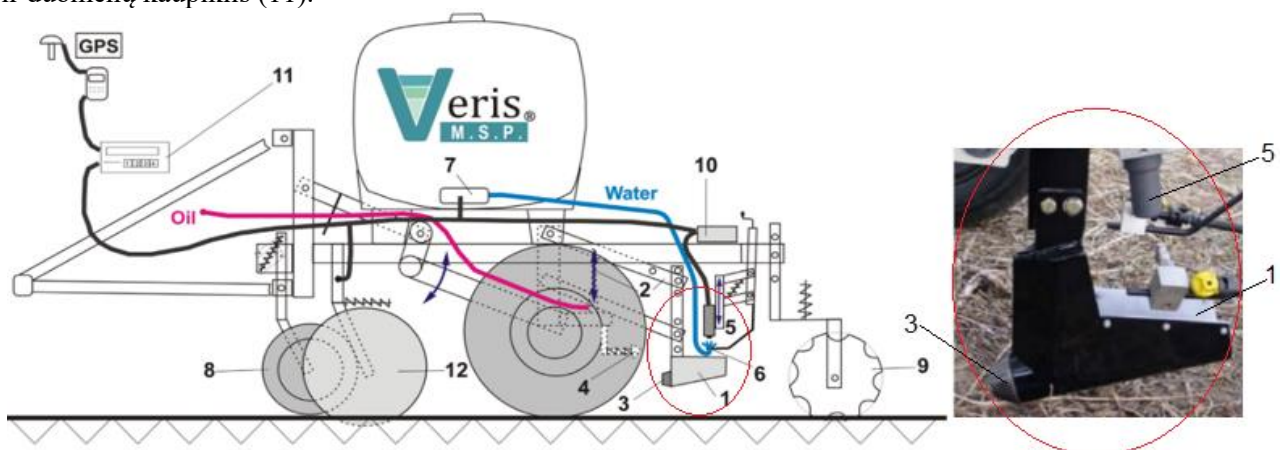
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Dirvožemio elektrinis laidumas (ECa) yra greitas ir patikimas matavimas, dažnai naudojamas lauko edafinių (pvz., druskingumas, vandens kiekis, tekstūra ir tūrinis tankis) ir antropogeninių (pvz., išplovimo frakcija) savybių erdviniam pasiskirstymui apibūdinti. (Grisso et al., 2009; Long, 1998).

Dirvožemio rūgštingumo (pH) įvertinimas

Dirvožemio pH turi didelę įtaką maistinių medžiagų prieinamumui, mikrobu aktyvumui, nematodų populiacijoms, dirvožemio herbicidų veiksmingumui ir t. t. Rūgščios dirvos daugumai augalų labai kenkia – jie blogai auga, gelsta, mažėja derlius, atsiranda samanų. Kalkinimas neutralizuoja dirvožemio rūgštingumą, pagerina jo struktūrą, pagausina fosforo, kalio, azoto, sieros, kalcio ir magnio kiekį, sumažina žalingą augalams judrųjį aliuminį (Olfs et al., 2010). Dirvos kalkinimas garantuoja ir kitų agrotechnikos priemonių, ypač tręšimo, efektyvumą. Dirvožemio pH yra pagrindinis pasėlių produktyvumo parametras, taigi ir jo erdvinis kitimas turėtų būti tinkamai nusakytas siekiant pagerinti lauko pH valdymo sprendimų tikslumą (Viscarra and McBratney, 1997a; 1999 b; Viscarra, 2001). Įprastiniu tinklelio būdu paimti mėginių pavyzdžiai tiesiog nėra pakankamai tankūs, kad galėtų tiksliai atspindėti pH pasiskirstymą lauko plote (Olfs et al., 2012). Daugelyje žemės ūkio naudmenų plotuose yra platus pH verčių pasiskirstymo diapazonas, dažnai pradant nuo kalkių reikalaujančio dirvožemio iki dirvožemio, kurio pH jau labai aukštas (Adamchuk et al., 2004).

Dirvožemio elektrinio laidumo potencialas apibūdina dirvožemio pH ir pagerina kalkių naudojimą molingame dirvožemyje. Veris MSP3 mobilioji jutiklių platforma turi dirvožemio pH realaus laiko jutiklį (*angl. soil pH Manager TM*), skirtą didelės raiškos dirvožemio pH kartografavimui (Adamchuk et al., 2005; Schirrmann et al., 2011). Tai įrenginys, kuris traktoriui važiuojant automatiškai renka dirvožemio mėginius ir matuoja pH tiesioginiame sąlytyje su dirvožemiu (2 pav.). Veris MSP3 dirvos pH jutiklis yra paprastas, turi tik vieną judančią dalį – hidraulinę dirvožemio mėginių ėmimo sistemą, kurią sudaro dirvožemio mėginių ėmiklis – noragėlis (3), lovelis (1), pH elektrodas (5), elektrodo plovimo vandens sistema (6), valdiklis (10) ir duomenų kaupiklis (11).



2 pav. „Veris Multi Sensor Platform“ (MSP) įrenginio schema, įskaitant dirvožemio pH Manager ir dirvožemio elektros laidumą (ECa): 1 – lovelis; 2 – lovelio kėlimo rėmas; 3 – dirvožemio ėmiklis – noragėlis; 4 – grandiklis; 5 – pH stibio elektrodai-jutikliai; 6 – vandens linija su purkštukais; 7 – vandens rezervuaras; 8 – augalinių liekanų nužertuvas; 9 – vagų užvertimo diskiniai noragėliai; 10 – valdiklis; 11 – duomenų kaupiklis; 12 – dirvožemio elektrinio laidumo jutiklis

Šaltinis: Schirrmann et al., 2011; Olfs et al., 2012

Traktoriui važiuojant racionaliui 9 km/h darbiniai greičiu Veris MSP3 automatiškai, be vairuotojo įsikišimo, renka ir analizuoja dirvos rūgštingumo mėginius (3 pav.). Matavimo gylis reguliuojamas nuo 4 iki 15 centimetrų, o laikas tarp dviejų matavimų priklauso nuo elektrodų atsako ir svyruoja nuo 7 iki 25 sekundžių (vidutiniškai 10 sekundžių) (Lund et al., 2005).

Traktoriui važiuojant, per hidraulinę cilindą ant lygiagrečios jungties (2), dirvožemio mėginių ėmimo noragėlis (3) su loveliu (1) nuleidžiamas į dirvą (3 pav., a). Būdamas dirvoje, noragėlio priekis pjauna žemę ir sukuria dirvožemio srautą per lovelį. Tuo pačiu metu elektrodai nuplaunami (3 pav., b) dviem plovimo antgaliais (6), sumontuotais kiekvienoje elektrodo laikiklio pusėje.



3 pav. Automatinio dirvos pH matavimo proceso eiliškumas: a – dirvos mėginio paėmimas; b – pH elektrodų nuplovimas; c – dirvos pH matavimas jonams selektyviųjų elektrodų deriniu
Šaltinis: Veris Technologies. Prieiga per internetą: <<https://veristech.com/soil-scanning-carts/>>

Nuplovus elektrodus yra pakeliamas lovelis (3 pav., c), kad dirvožemio mėginys tiesiogiai liestųsi su dviejų, geliu užpildytų, epoksidu dengtų, jonams selektyvių stibio pH elektrodų deriniu (Conkling and Blanchar, 1988; Schirrmann et al., 2011) (4 pav.). Pakeliant ir nuleidžiant mėginių ėmimo noragėlį, jo priekis valomas grandikliu (4), o matavimo procesas kartojamas – be operatoriaus veiksmų ir be sustojimo, apytiksliai 12–25 mėginiai iš hektaro (Hurst et al., 2015). Kiekvienas matavimas (išmatuotos vertės) visada yra susietas su GPS įranga (globali padėties nustatymo sistema (*angl.* *Global Positioning System*), kuri nustato mašinos buvimo vietą naudojant GNSS. Rūgštingumo matavimo kintamumo taškai yra paverčiami kalkinimo užduočių žemėlapiu panaudojant pvz., kompiuterinę programą SMSTMADVANCED arba SMSTMBASIC (AgLeader, JAV). Reikalingas išmanusis kalkių barstytuvas, kuris gali greitai keisti dozės dydį ir paskirstyti kalkes pagal užduočių žemėlapi. Parinkus kalkių normą pagal įrenginio duomenis sutaupoma apie 40% kalkių palyginus su kalkinimu pagal žemėlapius, sudarytus laboratorijoje nustatytų pH reikšmių pagrindu (Hurst et al., 2015).



4 pav. Stibio elektrodas – jutiklis, kurio ilgis 120 mm, skersmuo 12 mm: 1 – lovelis; 4 – grandiklis; 5 – pH stibio elektrodai-jutikliai; 6 - elektrodų plovimo purkštukai

Šaltinis: Schirrmann et al., 2011; Veris Technologies.
Prieiga per internetą: <<https://veristech.com/soil-scanning-carts/>>

Matuojami niekaip neapdoroti, natūraliai drėgni dirvos mėginiai, todėl prieš kontaktuojant su elektrodais į dirvą nepilamas joks tirpalas. Gauta pH vertė apskaičiuojama iš dviejų elektrodų vidutinės įtampos, kuri konvertuojama į pH vienetus atliekant kalibravimo procedūrą (Baghdady and Sommer, 1990). Veris MSP3 stibio elektrodų kalibravimas apima matavimą su dviem standartiniais tirpalais, kurių pH vertės yra 4 ir 7 (Bates, 1961).

Mėginių ėmimo procesą ir pH elektrodų signalus valdo išorinis elektroninis valdymo modulis (2 pav., 10), kuris saugo jonų selektyviųjų elektrodų išvestį ir siunčia duomenis į vartotojo sąveikos įrenginio (11)

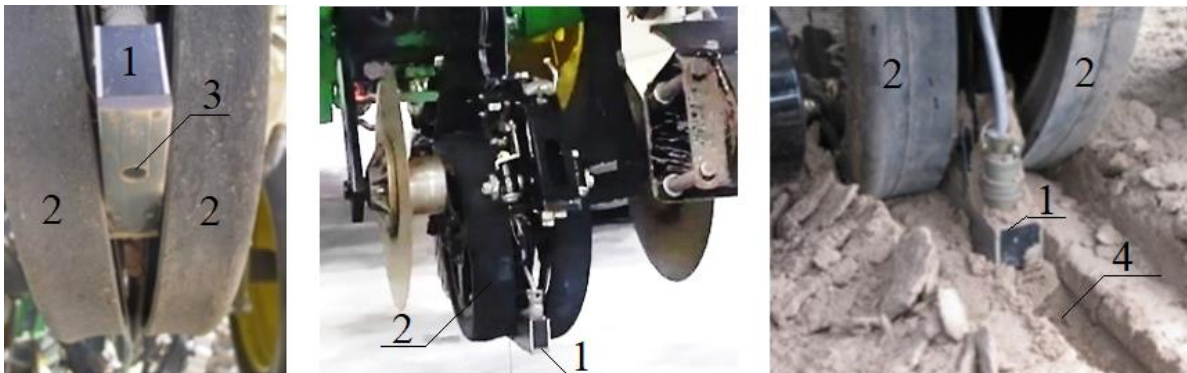
atmintį (SD kortelę). Dirbant lauke diferencialinės DGPS koordinatės registruojamos tuo momentu, kai dirvos mėginių ėmimo įrenginys ištraukiamas iš dirvožemio (Schirrmann et al., 2011).

Dirvožemio organinių medžiagų (OM) matavimas

Dirvožemio organinės medžiagos yra esminė dirvožemio sudedamoji dalis, kuri turi įtakos tiek cheminėms, tiek fizikinėms dirvožemio savybėms ir apskritai jo būsenai (Kweon et al., 2013). Augalų liekanos, organinės trąšos ir kompostas yra svarbūs organinių medžiagų tiekimo šaltiniai. Dirvos dirbimo intensyvumas daugiausia lemia organinių medžiagų skilimo laipsnį. Organinės medžiagos ir molio – humuso kompleksas yra svarbūs augalijos produktyvumo veiksniai. Šios dirvožemio savybės, be kita ko, turi įtakos dirvožemio struktūrai, gebėjimui išlaikyti vandenį, maistinių medžiagų prieinamumą, azoto mineralizaciją, dirvožemio pesticidų ir herbicidų veikimą (Lund, 2017). Taip pat turi įtakos dirvožemio organizmų, tiek naudingų, tiek ir žalingų augalininkystei, įvairovei ir aktyvumui (Pažangiu., 2013). Organinių medžiagų kiekio padidėjimas paprastai yra naudingas dirvožemiui ir galimam pasėlių derliui (Bot and Benites, 2005).

Norint keisti sąnaudas pagal gamybinį pajėgumą taikant tiksliojo ūkininkavimo sistemą, tikslus lauko dirvožemio organinių medžiagų žemėlapis yra labai svarbus. Organinės medžiagos laikui bėgant susidaro lėtai, o vykstant dirvožemio degradacijos procesams organinių medžiagų apskritai mažėja (Organinių..., 2009). Dirvožemiai, kuriuose yra daugiau organinių medžiagų, pasižymi geresne struktūra, sausinimo efektyvumu ir kitais veiksniais, kurie nuolat skatina augalų augimą ir dar didesnę produktyvumą (Steward et al., 2007). Laukuose, kuriuose norima padidinti organinių medžiagų lygį naudojant mėšlą ar kitus OM šaltinius, naudinga sudaryti OM žemėlapius, kuriuose aiškiai būtų nurodomi žemės ūkio naudmenų plotai, kuriuose dirvožemio OM lygis yra žemas ir gali būti naudingas tręšimas naudojant papildomas organines medžiagas (Shon et al., 2012).

Organinės medžiagos dirvožemyje nustatomos netiesiogiai (Kweon et al., 2013). Veris MSP3 mobilios jutiklių platformos viduryje (5 pav.), specialiai sukurtame noragėlyje (1) tarp dviejų diskų (2), yra dirvožemio OM optinis jutiklis (3) (*angl. OpticMapper*), matuojantis dirvožemio atspindžio ir šviesos absorbcijos charakteristikas. Tai leidžia nustatyti organinių medžiagų kiekį dirvožemyje po pasėlių liekanomis pūdymuose ir po sausu dirvožemio paviršiumi (Lund and Maxton, 2011).



5 pav. Dirvožemio organinių medžiagų matavimas optiniu jutikliu tarp dviejų diskų:

1 – optinis matavimo jutiklis; 2 – matuoklio gylgio reguliavimo diskai;

3 – optinis matavimo langas; 4 – matavimų vieta – tranšėja

Šaltinis: Veris Technologies. Prieiga per internetą: < <https://veristech.com/soil-scanning-carts/> >

Dirvožemio OM matavimai vykdomi per safyro langą (3) (skaidrų brangakmenį) nukreipiant šviesos spindulius į noragėlio sudarytos vagos (4) dugną. Matavimas atliekamas kartą per sekundę ir visada yra susietas su mašinos GPS vieta naudojant GNSS. Svarbu išlaikyti pastovų gylį, kuris nustatomas nuo 2,5 iki 7,6 cm į šonus reguliuojamais matuoklio diskais. Taip išvengiama neteisingų matavimų dėl dirvožemio drėgmės (Smart Ag Solutions, 2016).

Optinio jutiklio veikimo principas pagrįstas tuo, kad dirvožemio spalva yra susijusi su organinių medžiagų kiekiu. Dirvožemiai, kuriuose yra daugiau organinių medžiagų, sugeria daugiau šviesos. Tačiau drėgnas ir daug organinių medžiagų turintis dirvožemis yra tamsesnės spalvos, jis mažai atspindi, todėl sugeria daugiausiai šviesos. Šviesos spalvos lengvesni dirvožemiai, kuriuose mažai organinių medžiagų, daug atspindi, beveik nesugeria šviesos.

Jutiklis praleidžia šviesą į dirvą ir matuoja šviesos atspindį bei absorbciją. Atspindžio duomenys, įskaitant GPS vietą, siunčiami į spektrofotometrą apdorojimui, kad dirvožemio atspindžio koeficientas būtų paverstas vertėmis, kurios gali būti naudojamos dirvožemio OM žemėlapio sudarymui.

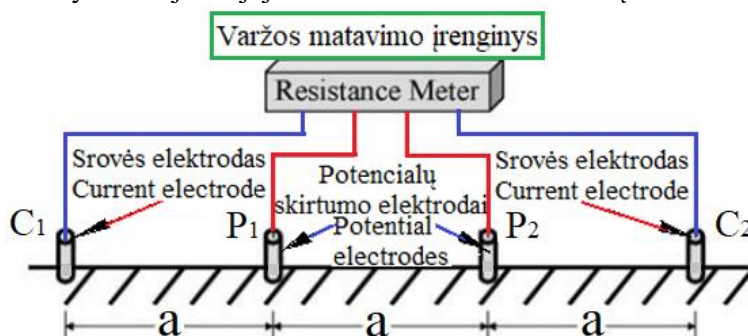
Dirvožemio elektrinio laidumo (ECa) matavimas

Dirvožemis turi tam tikrą elektros laidumo laipsnį. Skirtinguose dirvožemio tipuose ir net sklypuose elektros laidumas labai skiriasi. Dirvos elektriniam laidumui įtakos turi fizikinių ir cheminių veiksnių visuma, įskaitant tirpių druskų, molio dalelių ir vandens kiekį dirvoje, tankį, organinių medžiagų kiekį, dirvos temperatūrą ir kt. (Kitchen et al., 2003; Grisso et al., 2009; Shon et al., 2012).

Dirvožemio mechaninė sudėtis turi didelę įtaką pasėliams. Paveikdama vandens sulaikymą, katijonų mainų pajėgumą, drenažo veikimą, viršutinio dirvožemio sluoksnio gylį ir azoto naudojimo efektyvumą nulemia auginamų kultūrų produktyvumą (Kitchen et al., 1999). Judriosios maistinės medžiagos, tokios kaip azotas, išplaunamos lengvose dirvose ir prarandamos dėl denitrifikacijos sunkioje dirvoje. Nejudrios maistinės medžiagos, tokios kaip fosforas (P) ir kalis (K), skirtingose lauko vietose skirsis dėl daugelio priežasčių, ypač dėl pasėlių derliaus nuėmimo laiko skirtumų. Tai, ar dirvožemis išlaikys, praras ar naudos maistines medžiagas, labai priklauso nuo jo mechaninės sudėties.

Dirvos elektrinis laidumas (ECa) yra priemonė, leidžianti išsiaiškinti dirvožemio fiziko-chemines savybes, nuo kurių priklauso augalų derlingumo dėsningumai (Corwin et al., 2003; Kitchen et al., 2003). Galima išmatuoti elektros laidumą ir pagal tai nustatyti dirvožemio struktūrą, nes mažesnės dirvožemio dalelės, tokios kaip molis, praleidžia daugiau srovės nei didesnės dumblo ir smėlio dalelės. Pagal dirvožemio ECa matavimų duomenis galima parinkti atliekamų žemės dirbimo, sėjos ir kitų operacijų optimalius parametrus, todėl efektyviau išnaudojamas dirvožemis, sumažinamos sąnaudos trąšoms ir degalams, spartėja darbų atlikimas.

Naudojant savitosios elektros varžos matavimo metodą (6 pav.) per dirvožemio paviršiuje esančius srovės elektrodus (C_1 - C_2) į dirvožemį leidžiama elektros srovė, o greta esančiuose potencialų matavimo elektroduose (P_1 - P_2) matuojamas potencialų skirtumas (Corwin and Lesch, 2005). Keturi elektrodai dirvožemio paviršiuje išdėstyti tiesioje linijoje ir vienodais atstumais nutolę vienas nuo kito.

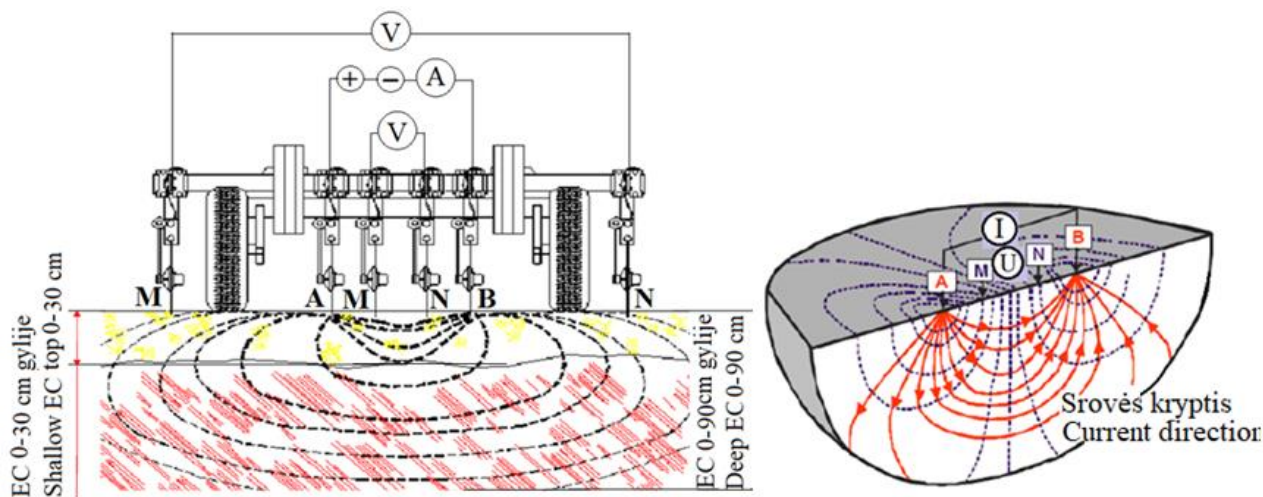


6 pav. Dirvos savitosios varžos matavimo schema su keturių elektrodų masyvu: dviem srovės elektrodais (C_1 ir C_2) ir dviem potencialų skirtumo elektrodais (P_1 ir P_2)

Šaltinis: Corwin and Lesch, 2005

Šį metodą grunto elektrinei varžai matuoti sukūrė Frank Wenner iš JAV, o elektrodų konfigūracija yra vadinama Wenner išdėstymu (Burger, 1992; Telford et al., 1990). Elektros srovės skvarba į dirvožemį (gylis) ir matavimo tūris didėja, kai tarpai tarp elektrodų (a) didėja. (Corwin and Lesch, 2005).

Mobilios mašinos Veris MSP3 jutiklių platformoje pagrindinis modulio blokas yra grunto elektrinio laidumo (varžos) matavimo įrenginys (7 pav.). Mobilioji mašina pakabinama ant traktoriaus, joje įrengta navigacinė sistema (GPS), kuri nustato mašinos buvimo vietą. Įranga pradeda veikti traktoriui važiuojant apie 10 km/h greičiu. Mašinos darbinės dalies riedėjimo diskai – elektrodai darbo metu liečiasi su dirvožemiu, todėl šis matavimo būdas vadinamas kontaktiniu. Du A ir B išoriniai elektrodai naudojami srovei perduoti (veikia kaip srovės elektrodai), o du M ir N vidiniai – kaip potencialų skirtumo arba priimantys elektrodai (Corwin and Hendrickx, 2002; Grisso et al., 2009). Veris MSP3 mašinoje įrengti šeši elektrodai leidžia sistemai išmatuoti dirvos elektrinį laidumą, vadovaujantis savitosios varžos matavimo metodu, nuo paviršiaus iki 30 cm gylio ir šaknų zonoje nuo paviršiaus iki 90 cm gylio (Steponavičius et al., 2017; Kemežienė, 2016).



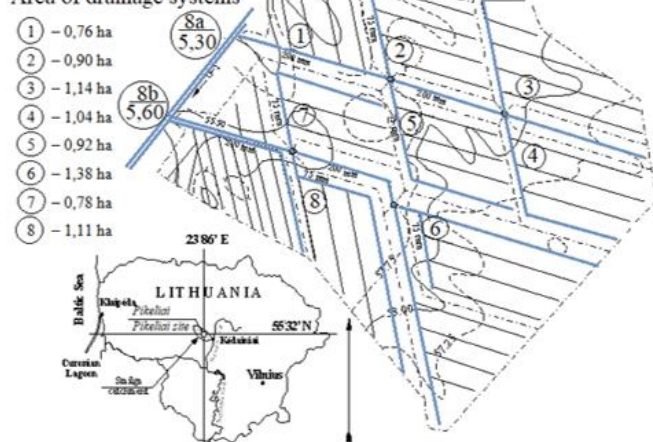
7 pav. Veris ECa jutiklio veikimo principas (schema): A ir B – galvaninės ar nuolatinės srovės perdavimo diskai – elektrodai, M ir N – įtampos matavimo (priėmimo) diskai – elektrodai, I – srovė, U – įtampa
Šaltinis: Cockx, 2010; Corwin and Lesch, 2003; Telford et al., 1990; Theissen, 2012

Eksperimentiniai elektrinio laidumo matavimai

Dirvožemio elektrinis laidumas matuojamas netiesiogiai. Pirmiausia išmatuojama dirvožemio savitoji elektrinė varža ρ ($\Omega \cdot m$), kuri perskaičiuojama į elektrinį laidumą EC ($mS \cdot m^{-1}$) (Telford et al., 1990).

Dirvožemio elektrinio laidumo eksperimentiniai matavimai atlikti Kėdainių r. sav. Pikelių bandymų objekte, esančiame Vidurio Lietuvos žemumoje, Graisupio up. baseine (8 pav.). Eksperimentinis ariamos žemės laukas padalintas į aštuonis 0,76 – 1,36 ha ploto laukelius, kuriuos, rekonstravus esamą 12,56 ha ploto drenažo sistemą, sausina atskirai naujai įrengtos drenažo sistemos.

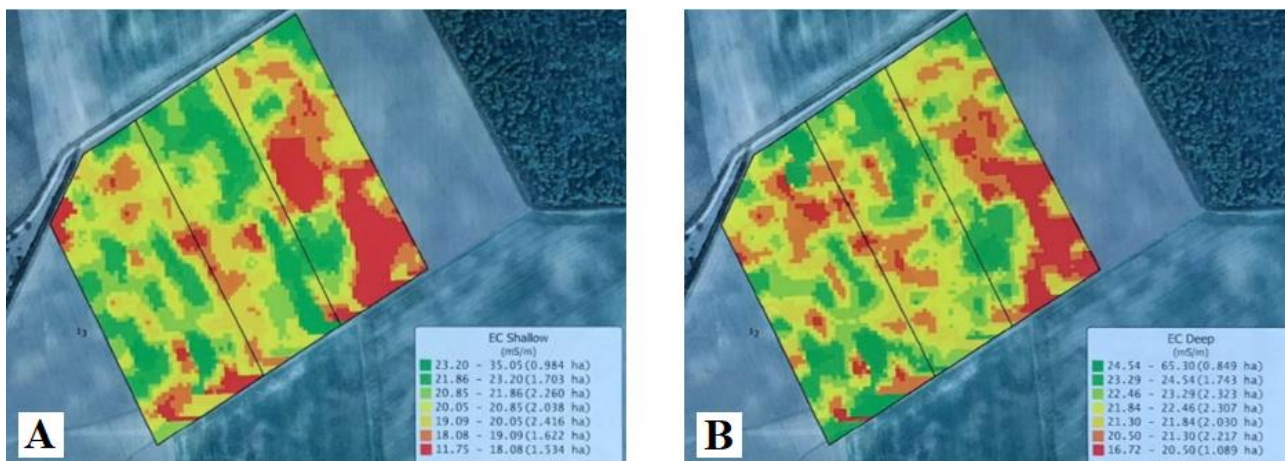
Drenažo sistemų plotai
 Area of drainage systems



8 pav. Įvairių žemės dirbimo sistemų bandymų laukai Pikelių eksperimentiniame skyriuje (Kėdainių r.)
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Matavimai atlikti mobilios mašinos Veris MSP 3150 jutiklių platformos elektrinio laidumo modulio bloku. Atlikus lauko elektrinio laidumo matavimus gauti keturi stulpeliai, iš kurių pirmuose dviejuose nurodomos matavimo koordinatės (ilguma, platumą), o sekančiuose dviejuose stulpeliuose atitinkamai išmatuotos paviršinio (0 – 30 cm gylio) ir giluminio (0 – 90 cm gylio) dirvožemio sluoksnio elektrinio laidumo (ECa) skaitinės vertės. Gauti skaitmeniniai duomenys apdoroti naudojant specialią kompiuterinę programą SMSTMADVANCED (*SMS Advanced, AgLeader Technology, JAV*). Po apdorojimo elektrinio laidumo duomenys atvaizduojami sudaromame žemėlapyje atitinkamas ECa skaitines vertes priskiriant tam tikrai spalvai (9 pav.).

Išmatuotas elektrinis laidumas bandymų lauko dirvožemio sluoksniuose nuo paviršiaus iki 30 cm ir iki 90 cm gylio atitinkamai kito nuo 11,75 $mS \cdot m^{-1}$ iki 35,05 $mS \cdot m^{-1}$ ir nuo 16,72 $mS \cdot m^{-1}$ iki 65,30 $mS \cdot m^{-1}$.



9 pav. Bandymų lauko dirvožemio paviršinis (A – 30 cm gylio) ir giluminis (B – 90 cm gylio) struktūros kintamumas
Šaltinis: sudaryta autoriaus ir UAB „Prymo“ < <http://www.prymo.lt> >

Elektrinio laidumo skaitinių verčių pasiskirstymas atskirų lauko zonų paviršiniame 30 cm sluoksnyje pateiktas 2 lentelėje.

Žemėlapyje išsiskiria aiškiai matomos septynios skirtingo elektrinio laidumo dirvožemio zonos, kur šviesesni atspalviai (■ ■ ■ ■ ■) nusako mažesnio elektrinio laidumo skaitines vertes, o tamsesni (■ ■ ■ ■ ■) – didesnio. Didensio elektrinio laidumo plotuose vyrauja daugiau molio dalelių turintys sunkesni dirvožemiai (Rhoades et al., 1999). Naudojantis sudarytais elektrinio laidumo žemėlapiais galima preliminariai spręsti apie dirvožemio granulimetrinę sudėtį ir nustatyti tikslesnes dirvožemio mėginių paėmimo vietas mechaninės sudėties bei maistinių medžiagų azoto, fosforo ir kalio (NPK) laboratoriniams tyrimams. Gavus atliktų NPK tyrimų duomenis būtų sudaromi žemėlapiai, kuriais naudojantis galima atskirus lauko plotus tręšti skirtingomis trąšų normomis ir optimizuoti augalų auginimo išlaidas.

2 lentelė

Išmatuoto elektrinio laidumo verčių pasiskirstymas sluoksnyje nuo dirvožemio paviršiaus iki 30 cm gylio

Paviršinis struktūros kintamumas Variability of surface structure	Elektrinis laidumas $\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$ Electrical conductivity $\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$	Elektrinio laidumo vidurkis, $\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$ Average electrical conductivity, $\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$	Lauko plotas, ha Field area, ha	Lauko ploto dalis, % Part of the field area, %
■	11,75 – 18,08	14,92	1,534	12,2
■	18,08 – 19,09	18,59	1,622	12,9
■	19,09 – 20,05	19,57	2,416	19,2
■	20,05 – 20,85	20,45	2,038	16,2
■	20,85 – 21,86	21,36	2,260	18,0
■	21,86 – 23,20	22,53	1,703	13,6
■	23,20 – 35,05	29,13	0,984	7,9
Bendras plotas, ha Total field area, ha			12,557	100 %

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Dirvožemio pavyzdžiai granulimetrinei sudėčiai nustatyti paimti agrocheminiu grąžtu eksperimentinio lauko atskirose zonos vadovaujantis turimu dirvožemio elektrinio laidumo žemėlapiu. Dirvožemis turi nedaug skeleto (vidutiniškai 1,40 %). Gausiausia smėlio frakcija (0,05 – 2 mm), kuri vidutiniškai sudaro 50,9 %, dulkės (0,002 – 0,05 mm) sudaro 34,9 % ir molio frakciją (>0,002) vidutiniškai yra 14,3%. Tai atliepia ir paviršinio 30 cm gylio struktūros kintamumo žemėlapis, kuriame šviesesni atspalviai nusako mažesnio elektros laidumo dirvožemio plotus (9 pav.). Eksperimentinių laukų dirvožemis pagal granulimetrinę sudėtį yra vidutinio sunkumo priemolis ant vidutinio sunkumo priemolio su giliau esančiu smėlingu lengvo priemolio podirviu.

Išvados

1. Mobilioji Veris MSP3 dirvožemio jutiklių platforma tiksliai ir greitai nustato dirvožemio fizikinių ir agrocheminių savybių erdvinį kintamumą – tai suteikia informacijos, kurios reikia tiksliajai žemdirbystei norint išnaudoti visas dirvožemio galimybes.

2. Dėka Veris MSP3 sudarytų dirvožemio elektrinio laidumo (ECa) ir organinių medžiagų (OM) žemėlapių galima tikslingai sudaryti dirvožemio produktyvumo, pasėlių valdymo zonas, nustatyti dirvožemio mėginių ėmimo vietas, keisti sėklų normas, pasirinkti tinkamas tręšimo dozes naudojant modernius trąšų barstytuvus, geriau tvarkyti rizikingas nitrato išplovimo zonas bei tinkamai nurodyti agrotechninius dirvožemio apdorėjimus norint maksimaliai padidinti derlių.

3. Panaudojant Veris MSP3 mobiliosios jutiklių platformos dirvožemio pH realaus laiko jutiklį, galima atlikti didelės raiškos dirvožemio pH kartografavimą. Matuojant viso lauko pH ir imant dirvožemio ėminius atsižvelgiant į ECa (granulimetrinę sudėtį), gaunami tikslesni duomenys, pagal kuriuos galima neprilygstamai tiksliau ir tinkamiau tam tikroje vietoje analizuoti pasėlių plotus ir pasirinkti tinkamas kalkinimo dozes naudojant išmaniuosius kalkių barstytuvus. Laukuose, kuriuose yra kalkingų dirvožemių, Veris pH žemėlapyje tiksliai nubrėžia sritis, kurių kalkinti nereikės.

4. Eksperimentiniais tyrimais nustatyta, kad 60,5 % bandymų lauko ploto paviršinio (0 – 30 cm gylio) dirvožemio sluoksnio savitosios varžos ir elektrinio laidumo matavimo vertės mažiausios ir kinta ribose nuo 11,75 mS·m⁻¹ iki 20,85 mS·m⁻¹. Kadangi dirvožemio granulimetrinėje sudėtyje vyrauja smėlio frakcija (51%), todėl ir išmatuotos dirvožemio elektrinio laidumo skaitinės vertės mažiausios.

Literatūra

1. Adamchuk, V.I., Hummel, J.W., Morgan, M.T., Upadhyaya, S.K. (2004). On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 44:71–91.
2. Adamchuk, V.I., Lund, E.D., Sethuramasamyraja, B., Morgan, M.T., Dobermann, A., Marx, D.B. (2005). Direct measurement of soil chemical properties on-the-go using ion-selective electrodes. *Computers and Electronics in Agriculture* 48(3):272-294.
3. Adamchuk, V.I. and Viscarra Rossel, R.A. (2011). Precision agriculture: Proximal soil sensing. In: Gliński, J., Horabik, J., Lipiec, J. (eds.) *Encyclopedia of Agrophysics*. Dordrecht, Netherlands: Springer; 2011, pp.650-655 <http://hdl.handle.net/102.100/102405?index=1>
4. Adamchuk, V.I., Viscarra Rossel, R. A., Sudduth, K. A., Lammers, P. S. (2011). *Sensor Fusion for Precision Agriculture, Sensor Fusion - Foundation and Applications*, Dr. Ciza Thomas (Ed.), ISBN: 978-953-307-446-7.
5. Adamchuk, V.I., Allred, B., Doolittle, J., Grote, K., Viscarra Rossel, R.A. (2015). Tools for Proximal Soil Sensing. In book: *Soil Survey Manual*. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18, May 2015.
6. Adamchuk, V. 2021. Soil sensing using integrated sensor platforms. In: *Abstracts for Symposium on Applications of Proximal and Remote Sensing Technologies for Soil Investigations*, 16-19 August 2021, 5. Tulsa, Oklahoma, United States: Society of Exploration Geophysicists.
7. Baghdady, N.H. and Sommer, K. (1990). Application of an improved antimony microelectrode for measuring pH-changes at the soil-root interface of maize. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*. Vol. 153, p. 323–326.
8. Bates, R.G. (1961). Electrodes for pH measurement. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 1961, Vol. 2, p. 93–109
9. Birrel, S.J., Borgelt, S.C., Sudduth, K.A. (1995). Crop yield mapping: comparison of yield monitors and mapping techniques. *Site-Specific Management for Agricultural Systems*. http://works.bepress.com/stuart_birrell/36/
10. Bot, A. and Benites, J. (2005). The importance of soil organic matter. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
11. Bullock D.S. and Bullock D.G. (2000). Economic optimality of input application rates in precision farming. *Precision Agriculture*. Vol. 2, p. 71–101.
12. Burger, H.R. (1992). *Exploration Geophysics of the Shallow Subsurface*. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ.
13. Cockx, L. (2010). High resolution soil inventory using a dual signal electromagnetic induction sensor. PhD thesis, Ghent University, p.202.
14. Conkling B.L. and Blanchar R.W. A Comparison of pH Measurements using the antimony microelectrode and glass electrode. *Agronomy Journal*. 1988, Vol. 80, p. 275–278.
15. Corwin, D.L. and Hendrickx, J.M.H. (2002). Solute content and concentration – indirect measurement of solute concentration – electrical resistivity: Wenner array. In: *Methods of Soil Analysis*. Part 4. Physical Methods. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA, pp. 1282 – 1287.
16. Corwin, D.L. and Lesch, S. M. (2003). Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: Theory, principles, and guidelines. *Agronomy Journal*, 95(3):455–471.
17. Corwin, D. L., Lesch, S. M., Shouse, P. J., Soppe, R., Ayars, J. E. (2003). Identifying soil properties that influence cotton yield using soil sampling directed by apparent soil electrical conductivity. *Agronomy journal*. Vol.95 (2), p. 352 – 364. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.3520>

18. Corwin, D.L. and Lesch, S.M. (2005). Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 46, p. 11–43.
19. Grisso, R., Alley, M., Holshouser, D., Thomason, W. (2009). Precision farming tools: Soil electrical conductivity. Virginia Cooperative Extension. <http://pubs.ext.vt.edu/442/442-508/442-508.html>
20. Hurst, C., Lovell, S., Lund, T., Holmes, A. (2015). Precise surveying of soil productivity indicators using on-the-go soil sensors. Conference: Fertiliser and Lime Research Workshop. At: Massey University, Palmerston North, New Zealand. Volume: 28, p. 1- 4.
21. Kemežienė, Gitana (2016). Tiksliosios žemdirbystės pagrindas – dirvožemio tyrimai. *Mano ūkis*, 2016/04. <https://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2016/04/tiksliosios-zemdirbystes-pagrindas-dirvozemio-tyrimai/>
22. Kitchen, N.R., Sudduth, K.A., Drummond, S.T. (1999). Soil electrical conductivity as a crop productivity measure for claypan soils. *Journal of Production Agriculture*.12:607-617 <https://doi.org/10.2134/jpa1999.0607>
23. Kitchen, N.R., Drummond, S.T., Lund, E.D., Sudduth, K.A., Buchleiter, G.W. (2003). Soil electrical conductivity and other soil and landscape properties related to yield for three contrasting soil and crop systems. *Agronomy Journal*. 95:483–495.
24. Kraštovaizdžio supratimo ir jo erdvinės struktūros pažinimo nuostatos. Lietuvos respublikos Aplinkos ministerija, Vilnius 2005. 124 p.
25. Kweon, G. (2012). Toward the Ultimate Soil Survey: Sensing Multiple Soil and Landscape Properties in One Pass. *Agron. J.*104(6): 1547-1557 <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0156>
26. Kweon, G., Lund, E.D., Maxton, C.R. (2013). Soil organic matter and cation-exchange capacity sensing with on-the-go electrical conductivity and optical sensors. *Geoderma* 199 80–89
27. Long, D. S. (1998). Spatial autoregression modeling of site-specific wheat yield. *Geoderma*, 85, 181–197. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(98\)00019-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(98)00019-6)
28. Lund, E.D., Adamchuk, V.I., Collings, K.L., Drummond, P.E., Christy, C.D. (2005). Development of soil pH and lime requirement maps using on-the-go soil sensors. p. 457-464. In J.V. Stafford (ed.) *Precision Agriculture*, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.
29. Lund, E.D. and C.R. Maxton. (2011). Proximal sensing of soil organic matter using the Veris® OpticMapper™. The 2nd Global Workshop on Proximal Soil Sensing, McGill University, Quebec, Canada. 15–19 May.
30. Lund, E.D., Maxton, C.R., Lund, T.J. (2016). Data Fusion Method for Yield and Soil Sensor Maps Veris Technologies Inc., Salina KS USA A paper from the Proceedings of the 13th International Conference on Precision Agriculture July 31 – August 4, 2016 St. Louis, Missouri, USA
31. Lund, E.D. (2017). Veris Technologies, Using On-the-Go Soil Sensing to Precisely Map Key Soil Properties.
32. Olf, H.-W., Borchert, A., Trautz, D. (2010). Validation of on-the-go soil pH measurements – primary results from Germany. In R. Khosla (ed.) *Proceedings of the 10th International Conference on Precision Agriculture*, Denver, CO, USA, July 18-21, 2010; Colorado State University, Denver, CO, USA, [CD]
33. Olf, H.-W., Borchert, A. and Trautz D. (2012). Soil pH maps derived from on-the-go pH measurements as basis for variable lime application under german conditions: concept development and evaluation in field trials. https://www.ispag.org/abstract_papers/papers/abstract_1130.pdf
34. Organinių medžiagų mažėjimas. (2009). Tvari žemdirbystė ir dirvožemio apsauga. Dirvožemio degradacijos procesai. *SoCo* Nr.3, 2009 <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/SOCO/FactSheets/LT%20Fact%20Sheet.pdf>
35. Pažangių technologijų ir gerosios praktikos žemės ūkyje taikymas bei skatinimo Lietuvoje, siekiant išvengti aplinkos taršos iš žemės ūkio šaltinių, studija. (2013). https://zum.lrv.lt/uploads/zum/documents/files/LT_versija/Veiklos_sritys/Mokslas_mokymas_ir_konsultavimas/Moksliniu_tyrimu_ir_taikomosios_veiklos_darbu_galutines_ataskaitos/Pazangiutechnologijuirgerosiospraktikoszem%20C4%97sukyjepritaikymo.pdf
36. Rhoades, J.D., Chanduvi, F., Lesh, S. (1999). Soil salinity assessment: Methods and interpretation of electrical conductivity measurements. *FAO Irrigation and Drainage Paper* (FAO) ISSN : 0254-5284. Vol. 57. – 150 p.
37. Schirrmann, M., Gebbers, R., Kramer, E., Seidel, J. (2011). Soil pH Mapping with an On-The-Go Sensor. *Sensors* 2011, 11(1), p. 573-598. <https://doi.org/10.3390/s110100573>
38. Shon, Ch.-S., Sebesta, S., Scullion, T. (2012). Implementation of Technology for Rapid Field Detection of Sulfate and Organic Content in Soils: Technical Report, p.94. URL: <http://tti.tamu.edu/documents/5-6362-01-1.pdf>
39. Smart Ag Solutions. (2016). Soil OM Veris OpticMapper - Dual-Wavelength Optical Sensor <https://www.smartagsolutions.co.nz/soil-om-opticmapper/>
40. Staggenborg, S.A., Carignano, M., Haag, L. (2007). Predicting soil pH and buffer pH in situ with a real-time sensor. *Agron. J.* 99:854-861. <https://doi.org/10.2134/agronj2006.0254>
41. Steponavičius, D., Kemzūraitė, A., Juknevičius, D., Katkauskas, A. (2017). The relationship between apparent soil electrical conductivity and particle size distribution of light-textured Agrozinerija ir energetika 16 soils. *Actual Tasks on Agricultural Engineering: proceedings of the 45th international symposium on agricultural engineering*. (Ed. Igor Kovačev). 21–24 February 2017, Opatija, Croatia. 45, 35–44.
42. Steward C. E., Paustian K., Conant R. T. (2007). Soil carbon saturation: concept, evidence, evaluation. *Biogeochemistry*, 86: 19–31.

43. Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. (1990). Electromagnetic Methods. In Applied Geophysics (pp. 343-521) 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139167932.012>
44. Theissen, G. (2012). Bodenkarten mobil erstellen. Profi. Nr. 10, S. 68–70.
45. Verhagen A., Booltink H.W.G., Bouma J. (1995). Site-specific management: Balancing production and environmental requirements at farm level. Agricultural Systems. Vol. 49, p. 369–384.
46. Veris Technologies, Inc. (2010). <https://veristech.com/soil-scanning-carts/>
47. Viscarra Rossel, R.A. and McBratney, A.B. (1997). Preliminary experiments towards the evaluation of a suitable soil sensor for continuous 'on-the-go' field pH measurements. p. 493-502. In J.V. Stafford (ed.) Precision Agriculture 1997. BIOS, Oxford, UK
48. Viscarra Rossel R.A. and McBratney, A.B. (1999). Calibration of a lime requirement buffer for site-specific lime applications in south-eastern Australia. In: Precision Agriculture'99: Proceedings of the 2nd European Conference on Precision Agriculture Part I; Stafford, J.V., Ed.; Sheffield Academic Press: Sheffield, UK, 1999, p. 429–440.
49. Viscarra Rossel, R.A. (2001). Development of a Proximal Soil Sensing System for the Continuous Management of Acid Soil. The University of Sydney. New South Wales, p. 448.
50. Viscarra Rossel, R.A., Adamchuk, V.I., Sudduth, K.A., McKenzie, N.J., Lobsey, C. (2011). Proximal soil sensing: An effective approach for soil measurements in space and time, Chapter 5. Advances in Agronomy 113:237-283.

POSSIBILITIES OF USING THE VERIS MSP3 MOBILE MACHINE FOR PRECISION AGRICULTURE

Summary

Information on the detailed distribution of soil properties is very important for modern crop management practices, such as precision farming. Spatial heterogeneity of the soil is one of several factors causing differences in crop yields in the field. The spatial characterization of the variability of soil physical and chemical properties becomes a key element in soil quality assessment, fertilization modelling, and site-specific crop management. Soil electrical conductivity (EC), measured using electrical resistance and electromagnetic induction (EM), is one of the most useful and easily obtained spatial properties of soil affecting crop productivity. Therefore, for precision agriculture, soil EC becomes one of the most commonly used measurements to describe field variability. This is possible using a modern and highly efficient soil analysis machine Veris MSP3, which, based on the principle of ground electrical conductivity analysis, allows to study the granulometric composition of soil based on the electromagnetic conductivity of various individual soil fractions. In addition, organic matter content (OM), soil acidity (pH) are determined and maps are drawn to select soil sampling areas, take soil samples and perform laboratory tests for nitrogen, phosphorus and potassium (NPK) nutrients. The measurement of the electrical conductivity of the whole field and the sampling of the soil according to the particle size distribution give more accurate data than the conventional network method. In this way, based on the available information, it is possible to analyse crop areas much more accurately and appropriately in a given location, to select appropriate fertilization and liming doses, and to properly indicate the agrotechnical soil treatments required to maximize yields.

KEY WORDS: soil, precision agriculture, electrical conductivity, soil pH, organic matter

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Petras Milius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, orlaivių mechanizmų techninio eksploatavimo studijų programos komiteto docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: agroekologija, tvenkinių monitoringas, statinių defektai ir pažaidos

Telefonas ir el. pašto adresas: +37061149432, 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, Associate Professor of Aircraft Mechanism Technical Maintenance Study Program Committee.

Author's research interests: agroecology, pond monitoring, deformations and damages of building structures.

Telephone and e-mail address: +37061149432, petras.milius@edu.ktk.lt

M52B25 VARIKLIO VOŽTUVO SPYRUOKLĖS MECHANINIO NUOVARGIO TYRIMAS

Edvinas Juodviršis¹, Artūras Sabaliauskas², Ramūnas Ignatavičius²

¹MB EJProMods, ²Šiaulių valstybinė kolegija

Anotacija

Šiame darbe analizuoti naujų ir normaliomis sąlygomis dirbusių spyruoklių parametrai. Išanalizuoti spyruoklių standumo matavimo metodai, matavimo prietaisų veikimo principai ir struktūros. Suprojektuotas ir pagamintas matavimo stendas. Atlikti spyruoklių jėgos, prie skirtingų nuspaudimo aukščių matavimai. Išvados padarytos matavimų rezultatus palyginus su gamintojo spyruoklių specifikacijomis.

Darbas parengtas E. Juodviršio (2021) magistrinio darbo pagrindu.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Spyruoklė, mechaninis nuovargis.

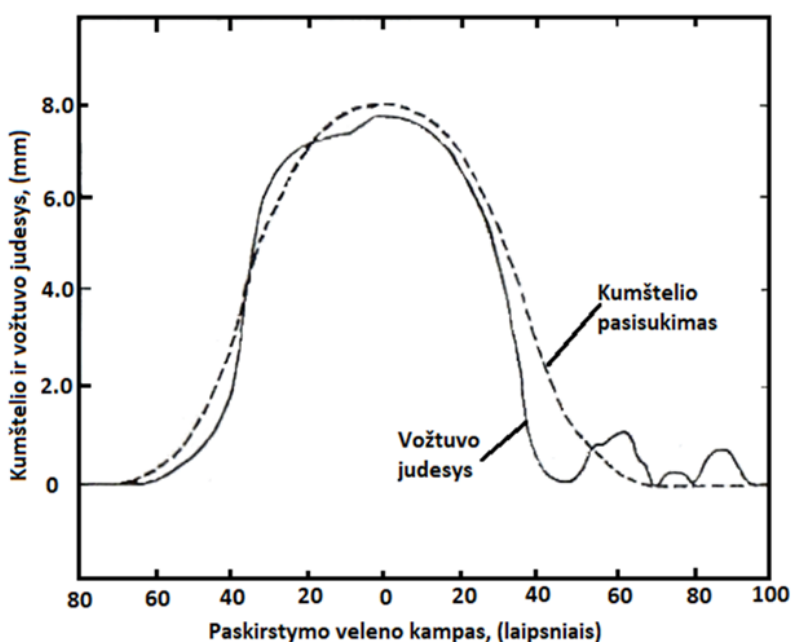
Įvadas

Pramoniniuose įrenginiuose gausu spyruoklių, tačiau dauguma jų yra sąlyginai mažo standumo, nuo kelių gramų iki kelių kilogramų. Esant mažam spyruoklės standumui, darosi labai sudėtinga išmatuoti atsirandančius pokyčius, nes jie yra daug mažesni už spyruoklės nominalų standumą, todėl reikalinga ypatingai jautri ir tiksli matavimo įranga. Dėl šios priežasties tyrimui atlikti, kaip **tyrimo objektas**, pasirinkta spyruoklių alternatyva iš vidaus degimo variklio, konkrečiai dujų skirstymo sistemos, vožtuvų spyruoklės kurios nuotrauką galima matyti (1 pav.). Šio tipo spyruoklės dažniausiai sutinkamos nuo 50 iki 100 kg standumo jėgos (Bell, 2012; Heisler, 1997; Burgess ir kt., 2003; Vizard, 1992; Plint ir kt., 2011). Atliekant tyrimus labai svarbu sukurti kiek įmanoma realesnes veikimo sąlygas, šiuo atveju, tai yra sudėtinga, nes spyruoklės darbą įtakoja daugybė veiksnių, kuriuos būtų sudėtinga imituoti. Imituojant idealiomis darbo sąlygomis spyruoklių darbą, galutiniai tyrimo rezultatai gali stipriai skirtis, nuo realioje sistemoje dirbusių spyruoklių, nes neįvertinama daug faktorių.



1 pav. M52b25 variklio spyruoklė

Šaltinis: <https://www.turnermotorsport.com/p-34479-11347504268-genuine-bmw-part/>



2 pav. Spyruoklės ir suspaudimo mechanizmo trajektorijos neatitikimas

Šaltinis: (Heisler, 1997)

Įrenginiams atliekant daugybę darbo ciklų dažnai pasitaiko gedimų, kai nusilpsta ar sulūžta spyruoklės. 2 pav. pateiktame grafike galima matyti mechanizmo judesio neatitikimą, dėl nusilpusios spyruoklės (Heisler, 1997). Tokio tipo gedimus, kai mechanizmas iš principo vis dar veikia sunku nustatyti, tačiau tai sukelia įvairių problemų, tokių kaip netiksliai atliekamas judesys, sumažėjusi variklio galia, sumažėjęs variklio apskukų darbinis diapazonas, padidėjęs detalių dilimas dėl atsiradusių smūgių (Burgess ir kt., 2003; Monroe, 2006; Halderman, 2017).

Tyrimo tikslas išsiaiškinti kaip kinta spyruoklių charakteristikos, joms dirbant normaliomis sąlygomis, ar atsiranda aiškios spyruoklių mechaninio nuovargio tendencijos, kuriomis remiantis būtų galima įvertinti spyruoklių būklę.

Tiksliui pasiekti buvo išsikelti uždaviniai:

1. Suprojektuoti ir pagaminti spyruoklių jėgos matavimo prietaisą.
2. Išmatuoti realiomis sąlygomis dirbusių spyruoklių jėgą.
3. Išmatuoti naujų ir jau dirbusių spyruoklių jėgas ir palyginti jas su gamintojo pateikiamomis spyruoklių specifikacijomis.
4. Nustatyti vožtuvo pagreičio pokytį, esant dirbusiai spyruoklei.

Spyruoklės gali nusilpti dėl įvairių priežasčių, viena iš jų metale susiformavę plyšiai (Sujal, 2013). Susiformavus ir plintant plyšiui metale, mažėja spyruoklės darbinis skerspjūvio plotas, kartu mažėja ir spyruoklės standumas. Susiformavęs plyšys dirbant spyruoklei plinta kol spyruoklė nutrūksta.

Tyrimo metodika

Nustatant spyruoklių atliktų darbo ciklų skaičių neužtenka žinoti tik nuvažiuotą automobilio ridą, nes spyruoklės atlieka darbo ciklus iškart užvedus variklį, o automobilis gali stovėti vietoje, pavyzdžiui eismo spūstyse. Šią problemą išspręsti padeda darbo valandų duomenys, vidutinis greitis ir vidutinės darbinės variklio apskukos, esantys automobilio kompiuterinėse sistemose, kurias galima nuskaityti su specialia įranga. Tiriamos spyruoklės yra atlikusios 710000000 darbo ciklų.

Prieš atliekant matavimus, spyruoklės yra nuplaunamos ir nusauginamos, nes patekęs pašalinis objektas tarp spyruoklės vijų ar plokštu mu, gali ženkliai įtakoti matavimo rezultatus. Matavimo prietaisu galima išmatuoti spyruoklės jėgą visame spyruoklės eigos diapazone. 3 pav. pateiktas vienos spyruoklės pilno diapazono matavimų grafikas.

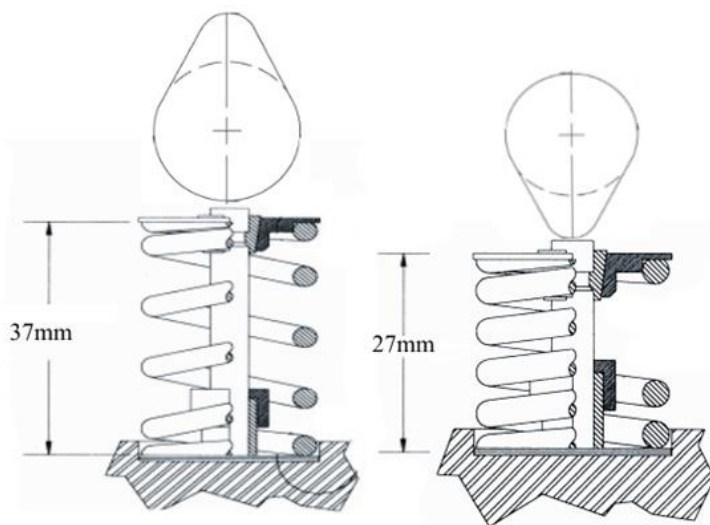


3 pav. Spyruoklės suspaudimo grafikas
Šaltinis: sudaryta autorių

Tokiu būdu yra sudėtingiau tiksliai apdoroti rezultatus ir yra didesnė tikimybė atsirasti paklaidoms, todėl įvairioje literatūroje nurodoma dviejų taškų matavimo metodika (Bell, 2012; Heisler, 1997; Burgess ir kt., 2003; Vizard, 1992). Du matavimo taškai parinkti pagal vietas, užtikrinančias gerą mechanizmo veikimą.

Pirmas matavimo taškas yra mechanizme įdėtos spyruoklės aukštis, dar kitaip vadinamas instaliacinis aukštis, kuris reguliuoja pradinę spyruoklės įvaržą, užtikrinančią mechanizmo stabilų veikimą, grįžtant spyruoklei į pradinę padėtį. Antras matavimo taškas yra ties maksimaliu spyruoklės suspaudimo aukščiu mechanizme. Šis taškas nurodo spyruoklės jėgą, ties reikalinga maksimalia apkrova. Šiuos du taškus galima aiškiai matyti 4 pav. Esant per mažai prispaudimo jėgai arba spyruoklei nusilpus, gali atsirasti nepageidaujamas šokinėjimas ir judesio vėlavimas grįžtamuoju momentu.

Išanalizavus rinkoje esančių matavimo prietaisų veikimo principą ir konstrukciją, suprojektuotas ir pagamintas tyrimui atlikti reikalingas prietaisas pateiktas 5 pav. Konstrukciją sudaro krumpliastiebis spyruoklės nuspaudimui, spyruoklės suspaudimą matuoja elektroninis indikatorius, o spyruoklės pasipriešinimo jėgą matuoja elektroninių svarstyklių jutiklis. Matavimo duomenys iš indikatoriaus ir jutiklio realiu laiku apdorojami mikrovaldikliu ir atvaizduojami ekrane. Kad spyruoklė būtų nuspausta tiksliai reikalingame aukštyje, yra sureguliuojama speciali atrama, kuri neleidžia nuspausti spyruoklės daugiau, nei nustatyta. Taip užtikrinamas tikslus nuspaudimas ties reikiamu aukščiu ir vienodas nuspaudimas visoms matuojamoms spyruoklėms.



4 pav. Spyruoklės matavimas dviejų taškų metodu

Šaltinis: https://www.lunatipower.com/valve-spring-tech?fbclid=IwAR1WH7sUz_gLzWj_3Ei0dVy6jc0c_OvC7DsV_mA8eCwg7iBKgqbHshyFYQA



5 pav. Pagamintas matavimo stendas

Šaltinis: sudaryta autorių

Naujų spyruoklių matavimo rezultatai

Atlikus spyruoklių jėgos matavimus matyti, kad naujų nedirbusių spyruoklių, kurios naudotos kaip etalonas, tarpusavio jėgos skirtumas minimalus (0,17 %). Naujų spyruoklių matavimų duomenys pateikti 1 lentelėje. Gamintojo specifikacijose nurodoma jėga kilogramų tikslumu, o matavimų aukštis milimetrų tikslumu. Gamintojo specifikacijose nurodoma 27 kg jėga ties 37mm ir 62 kg jėga ties 27mm aukščiu.

1 lentelė.

Naujų spyruoklių matavimo rezultatai

Spyruoklės numeris	Spaudimo jėga, kg	
	Ties 27 mm aukščiu	Ties 37 mm aukščiu
1	62,23	27,00
2	62,34	27,05

Šaltinis: sudaryta autorių

Dirbusių spyruoklių matavimo rezultatai

Naudotų spyruoklių matavimų rezultatai pateikti 2 lentelėje ir 6 pav. Mažiausiai nusilpusi spyruoklė ties maksimaliu darbinio suspaudimu yra Nr. 7. Jos išmatuota jėga 62,08 kg, o tai visiškai atitinka naujos spyruoklės jėgą ties maksimaliu darbinio suspaudimu.

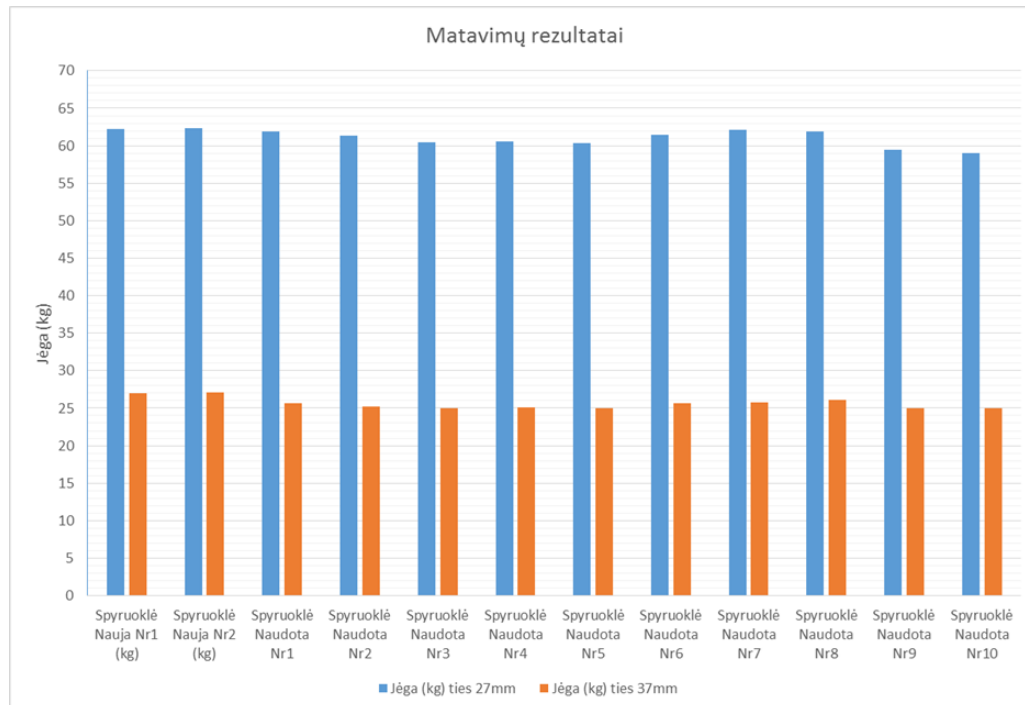
Daugiausiai nusilpusi dirbusi spyruoklė numeris 10, jos išmatuota jėga ties 27 mm yra 59,05 kg. Gamintojo deklaruojamas serviso limitas, ties maksimaliu darbinio suspaudimu 27 mm yra -5 kg, lyginant su naujomis. Kitaip sakant 57 kg, yra minimali leistina spyruoklės jėga ties 27 mm. Naudotos spyruoklės, lyginant su naujomis, ties 27 mm vidutiniškai nusilpo 2%. Naudotų spyruoklių matavimų rezultatai ties 37 mm rodo vidutiniškai 6% nusilpimą. Ties 37 mm aukščiu labiausiai nusilpusi spyruoklė Nr. 9 – 24,96 kg. Visos spyruoklės nusilpusios labiau ties pradinės įvaržos tašku, kuriame spyruoklės dažniausiai būna, ypač nedirbant varikliui.

2 lentelė.

Dirbusių spyruoklių rezultatai

Spyruoklės numeris	Nr:1	Nr:2	Nr:3	Nr:4	Nr:5	Nr:6	Nr:7	Nr:8	Nr:9	Nr:10
Jėga (kg) ties 27 mm aukščiu	61,87	61,34	60,45	60,53	60,31	61,41	62,08	61,9	59,46	59,05
Jėga (kg) ties 37 mm aukščiu	25,68	25,25	25,0	25,1	25,0	25,62	25,73	26,1	24,96	25,0

Šaltinis: sudaryta autorių



6 pav. Atliktų matavimų rezultatų grafikas

Šaltinis: sudaryta autorių

Vožtuvo pagreičio skaičiavimas

Linijiniu judesiu judantį mechanizmą sudaro vožtuvas, tiriamaoji spyruoklė, lėkštutė, du fiksatoriai ir hidraulinis kompensatorius. Šių detalių išmatuota masė pateikta 3 lentelėje.

Išmatavus ir sudėjus atskirų komponentų svorį gauta 142,5g bendra masė. Atstojamoji jėga F, šiuo atveju yra spyruoklės jėga, ties maksimaliu darbiniu nuspaudimu, kuris atitinka metodikoje naudotą 27mm nuspaudimo aukščio tašką. Naujos spyruoklės šiame taške turi 62,00 kg jėgos, o labiausiai nusilpusi spyruoklė 59,05 kg. Bendra mechanizmo masė išlieka ta pati. Atliktų skaičiavimų rezultatai pateikti 4 lentelėje. Spyruoklei nusilpus 2,95 kg, maksimalus pagreitis sumažėjo 5%. Iš 2 pav. matyti, kad vožtuvas nuspaudžiamas paskirstymo velenėlio kumštelio netolygiai. Taip pat vožtuvo ir spyruoklės nuspaudimo ir atleidimo trukmė priklauso ne tik nuo variklio apsisukimų skaičiaus per minutę bet ir nuo paskirstymo velenėlio kumštelio geometrijos.

3 lentelė.

Maitinimo sistemos detalių masė

Detalės pavadinimas	Detalės masė, g
Vožtuvas	47
Spyruoklė	40
Lėkštutė	8
Fiksatorius (2 vnt.)	1
Hidrokompensatorius	46,5
Bendra masė	142,5

Šaltinis: sudaryta autorių

4 lentelė.

Vožtuvo pagreičio pokyčio skaičiavimo rezultatai

Spyruoklė	Spyruoklės jėga, kg	Bendra mechanizmo masė, g	Vožtuvo pagreitis, m/s ²
Nauja	62,00	142,5	4266,753
Naudota Nr. 10	59,05	142,5	4060,297
Pokytis, %	-5	0	-5

Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados

1. Visos naudotos spyruoklės nusilpusios labiau ties pradinės įvaržos tašku, kuriame spyruoklės dažniausiai būna, ypač nedirbant varikliui.
2. Išmatuotų dirbusių spyruoklių nusilpimo vidurkis 1,445 kg ties 27 mm. Labiausiai nusilpusi spyruoklė 3,235 kg ties 27 mm. Visos išmatuotos spyruoklės dar tinkamos naudojimui, nes gamintojo nurodomas serviso limitas -5 kg ties 27 mm aukščio riba.
3. Paskaičiuotas vožtuvo pagreičio sumažėjimas, dirbant naudotai spyruoklei, sudaro -5 %.

Literatūra

1. Bell G. Four-stroke performance tuning. Haynes Publishing; 4-th edition, 2012.
2. Burgess P., Gollan D. How to Build, Modify & Power Tune Cylinder Heads. Veloce Publishing; 3rd edition, 2003.
3. Halderman J. D. Automotive Engines: Theory and Servicing. Pearson; 9th edition, 2017.
4. Heisler H. Advanced Engine Technology. Elsevier Science & Technology, 1997.
5. Juodviršis E.. Spyruoklės mechaninio nuovargio tyrimas. Magistro darbas, Vilniaus universitetas Šiaulių akademija, 2021.
6. Monroe T. Racing Engine Builder's Handbook. HP Books; 1st edition, 2006.
7. Plint M. A., Martyr A. J. Engine Testing: Theory and Practice. Butterworth-Heinemann; 3rd edition, 2011.
8. Sujal V. P., Shrikant G.P. Failure Analysis Of Exhaust Valve Spring Of C.I.Engine. International Journal of Engineering Research & Technology. Vol.2, Issue 3, 2013.
9. Vizard D. How to Build and Modify Chevrolet Small-Block V8 Camshafts and Valvetrains. Motorbooks International, 1992.

M52B25 ENGINE VALVE SPRING FATIGUE RESEARCH

Summary

In this work, the changes of spring parameters were analyzed by comparing the measured results of new springs and same type springs that was operating under normal conditions. Methods of measuring spring stiffness, principles of operation and structures of measuring devices are analyzed. The chosen methodology and the design of the measuring device allow to quickly and accurately measure the required mechanical characteristics of springs for various purposes. The conclusions are made by comparing the measurement results with the manufacturer's spring specifications.

The paper has been prepared on the basis of E. Juodviršis Master Thesis.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Edvinas Juodviršis

Mokslo laipsnis ir vardas: inžinerijos magistras

Darbo vieta ir pozicija: MB EJProMods, Motorsporto inžinierius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, prototipų kūrimas, medžiagų technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 654 56500, edvinas232@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Artūras Sabaliauskas.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Šiaulių valstybinės kolegijos, Verslo ir technologijų fakulteto Transporto inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: gamybos technologijos, prototipų tyrimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 650 95356, a.sabaliauskas@svako.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Ramūnas Ignatavičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: lektorius

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Šiaulių valstybinės kolegijos, Verslo ir technologijų fakulteto Transporto inžinerijos katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto priemonės, elektromobiliai, saugus eismas.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 645 82081, r.ignatavicius@svako.lt

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Edvinas Juodviršis

Science degree and name: Master degree of engineering

Workplace and position: MB EJProMods, motorsport engineer.

Author's research interests: An internal combustion engine, prototype development, material technologies, engineering research methodology.

Telephone and e-mail address: 8 654 56500, edvinas232@gmail.com

Author name, surname: Artūras Sabaliauskas.

Science degree and name: doctor

Workplace and position: Šiauliai State University of Applied Sciences, Faculty of Business and Technologies, Transport Engineering department, Assoc. Prof.

Author's research interests: production technologies, prototype investigation.

Telephone and e-mail address: 8 650 95356, a.sabaliauskas@svako.lt

Author name, surname: Ramūnas Ignatavičius.

Science degree and name:

Workplace and position: Šiauliai State University of Applied Sciences, Faculty of Business and Technologies, Transport Engineering department, lecturer.

Author's research interests: vehicles, electric cars, safe traffic.

Telephone and e-mail address: 8 645 82081, r.ignatavicius@svako.lt

DVIRATININKO JUDĖJIMO PO PARTRENKIMO AUTOMOBILIU ANALIZĖ

Edvinas Juodka, Edgar Sokolovskij
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Straipsnyje nagrinėjamas vienas iš eismo įvykių atvejų – dviratininko partrenkimas. Pristatomi dviratininko modeliai ir tokio eismo įvykio analizės principai. Pateikta tyrimo atlikimo metodika. Atlikti dviratininko partrenkimo atvejų modeliavimai, naudojant kompiuterinę programą PC CRASH 8.1, skirtą eismo įvykiams tirti. Nustatyta, kad tam tikrais atvejais apie pradinį automobilio važiavimą prieš eismo įvykį greitį orientaciniai galima spręsti pagal dviratininko atmetimo atstumą ir kampą.

Reikšminiai žodžiai: eismo įvykis, dviratininko partrenkimas, modeliavimas, dviratininko modelis.

Įvadas

Eismo įvykių metu dažniausiai nukenčia ne tik transporto priemonės, bet ir žmonės (Sokolovskij, Prentkovskis, 2013). Viena iš tokių eismo įvykių rūšių, kuriai būdingi didesni eismo įvykio dalyvio kūno sužalojimai, yra dviratininko partrenkimas. To priežastis – kaip ir pėsčiojo partrenkimo atveju, dviratininkas sąlyginai mažiau nuo traumų apsaugotas eismo dalyvis. Traumų būna įvairių: nuo labai lengvų iki labai sunkių, o dažnas atvejis baigiasi mirtimi. Priklausomai kokios būna eismo įvykių pasekmės, atsiranda daugybė nesutarimų dėl eismo įvykio priežasties, kaltininko nustatymo ir kitų detalių. Kad išsiaiškinti eismo įvykio aplinkybes yra atliekamos eismo įvykio ekspertizės, kurios įvertina tokius faktorius, kaip transporto priemonių greitis, judėjimo kryptys, eismo sąlygos. Tokių eismo įvykių kaip dviratininko partrenkimai, metodikos yra tobulintinos ir nemažai jos aspektų reikalauja papildomų tyrimų.

2020 metais Lietuvoje iš viso užregistruoti 3022 eismo įvykiai, iš kurių 246 įvyko dėl neblaivių vairuotojų kaltės (Oficialiosios statistikos portalas, 2020). Nuo 2016 iki 2019 metų eismo įvykiuose žuvo iš viso 51 dviratininkas, o sužeisti – 1109 dviratininkai. Kaip eismo įvykio kaltininkai dviratininkai sudarė vidutiniškai 4,7 % visų kaltininkų. Remiantis Lietuvos statistika, eismo įvykiai atsitinka dėl tokių priežasčių kaip leistino greičio viršijimas, nesaugus lenkimas, netinkamas eismo sąlygų įvertinimas, kelių eismo taisyklių nesilaikymas, eismo kultūros stoka. Taip pat neigiamą įtaką daro alkoholio, psichotropinių medžiagų vartojimas ir nuovargis (Lietuvos automobilių kelių direkcija, 2020).

Globaliu mastu, eismo įvykių susijusių su dviratininkais daugiausiai nutinka Kinijoje. Ten dviratis – dažniausiai naudojama susisiekimo priemonė. Kaip pavyzdys, Tiandzino mieste apie 77 % transporto priemonių sudaro dviračiai, kai Sidnėje (Australija) tuo tarpu dviračiai sudaro tik 1 % visų transporto priemonių. Apytiksliai paskaičiuota, kad Kinijoje tokią transporto priemonę turi kas ketvirtas gyventojas. Nors 45 % visų mirčių eismo įvykių metu sudaro dviratininkai, ten šalmo naudojimas yra retas dalykas (World report on road traffic injury prevention, 2004).

Eismo įvykiui įvykus, reikia išsiaiškinti priežastis, kodėl jis įvyko. Pagrindinės priežastys yra susijusios su vairuotoju, transporto priemone ir keliu. Eismo įvykių analizės yra skirtos tam, kad nustatyti informaciją apie eismo įvykio dalyvius, transporto priemones, kelio sąlygas ir jų įtaką eismo įvykio kilimui (Lecture Notes in Transportation Systems Engineering, 2020).

Daug mokslininkų nagrinėja skirtingų faktorių įtaką eismo įvykių kilimui (Zaranka ir kt., 2021), įvykių rekonstrukcijos klausimus (Žuraulis ir kt., 2018) ir įvairių parametrų panaudojimo ją atliekant klausimus (Nagurnas ir kt., 2007). Dviratininko partrenkimo, kaip ir kitų eismo įvykių, atveju labai svarbu tinkamai atkurti eismo įvykio eigą.

Šiuo metu dviratininkų partrenkimai mokslinėse publikacijose dažnai nagrinėjami, įvertinant dviratininko kūno sužalojimus tokio pobūdžio įvykio metu. Pavyzdžiui, Veisten ir kt. (2007) nagrinėjo dviratininkų sužalojimus eismo įvykių metu Norvegijoje. Atskirų kūno dalių sužeidimus nustatė Raslavičius ir kt. (2017). Buvo sumodeliuoti 4 įvykių scenarijai, kuomet automobilis į dviratininką trenkiasi skirtingais kampais. Nustatyta, kad pagrindinę įtaką kūno sužalojimo mastui daro automobilio greitis ir transporto priemonių tarpusavio padėtis prieš susidūrimą. Pagal apibendrintą sužalojimų skalę dviratininkas patyrė nuo 3 iki 6 lygio sužalojimus.

Šio tyrimo objektas – dviratininkas ir jo judėjimas po susidūrimo su automobiliu. Siekiama nustatyti pradinio automobilio važiavimą prieš eismo įvykį greičio priklausomybę nuo dviratininko atmetimo atstumo ir kampo.

Šio tyrimo tikslas – atlikus eismo įvykių – dviratininko partrenkimas – teorinę analizę ir kompiuterinį modeliavimą, pasiūlyti tyrimo metodikas, leidžiančias tiksliau ištirti dviratininkų partrenkimo aplinkybes.

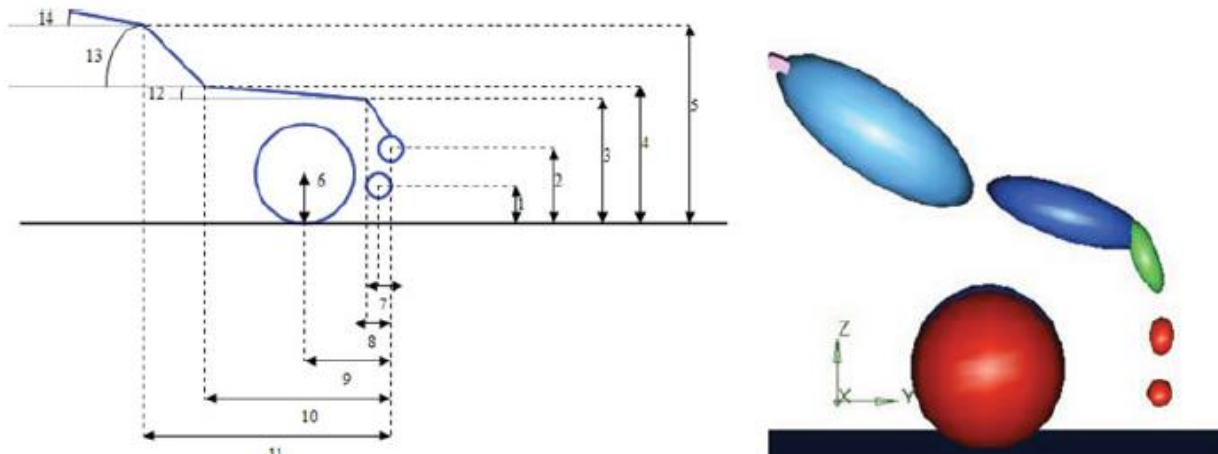
Uždaviniai:

- išnagrinėti tiriant eismo įvykius naudojamus dviratininko modelius;

- sumodeliuoti dviratininkų partrenkimus skirtingomis aplinkybėmis, naudojant kompiuterinę programą PC CRASH 8.1, skirtą eismo įvykiams tirti;
- įvertinti galimybes spręsti apie automobilio pradinį važiavimo greitį pagal dviratininko atmetimo atstumą ir kampą.

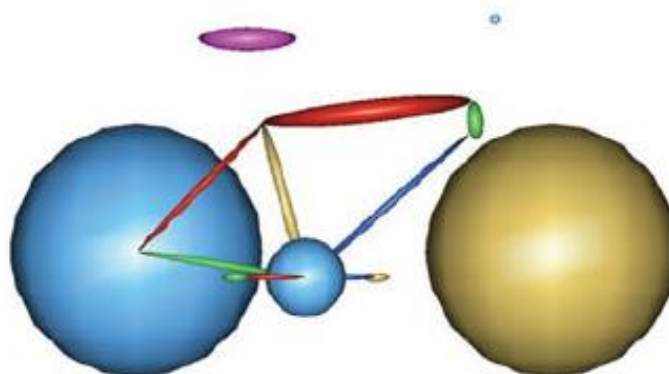
1. Dviratininko partrenkimo teorinė analizė ir rekonstrukcija, naudojami modeliai

Bourdet N. ir kt. (2013) analizavo eismo įvykių, susijusių su automobilių ir dviratininkų susidūrimais, rekonstrukcijas. Kiekvieno įvykio rekonstrukcija buvo atliekama naudojant „MADYMO“ programinę įrangą. 8 eismo įvykiai buvo rekonstruoti naudojantis Prancūzijos instituto (IFSTTAR) sukurtu modeliu. Kiti 18 eismo įvykių buvo rekonstruoti naudojantis Unistra „TNO“ modeliu. Baigtinių elementų metodo simuliacija atlikta naudojantis „RADIOSS“ programine įranga. Žemiau pavaizduotas automobilio modelis (1 pav.), sukurtas Prancūzijos instituto (IFSTTAR). Modelis susideda iš skritulių ir elipsės formos kūnų.



1 pav. Automobilio modelis
Šaltinis: (Bourdet ir kt., 2013)

2 pav. pavaizduotas dviračio modelis (Bourdet ir kt., 2013).

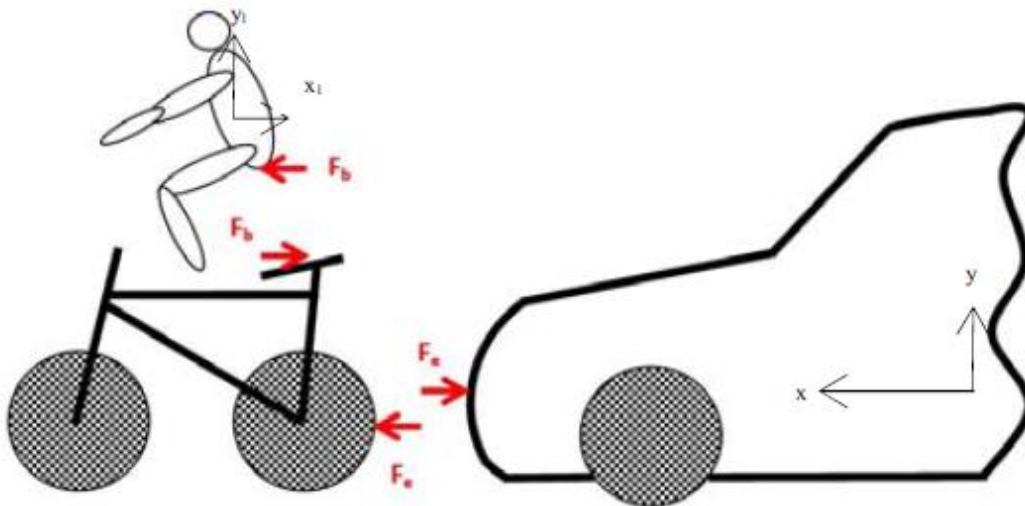


2 pav. Dviračio modelis
Šaltinis: (Bourdet ir kt., 2013)

Rekonstruojant eismo įvykį buvo nustatomi automobilio, dviratininko greičiai, padėtys prieš pat smūgį. Nustatyti minėti parametrai galima remiantis energijos perdavimo principu tarp automobilio ir dviratininko arba stabdymo keliu. Pagrindiniai rekonstrukcijos metodikos aspektai yra tokie:

- tyrimo rezultatai priklauso nuo tokių nežinomų parametrų kaip aukštis, svoris, automobilio greitis, stabdymo kelias;
- įvykio modeliavimo metu dviratininkas, dviratis ir automobilis yra susieti ryšiais;
- įvykio rekonstrukcijos patikslinimas atliekamas, palyginant pradinį žinomus parametrus su parametrais, gautais atlikus simuliaciją.

Kitame straipsnyje (Condrea ir kt., 2017) nagrinėjamas partrenkiamas dviratininko modelis, kai automobilis trenkiasi į galinį dviračio ratą. Pirminio smūgio metu, tarp dviračio rato ir automobilio bamperio, atsiranda smūgio jėga F_e . Dėl smūgio jėgos, taip pat susidaro jėgos F_b , kurios veikia dviratininko ir dviračio sėdynės kontaktą (3 pav.).

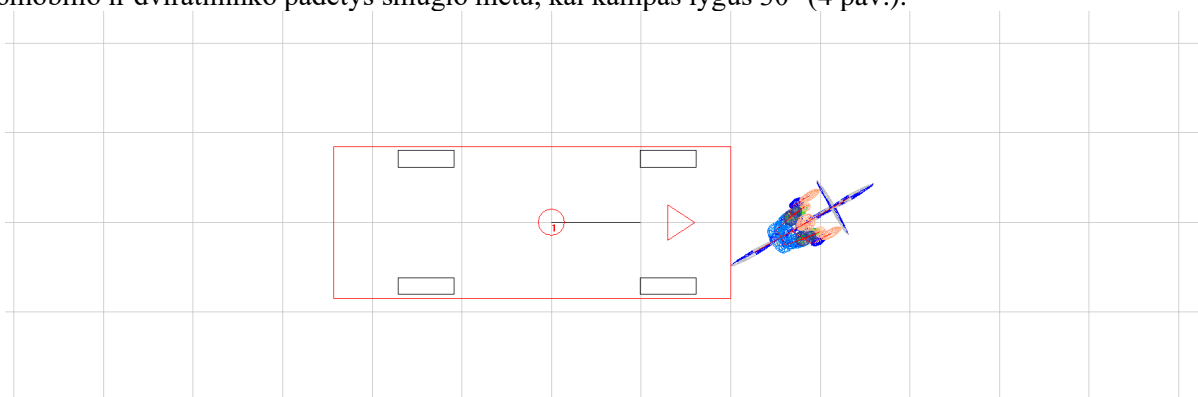


3 pav. Tarp dviratininko, dviračio ir automobilio susidariusios jėgos
Šaltinis: (Condea ir kt., 2017)

Panašus susidūrimo modelis yra automobiliui atsitrenkiant į dviratininką kitu kampu, t. y. tuo atveju, kai prieš dviratininko partrenkimą jis nejuda lygiagrečiai automobilio važiavimo prieš įvykį kryptiai, o juda tam tikru kampu jos atžvilgiu. Žinoma, tokiais atvejais yra tam tikra specifika, kiek skiriasi jėgų kryptys ir didžiai. Po partrenkimo dviratininkas paprastai užmetamas ant automobilio variklio gaubto ir po to nubloškiamas didesne dalimi automobilio važiavimo prie įvykį kryptimi, o jeigu dviratininkas juda skersine kryptimi, tai kažkiek ir dviratininko pirmine važiavimo kryptimi.

2. Tyrimo atlikimo metodika

Modeliavimai atliekami naudojant kompiuterinę programą PC Cras h 8.1 ir joje naudojamus automobilio ir dviratininko modelius. Modeliavimai buvo atliekami automobiliui BMW 320 (paruoštos eksploatuoti transporto priemonės masė – 1316 kg) ir dviratininkui (kurio masė – 92 kg). Automobilio ir dviratininko techniniai duomenys imami iš kompiuterinės programos PC Crash 8.1 duomenų bazės. Modeliavimas vyksta daugiamatėje erdvėje. Simuliacijos metu įvyksta susidūrimas tarp automobilio ir dviratininko skirtingais kampais. Modeliuota, priimant automobilio važiavimo greitį nuo 30 iki 90 km/h, dviratininko važiavimo greitį 10, 15 ir 20 km/h, priimat skirtingus susidūrimo kampus tarp abiejų transporto priemonių, pradedant nuo 0° (automobilis ir dviratis juda tomis pačiomis kryptimis) ir baigiant 180° (automobilis ir dviratis juda priešingomis kryptimis), keičiant jį intervalu kas 30°. Pavyzdžiui pavaizduota automobilio ir dviratininko padėtys smūgio metu, kai kampas lygus 30° (4 pav.).



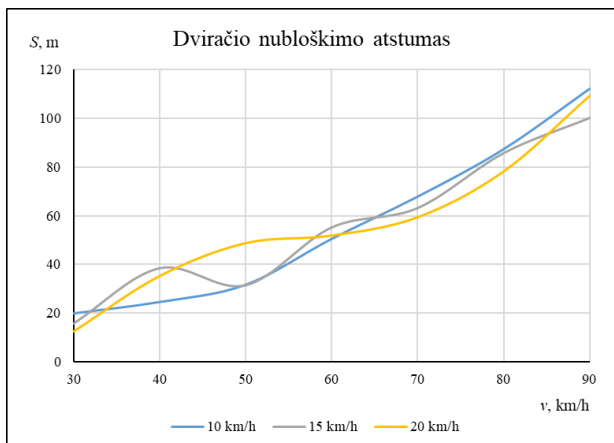
4 pav. Automobilio ir dviratininko padėtis smūgio metu, kai kampas lygus 30°
Šaltinis: sudaryta autorių

Kai visos simuliacijos įvykdytos, nubloškimo atstumo ir nubloškimo kampo dydžiai yra surašomi bei apibendrinami ir dviratininkui, ir dviračiui. Pagal šiuos duomenis sudaromos dviračio ir dviratininko nubloškimo atstumų ir kampų priklausomybės nuo pradinio automobilio važiavimo greičio.

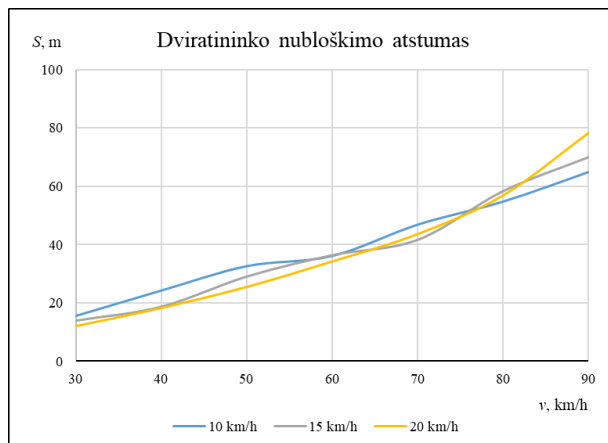
3. Tyrimų rezultatai ir jų analizė

Kaip jau buvo minėta, buvo modeliuotas dviratininko partrenkimas, esant skirtingam jo išsidėstymui automobilio atžvilgiu, esant susidūrimo kampams tarp abiejų transporto priemonių nuo 0° iki 180°. 5 ir 6 pav.

pavaizduotos dviračio ir dviratininko nubloškimo atstumų priklausomybės nuo automobilio greičių, kai kampas smūgio metu lygus 30° .



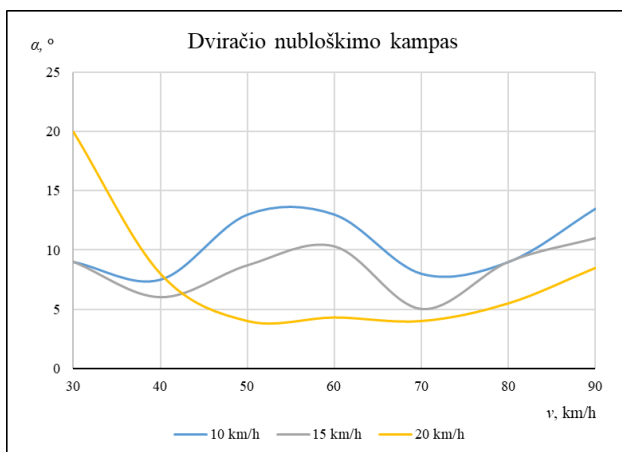
5 pav. Dviračio nubloškimo atstumai, kai susidūrimo kampas $\alpha = 30^\circ$
Šaltinis: sudaryta autorių



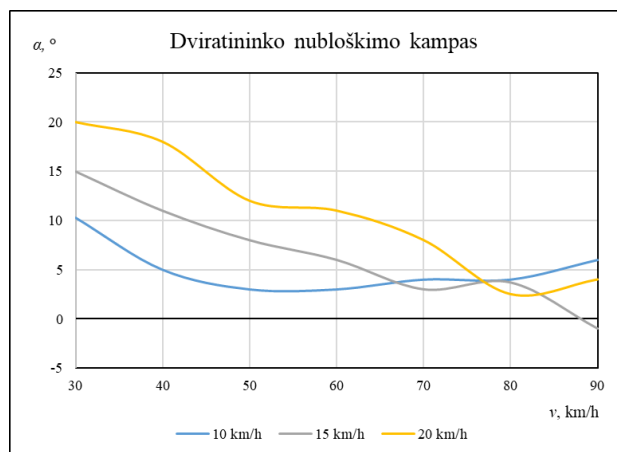
6 pav. Dviratininko nubloškimo atstumai, kai susidūrimo kampas $\alpha = 30^\circ$
Šaltinis: sudaryta autorių

Matyti, kad dviračio nubloškimo atstumas didėja didėjant pradiniam automobilio važiavimo greičiui (5 pav.). Tačiau esant automobilio važiavimo greičiui 50 km/h, o dviratininko važiavimo greičiui 15 km/h., dviračio nubloškimo atstumas staiga sumažėja. Toks rezultatai nėra dėsningas, bet daugiau nulemtas atsitiktinumo faktorių, nes dviračio judėjimas po susidūrimo su automobiliu priklauso nuo daugelio atsitiktinių faktorių, tokių kaip konkreti kontakto vieta, dviračio pasvirimas ir palindimas po automobiliu ir pan. 6 pav. pavaizduota dviratininko nubloškimo atstumų priklausomybė nuo automobilio greičių. Minimalus nubloškimo atstumas (12 m) užfiksuotas, kai dviratininkas važiavo 20 km/h greičiu, o automobilis – 30 km/h. Didžiausias dviratininko nubloškimo atstumas (78 m) fiksuotas, kai automobilis važiavo 90 km/h greičiu, o dviratininkas – 20 km/h greičiu. Taip pat, prie maksimalių transporto priemonių greičių pastebėta, kad po smūgio dviratininko poslinkis skersine kryptimi automobilio judėjimo krypties atžvilgiu yra žymiai didesnis nei prie mažų greičių. Bendroju atveju matoma, kad didėjant automobilio greičiui, didėja ir dviratininko nubloškimo atstumas (6 pav.).

7 ir 8 pav. pavaizduotos dviračio ir dviratininko nubloškimo kampų priklausomybės nuo automobilių greičių, kai kampas smūgio metu lygus 30° .



7 pav. Dviračio nubloškimo kampas, kai susidūrimo kampas $\alpha = 30^\circ$
Šaltinis: sudaryta autorių



8 pav. Dviratininko nubloškimo kampas, kai susidūrimo kampas $\alpha = 30^\circ$
Šaltinis: sudaryta autorių

Matyti, kad nėra aiškios priklausomybės ir negalima išvelgti konkrečios tendencijos tarp dviračio nubloškimo kampo ir pradinio automobilio važiavimo greičio (7 pav.), kadangi dviratis juda chaotiškai, o kai kuriais atvejais taip pat palenda ir po automobiliu. Kaip ir dviračio nubloškimo atstumo atveju, tai galima paaiškinti įvairiais atsitiktiniais faktoriais, tokiais kaip konkreti automobilio ir dviračio kontakto vieta, pačio

dviračio konstrukcija, dviračio pasvirimas ir palindimas po automobiliu ir pan., kurie dviračio nubloškimo kampo atveju turi dar didesnės įtakos.

8 pav. matoma, kad maksimalus dviratininko nubloškimo kampas lygus 20° , kai automobilis judėjo minimaliu 30 km/h greičiu, o dviratininkas judėjo maksimaliu 20 km/h greičiu. Taip yra todėl, kad kuo didesniu greičiu važiuoja dviratininkas, tuo labiau po smūgio dviratininkas yra bloškiamas labiau savo judėjimo kryptimi. Kai automobilio greitis minimalus (30 km/h) ir dviratininko taip pat minimalus (10 km/h), tai smūgio metu dviratininkas yra bloškiamas labiau automobilio judėjimo kryptimi, dėl ko ir matoma, kad šiuo atveju nubloškimo kampas yra lygus apie 10° . Prie didžiausio automobilio greičio (90 km/h) matomas minimalus dviratininko nubloškimo kampas (-1°). Bendruoju atveju matoma, kad didėjant automobilio greičiui, dviratininko nubloškimo kampas mažėja, nes tokiu atveju jis po susidūrimo nubloškiamas labiau automobilio pirmine važiavimo kryptimi.

Analogiškai buvo modeliuoti susidūrimai, esant kitiems kampams tarp automobilio ir dviratininko, pradedant nuo 0° ir baigiant 180° , intervalu kas 30° .

Išvados

Sumodeliavus dviratininkų partrenkimus skirtingomis aplinkybėmis, t. y. esant skirtingiems jų važiavimo greičiams ir kampams tarp transporto priemonių susidūrimo metu, naudojant kompiuterinę programą PC CRASH 8.1, skirtą eismo įvykiams tirti, nustatyta, kad:

- dviračio nubloškimo kampas, o dažniausiai ir atstumas, nėra pakankamai informatyvūs nustatant automobilio važiavimo prieš dviratininko partrenkimą greitį, nes dviračio judėjimas po tokio susidūrimo dažnai būna chaotiškas ir priklausomas nuo daugelio sunkiai įvertinamų aplinkybių, tokių kaip palindimas po automobiliu arba konkretaus kontakto specifikos, kurios dažniausiai nėra galimybės įvertinti;

- tuo tarpu, esant kampui tarp automobilio ir dviratininko išilginių simetrijos ašių 30, 60 ir 90 laipsnių, matoma aiški priklausomybė tarp automobilio važiavimo greičio ir dviratininko nubloškimo atstumo, o dažniausiai ir tarp automobilio važiavimo greičio ir dviratininko nubloškimo kampo;

- dviratininko judėjimo greitis dažniausiai neturi reikšmingos įtakos nubloškimo atstumui ir atmetimo kampui, kad į jį būtų galima atsižvelgti įvertinant pradinį automobilio važiavimo greitį (galimai dėl to, kad pats dviračio judėjimo greičių diapazonas yra gan mažas ir greičiai ženkliai mažesni nei automobilio važiavimo greitis).

Tam tikrais atvejais (pavyzdžiui, esant tarp automobilio ir dviratininko išilginių simetrijos ašių 30, 60 ir 90 laipsnių kampui), vertinant kartu dviratininko nubloškimo atstumą ir jo nubloškimo kampą, esant pakankamam rezultatų suderinamumui, galima orientaciniai spręsti apie automobilio važiavimo greitį prieš dviratininko partrenkimą pagal dviratininko nubloškimo atstumą ir kampą.

Literatūra

1. Bourdet N., Deck T., Serre C., Perrin M., Llari & R., Willinger. In-depth real-world bicycle accident reconstructions, *International Journal of Crashworthiness*. Vol. 19 (2013): 222-232.
2. Condrea, OA.; Chiru, A.; Chiriac RL.; Vlase S. Mathematical model for studying cyclist kinematics in vehicle – bicycle frontal collisions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. (2017). DOI: 10.1088/1757-899X/252/1/012003.
3. *Lecture Notes in Transportation Systems Engineering* [Interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2020 spalio 20 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.civil.iitb.ac.in/tvm/nptel/582_Accident/web/web.html#x1-70003>.
4. *Lietuvos automobilių kelių direkcija, 2016 – 2019* [Interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2020 lapkričio 12 d.]. Prieiga per internetą: <https://lakd.lrv.lt/uploads/lakd/documents/files/eismo_saugumas/statistika/2020/eismo_ivykiu_statistika_2016%E2%80%932019.pdf>.
5. Nagurnas, S., Mitunevičius V., Unarski J., Wach W. Evaluation of veracity of car braking parameters used for the analysis of road accidents. *Transport*. Vilnius: Technika. ISSN 1648-4142. Vol. 22, no. 4 (2007), p. 307-311.
6. *Oficialiosios statistikos portalas* [Interaktyvus]. 2020. Rodiklių duomenų bazė [žiūrėta 2020 lapkričio 5 d.]. Prieiga per internetą: <[https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S5R035#/>](https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S5R035#/).
7. Raslavičius R.; Bazaras, L.; Keršys, A.; Lukoševičius, V.; Makaras, R.; Eidukynas, V. Assessment of bicycle – car accidents under four different types of collision, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*. Vol. 231 (2017): 222-234.
8. Sokolovskij E., Prentkovskis O. Investigating traffic accidents: the interaction between a motor vehicle and a pedestrian. *Transport*. Vilnius: Technika. ISSN 1648-4142. Vol. 28, no. 3 (2013), p. 302-312.
9. Veisten K., Salensminde K., Alvar K., Bjornskau T., Elvik R., Schistad T., Ytterstad B. Total costs of bicycle injuries in Norway: Correcting injury figures and indicating data needs, *Accident Analysis & Prevention*. Vol. 39 (2007): 1162-1169. DOI: 10.1016/j.aap.2007.03.002.

10. *World report on road traffic injury prevention*. 2004. World health organization. Šveicarija: Ženeva. 244 p. ISBN 92 – 4 – 156260 – 9.
11. Zaranka J.; Pečeliūnas R.; Žuraulis V. A road safety-based selection methodology for professional drivers: Behaviour and accident rate analysis. *International journal of environmental research and public health*. Basel: MDPI. ISSN 1661-7827. vol. 18, iss. 23 (2021), p. 1-18.
12. Žuraulis V., Sokolovskij E. Vehicle velocity relation to slipping trajectory change: an option for traffic accident reconstruction. *Promet – Traffic&Transportation*. Zagreb: University of Zagreb. ISSN 0353-5320. vol. 30, no. 4 (2018), p. 395-406.

ANALYSIS OF THE MOVEMENT OF A BICYCLIST AFTER RUNNING DOWN BY AUTOMOBILE

Summary

The article deals with one of the cases of traffic accidents – the running down of a bicyclist. The models of a bicyclist and the principles of the analysis of such a traffic accident are presented. The methodology of the research is presented. Simulations of automobile and bicyclist collisions were performed using the computer program PC CRASH 8.1 for the investigation of traffic accidents. It has been found that, in some cases, the initial speed of an automobile before an accident can be judged by the bicyclist's throw distance and angle.

Key words: traffic accident, running down of bicyclist, modelling, bicyclist model

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Edvinas Juodka

Darbo vietą ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakulteto, Automobilių inžinerijos katedros magistrantas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto priemonių dinamika, eismo saugumas, eismo įvykių analizė ir ekspertizė

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 626 98755, edvinas.juodka@stud.vilniustech.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Edgar Sokolovskij

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, profesorius

Darbo vietą ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakulteto, Automobilių inžinerijos katedros profesorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto priemonių dinamika, eismo saugumas, eismo įvykių analizė ir ekspertizė.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 682 43620, edgar.sokolovskij@vilniustech.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Edvinas Juodka

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

Author's research interests: vehicle dynamics, traffic safety, traffic accidents analysis and expertise

Telephone and e-mail address: +370 626 98755, edvinas.juodka@stud.vilniustech.lt

Author name, surname: Edgar Sokolovskij

Science degree and name: doctor, professor

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

Author's research interests: vehicle dynamics, traffic safety, traffic accidents analysis and expertise

Telephone and e-mail address: +370 682 43620, edgar.sokolovskij@vilniustech.lt

BIOLOGINIAI PLASTINIAI TEPALAI APLINKOJE

Artūras Kupčinskas

Kauno technikos kolegija

Anotacija

Biologinių plastinių tepalų naudojimas vertingas dėl mažo oro, vandens ir dirvos teršimo, minimalios grėsmės sveikatai ir saugumui, taip pat jų suirimo biodegraduojant, bei gerų tribologinių savybių. Šiame darbe pateikiamas trijų augalinių aliejų ir kiaulių taukų grynų, ir modifikuotų tepamųjų savybių, ir biologinio suirtamumo bei lašėjimo temperatūrų palyginimas. Nustatyta, kad geriausias tepamasias savybes iš tirtų tiek grynų, tiek modifikuotų aliejų ir taukų, parodė kiaulių taukai. Gryni kiaulių taukai lyginant su linų aliejumi nudilo mažiau 1,4 karto už linų ir saulėgrąžų aliejus, ir 1,3 karto už rapsų aliejų. Lyginant etaloninę alyva su kiaulių taukai rezultatai panašūs. Didžiulis dėmesys skiriamas tepalo suirstamumui, kuris apsaugotų gamtą nuo didelių taršos poveikių. Ypatingas aplinkai draugiškų tepalų panaudojimas šiuo metu yra tiesiogiai su aplinka kontaktuojančiose vietose, kaip vandens transportas ar vandens priežiūros priemonės, taip pat ir miškininkystės agregatai, kaip pjūklai ar automatinės medžių pjautuvės, bei įvairioms mašinoms su įvairiais su aplinka kontaktuojančiais prietaisais, komunalinių paslaugų automobiliai, sniego valytuvai, ar šlavimo prietaisai. Taip pat, perduodamais tepimais kaip traukiniai, ar tramvajai kurių deja savo šalyje neturime. Lyginant tirtų medžiagų biologinį suirtamumą, geriausia suiro modifikuotas rapsų aliejus, o prasčiausiai modifikuoti kiaulių taukai.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Aliejai, kiaulių taukai, biosuirtamumas, tepimas, dilimas, lašėjimo temperatūra.

Įvadas

Didžiulis dėmesys skiriamas tepalo suirstamumui, kuris apsaugotų gamtą nuo didelių taršos poveikių. Todėl aplinkai draugiški tepalai sparčiai ateina į rinką sudarydama greitai besiplėtojančią pramoninio lygio alyvų šaką, kuri tikimasi, kad pakeis įprastus mineralinius tepalus. Būtina paminėti, jog, aplinkai draugiški tepalai ir jų priedai turi didelius reikalavimus kurie yra priskiriami valdžios organizacijoms, ir pramonei. Dėl to susidaro itin didelė įtaka didžiausioms ir populiariausioms naftos perdirbimo kompanijoms norinčioms gaminti ir plėsti aplinkai draugiškus tepalus, kaip mineralinių tepalų priedus, kurie turi aukštą toksiškumo lygį ir biodegradaciją (Woma et al. 2019).

Efektyvus tepimas yra vienas pagrindinių mašinų ilgaamžiškumą, ekonomiškumą ir patikimumą lemiančių veiksnių. Tyrimais nustatyta, kad biologiškai greitai irstantys plastiniai tepalai naudojami tepti įvairius technikos elementus: trinties poras bėgis – ratų briaunos, bėgių perjungimo mechanizmus; geležinkelio transporto bei tramvajų riedmenų guolius; atviras perdavas; žemės ūkio mašinų ašis; kasimo mašinas; vandenyje dirbančias mašinas; liftų trosus; sunkvežimių važiuokles; valčių mechanizmus; maisto pramonės įrenginių mechanizmams (kai juose nėra toksiškų komponentų).

Plastinių tepalų darbinės savybės (konsistencijos klasė, darbo temperatūrų intervalas, mechaninis stabilumas, atsparumas temperatūros kitimui, lipnumas, atsparumas vandeniui garams, atsparumas oksidacijai ir korozijai, ilgaamžiškumas, kontaktinių apkrovų lygis, saugumas aplinkai) parenkamos pagal trinties porų darbo sąlygas – trinties rūšį (riedėjimo, slydimo ar mišri), apkrovimo pobūdį (vibracinis, smūginis), kontaktines apkrovas, darbo paviršių greičius, trinties poros darbo temperatūrą, konstrukcines medžiagas, tikimybę trinties poras užteršti vandeniui, dulkeimis ar purvu, tepimo periodiškumą ir kt. (Jučas, 2006; Baltėnas ir kt., 1998). Šiandien Europos Sąjungoje ir Lietuvoje pagrindiniai norminiai aktai, įteisinantys biodegalų ir bioalyvų gamybos ir naudojimo skatinimą yra: Žalioji knyga „Europos Sąjungos tausios, konkurencingos ir saugios energetikos strategija“, „Atsinaujinančios energijos panaudojimo gairės“, Baltoji knyga „Ateities energija“, biokuro, biodegalų ir bioalyvų įstatymas ir kt.

Aplinkai draugiškos tepamosios medžiagos turi atitikti CEC L-33-A-93 standarto reikalavimus, kad ne mažiau kaip 80 % jų suirtų per 28 paras. Be to, šios tepamosios medžiagos negali būti toksiškos augalams ir gyvūnams (Mang, 2007; Rudnick, 2009).

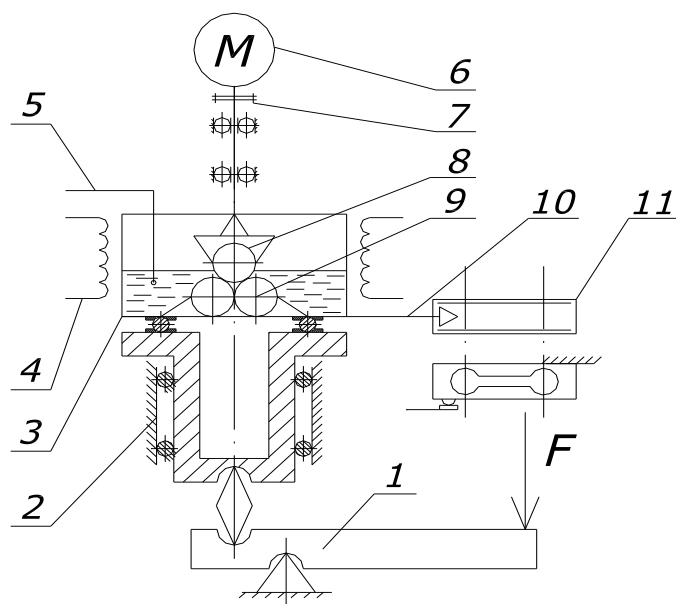


1 pav. Aplinkai draugiškų alyvų ekologinių ženklų logotipai: Europos, Vokietijos, Europos šiaurės šalių.

Biologiniai plastiniai tepalai yra gaminami iš specialių priemaišų tai yra priedų, kurie gerina tepalo eksploatacines savybes, tirštikčių bei pačios alyvos. Plastiniame tepale, alyva sudaro didžiąją dalį plastinio tepalo, net apie 70-90 proc. (Razak, Ahmad, Puasa et al., 2019). Kuri atlieka dispersinės aplinkos vaidmenį. Priklausomai nuo paskirties kur plastinis tepalas bus naudojamas, ar tai bus naudojama įvairiems prietaisams, industrijos, hidrauliniuose mechanizmuose, variklinės ar kitos mineralinės ar sintetinės alyvos, klampa, gali kristi 100^o C nuo 2 iki 20 mm²/s. Taip pat plastinio tepalo savybės priklauso nuo alyvos rūšies. Jei alyva skysta, tuo didesnis ir greitesnis garavimas, ko pasėkoje, tepalas negali dirbti aukštuose temperatūriniuose diapozonuose, o jeigu priešingai, alyva tiršta, tada didėja trinties nuostoliai guolių mazguose, bei tepalas blogiau veikia žemose temperatūrose. Tepalų savybėms pagrindinę reikšmę lemia, tirštikliai, kas dažniausiai būna dispersinė faze, kurios tepaluose būna apie 10-20 proc. kas nėra labiau daug, tačiau tai nulemia tepalo savybes. Tepale tirstiklis sukuria vadinamą struktūrinį karkasą kurio poras užpildo alyva. Ličio tepalai, neturi kietėjimo poveikio temperatūros skirtumuose, taip pat jie nėra tirpūs vandenyje. Jų koloidinis stabilumas yra patenkinamas ar vidutiniškas, jie yra tinkami naudoti mechanizmuose kurių darbinė temperatūra neviršija 120-130^oC. Šių tepalų savybės priklauso nuo to, kokia rūgštis buvo naudojama gaminant, kaip pavyzdys yra stearino rūgštis, kuri pagerina tepalų mechaninį bei koloidinį stabilumą. Įvairių tirštikčių tirštinančios savybės nėra vienodos, kai jos silpnesnės tenka daugiau įdėti tirstiklio. Tepalų lydymosi ir darbinė temperatūros skiriasi taip pat nevienodai. Kuo aukštesnės lašėjimo temperatūros, tuo labiau skiriasi ir tirštikčių darbinės temperatūros. Tai susiję su tepalų terminio stabilumo sumažėjimu aukštesnėje temperatūroje.

Naudotos medžiagos ir tyrimų metodika

Tirti trys augaliniai aliejai ir kiaulių taukai, gryni ir modifikuoti antidiliminiais priedais bei ličio tirstikliu. Tai pat vertintas šių modifikuotų medžiagų biologinis suirastamumas. Atliekant variklinių alyvų tribologinius tyrimus keturių rutulių įrenginiu MAST – 1, duomenų registravimui naudota: firmos Pico Technology ADC keitiklis ADC200-20, temperatūros matuoklis TC-08 ir K tipo termoporos ir Scaime BEF-1 jėgos jutiklis. Tyrimui naudoti 12,7 mm skersmens 100Cr6 guolių plieno rutuliai. Prieš tyrimą rutuliai ir kitos su tiriamais aliejais ir kiaulių taukais sąveikaujančios detalės plaunamos ultragarsinėje vonelėje. Trys rutuliai įtvirtinami nejudamai įtvare ir pritvirtinami indo dugne. Vienas rutulys buvo įtvirtinamas variklio veleno gale ir ufiksuotas su veržle, įleidžiamas į indą, centruojamas, kad vienodai liestų visus tris nejudamai įtvirtintus rutulius ir tyrimo metu sukamas 1420 min⁻¹. Tyrimai atlikti esant 150 N apkrovai. Tyrimo trukmė 1 valanda. Principinė tyrimo įrenginio schema pateikta 2 pav. Po tyrimo optiniu mikroskopu matuojamas ant nejudamų rutulių susidariusių dilimo pėdsako skersmuo. Didėsnis nudilimo skersmuo reiškia prastesnes tepamąsias savybes. Dilimo pėdsakų analizei optiniu mikroskopu (x200 didinimas) daromos jų nuotraukos.



2 pav. Keturių rutulių trinties mašinos MAST – 1 principinė schema: 1 – svirtis; 2 – vertikalaus centravimo guolis; 3 – tepalo indas; 4 – tepalo šildytuvas; 5 – temperatūros jutiklis; 6 – elektros variklis; 7 – mova; 8 – suklyje besisukantis rutulys; 9 – apačioje nejudamai įtvirtinti trys rutuliai; 10 – svirtis, perduodanti trinties momentą; 11 – jėgos jutiklis trinties momentui matuoti.

Biologinio suirimo palyginamieji tyrimai su biologiniais plastiniais tepalais buvo atlikti pagal standartą OECD 301 F: manometric respirometry (Manometrinė respirometrija) [Organisation for Economic Cooperation, 2006 (Organisation for Economic Cooperation and Development OECD. 2006] reikalavimus. Erlenmejerio kolbose buvo ruošiami du to paties bandinio mėginiai ir į kiekvieną jų pilama 250 ml neorganinių maistinių medžiagų ir 25 ml inokulų (inoculum – neadaptuota bakterinė kultūra iš UAB „Kauno vandenys“ po pirmosios (mechaninio) valymo stadijos). Bakterijų skaičius bakterinėje kultūroje buvo ne mažesnis kaip 10^6 CFU⁰ ml⁻¹ (CFU – koloniją matuojantis vienetas). Jis buvo vertintas Jose Dip Slide metodu. Į antrąjį mėginį pasveriami 35 ± 2 mg tiriamos medžiagos. Gauti mišiniai homogenizuojami 5 min naudojant reguliuojamą didelių apsukų homogenizatorių IKA T25 Digital Ultra-Turrax, ir esant 10000-14000 min⁻¹ sūkių dažniui. Pirmasis mėginys buvo naudojamas kaip kontrolė.

Analizės (neorganinės maistinės medžiagos, tiriamoji medžiaga ir inokulai) ir kontrolės (neorganinės maistinės medžiagos ir inokulai) kolbos buvo patalpintos į inkubatorių Binder, 0 ir 28 parų laikotarpiui. Analizės ir kontrolės kolbos su kalio hidroksidu buvo hermetiškai užkimštos, kad užtikrintų išsiskyrusio anglies dioksido absorbciją. Medžiagos inkubuotos tamsoje, $22 \pm 1^\circ\text{C}$ temperatūroje, pastoviai maišant magnetiniu maišikliu. Deguonies sunaudojimas buvo matuojamas monometriškai BDS (biocheminis deguonies suvartojimas – tai deguonies kiekis, reikalingas organinių teršalų oksidavimui, dalyvaujant mikroorganizmams) matavimo sistema AL606 (Aqualytic) 3 pav. Tiriamos medžiagos biologinis suirstamumas apskaičiuotas pagal deguonies, reikalingo tiriamai medžiagai, sunaudojimą (koreguotas pagal deguonies sunaudojimą kontroliniuose mėginiuose) lyginant su teoriniu deguonies sunaudojimu (TDS – tai deguonies kiekis (kg), teoriškai reikalingas 1 kg medžiagos sudeginti (Jučas; 1992). (Jučas, Pranas. Degalai ir tepalai. Vilnius : Mokslas, 1992. p. 31-33) reikalingu šiai medžiagai.

Biologinis suirimas (BS) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$BS = \frac{BDS \left(mg \frac{O_2}{mg} (medžiagos) \right)}{TDS \left(mg \frac{O_2}{mg} (medžiagos) \right)} \cdot 100\% \quad , \quad (1)$$

tai:

$$BDS = \frac{(mgO_2 (medžiagos) - mgO_2 (kontrolė))}{(mg (medžiagos) kolboje)} \quad , \quad (2)$$

čia: mg O₂ tiriamos medžiagos – tiriamos medžiagos deguonies suvartojimas; mg O₂ kontrolės – kontrolės deguonies suvartojimas, mg kolboje – paimtos tiriamos medžiagos masė.

$$TDS = \frac{[2,67C + 8H + S - O]}{100} \quad (3)$$

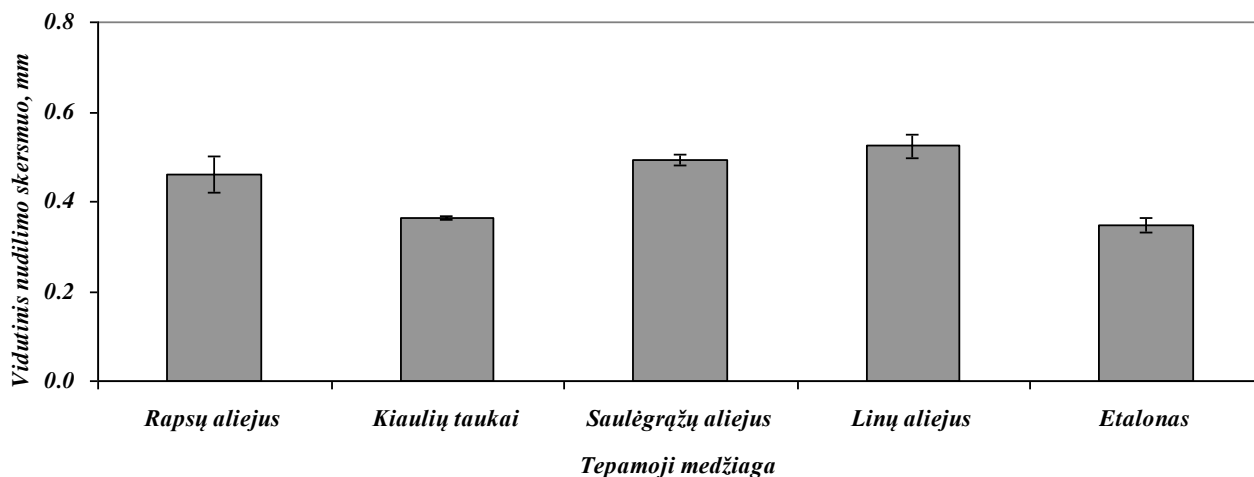
čia: C, S, H, O – atitinkamai anglies, sieros, vandenilio, deguonies kiekiai (%), nustatyti analizatoriumi Series II CHNS/O Analyzer 2400 3 pav.



3 pav. Analizatorius Analyzer 2400 ir deguonies matavimo įrenginys AL606.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

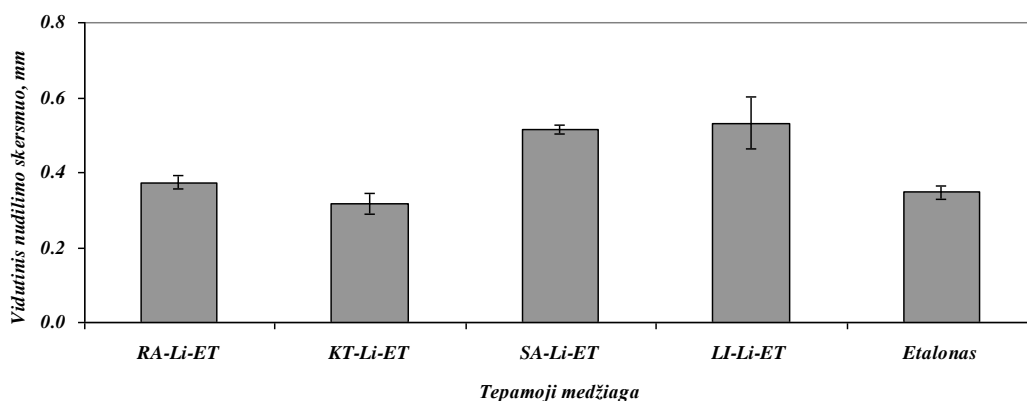
Pirmuoju tyrimų etapu buvo ištirtos tribologinės savybės, trijų aliejų (rapsų, saulėgrąžų ir linų) bei kiaulių taukų 4pav. Mažiausiai nudilo kiaulių taukai, o didžiausias nudilimas buvo linų aliejaus. Vertinant rezultatus tarpusavyje paaiškėjo, kad kiaulių taukai nudilo mažiau 1,4 karto už linų ir saulėgrąžų aliejus, ir 1,3 karto už rapsų aliejų. Lyginant etaloninę alyva su kiaulių taukai rezultatai panašūs. Dėl savo įgimtų savybių tiek visi tirti aliejai, tiek kiaulių taukai parodė gerus tribologinius rezultatus, bet kaip bazinės medžiagos, nes plastiniais tepalai jų dar pavadinti negalime, dėl esamo skysto būvio.



4 pav. Nudilimas susidarantis tepant skirtingos temperatūros tiriamomis alyvomis

Todėl antruoju etapu buvo vertinamas nudilimas jau sutirštinus šias tiriamąsias medžiagas ličio (30%) muilu, etanoliu (30%) ir įdėjus priedų (1%) 5pav. Tiriami mišiniai buvo maišomi magnetine maišykle esant 80°C temperatūrai ir paskutiniame etape viskas buvo sumaišoma su homogenizatoriumi prie 20000-24000 min⁻¹ sukčių, 5min.

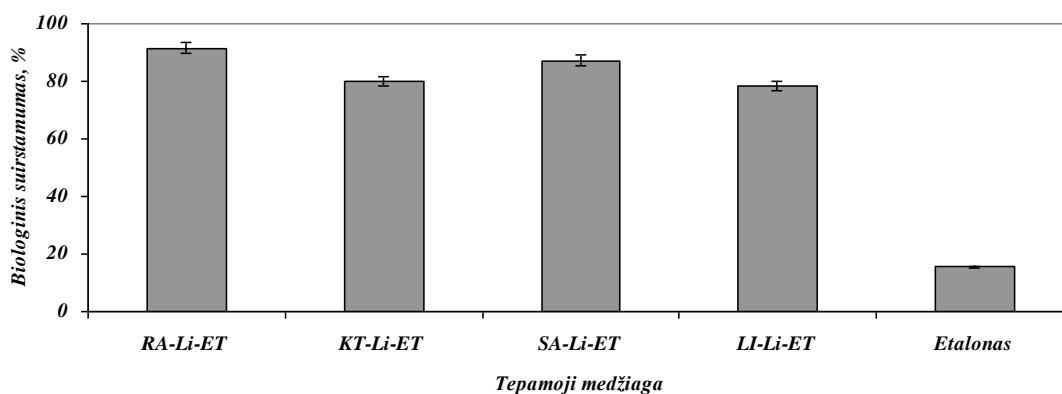
Iš atliktų dilimo tyrimų su modifikuotomis medžiagomis matome, kad dilimo tendencijos išliko labai panašios, kaip ir tirtų gryną medžiagų. Bet lyginant rapsų aliejų ir kiaulių taukus grynus ir modifikuotus, tai rapsų aliejus modifikuotas nudilo 1,2 karto mažiau už gryną aliejų, o kiaulių taukai modifikuoti 1,1 karto nudilo mažiau už grynus kiaulių taukus. Saulėgrąžų aliejaus ir linų aliejaus, praktiškai liko nepakitę.



5 pav. Vidutinė trintis susidaranti tepant skirtingos temperatūros tiriamomis alyvomis

Iš gautų suirimo tyrimų rezultatų pateiktų 6 pav. matyti, kad modifikuotas rapsų aliejus suiro daugiausia, net 92 % saulėgražių aliejus 82 %, linų aliejus 79 %, o kiaulių taukai 80. Pramoniniai plastiniai tepalai suira, tik 16 %. Tiriamų medžiagų suirtamumo rezultatai puikūs, nes jeigu medžiaga suyra daugiau kaip 60 %, ji jau priskiriama kategorijai prie lengvai suyrančių medžiagų.

Apibendrinant galima teigti, kad visi tirti biologiniai plastiniai tepalai atitinka biologinio suirstamumo reikalavimus biotepalams, kurių biologinis suirimas per 28 dienas turi būti ne mažesnis, kaip 60 %. Šie tepalai gali būti naudojami aplinkai jautriose vietose, kaip biologiniai plastiniai tepalai, kurie lengvai suyra aplinkoje.



6 pav. Biologinių plastinių tepalų biologinis suirimas

Lašėjimo temperatūros matavimų rezultatai pateikti 1 lentelėje. Kaip matyti iš rezultatų aukščiausia lašėjimo temperatūra yra RA-Li-ET (rapsų aliejaus su ličio muilu, etanolio ir priedais) 168 °C, bei SA-Li-ET (saulėgražų aliejaus su ličio muilu, etanolio ir priedais) 165 °C ir LI-Li-ET (linų aliejus su ličio muilu, etanolio ir priedais) 160 °C. O KT-Li-ET (kiaulių taukai su ličio muilu, etanolio ir priedais) 140 °C temperatūra. Visų tirtų mėginių yra aukšta lašėjimo temperatūra lyginant su pramoniniais plastiniais tepalais.

1. lentelė. Tirtų medžiagų lašėjimo temperatūra (pagal ASTM D 566 – 97) standartą

1 lentelė

Tiriamos medžiagos	RA-Li-ET	KT-Li-ET	SA-Li-ET	LI-Li-ET	Etalonas
Lašėjimo temperatūra °C	168 °C	140 °C	165 °C	160 °C	130 °C

Išvados

Atlikus biologinių alyvų tyrimą nustatyta:

1. Mažiausiai nudilo kiaulių taukai, o didžiausias nudilimas buvo linų aliejaus. Vertinant rezultatus tarpusavyje paaiškėjo, kad kiaulių taukai nudilo mažiau 1,4 karto už linų ir saulėgražų aliejus, ir 1,3 karto už rapsų aliejų. Lyginant etaloningą alyva su kiaulių taukai rezultatai panašūs;

2. Modifikuotas rapsų aliejus suiro daugiausia, net 92 % saulėgražų aliejus 82 %, linų aliejus 79 %, o kiaulių taukai 80. Pramoniniai plastiniai tepalai suira, tik 16 %. Tiriamų medžiagų suirtamumo rezultatai puikūs, nes jeigu medžiaga suyra daugiau kaip 60 %, ji jau priskiriama kategorijai prie lengvai suyrančių medžiagų.

3. Visų tirtų mėginių yra aukšta lašėjimo temperatūra lyginant su pramoniniais plastiniais tepalais.

Literatūra

1. Woma et al. Vegetable oil based lubricants Challenges and prospects. Tribology Online, Vol.14. No.2 2019/69.
2. Jučas P. Chemotologija. 2006. Kaunas: Akademija.
3. Razak, Ahmad, Puasa, Mohamad Ali Ahmad and Siti Wahidah Puasa. Tribological and physiochemical properties of greases for rail lubrication. Tribology Online, Vol.14. No.5 (2019) 293-300.
4. Mang, TH., Dresel, W. Lubricants and lubrication. 2nd Edition. WILEY-VCH GmbH, Weinheim, 2007. ISBN 978-3-527-31497-3.
5. Rudnick, L.R. Lubricant Additives: Chemistry and Application. 2nd Edition. CRC Press, USA, 2009. ISBN 978-1-4200-5964-9.

BIOLOGICAL PLASTIC OILS IN THE ENVIRONMENT

Summary

The use of bio-plastic lubricants is valuable due to the low pollution of air, water and soil, the minimal threat to health and safety, as well as their biodegradation, and their good tribological properties. In this work, a comparison of the pure and modified lubricating properties and the biodegradability and drip temperatures of three vegetable oils and lard is presented. Pig fat was found to have the best lubricating properties of both pure and modified oils and fats tested. Pure lard was worn less than 1.4 times that of flax and sunflower oil and 1.3 times that of rapeseed oil compared to flaxseed oil. Comparing the reference oil with lard is similar. Great attention is paid to the degradability of the oil, which would protect nature from the significant effects of pollution. The special use of environmentally friendly lubricants is currently in direct contact with the environment, such as water transport or water treatment products, as well as forestry units such as saws or automatic wood cutters, and for various machines with various environmental contact devices, utility vehicles, snowmobiles wipers or sweepers. Also, with transmitted lubrication like trains or trams which unfortunately we do not have in our country. When comparing the biodegradability of the tested substances, modified rapeseed oil decomposed the best and lard modified the worst.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Artūras Kupčinskas

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktaras

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Elektronikos ir elektros krypties studijų programų departamento lektorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Alyvų tribologiniai tyrimai

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 69805964, arturas.kupcinskas@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Artūras Kupčinskas

Science degree and name: Doctor of science

Workplace and position: Kaunas Technical College, Lecturer in the Department of Electronics and Electric Field Study Programme.

Author 's research interests: Tribological properties of lubricating oils

Telephone and e-mail address: +370 69805964, arturas.kupcinskas@edu.ktk.lt

VIRPESIŲ SLOPINIMO SCHEMA

Vytenis Naginevičius, Skirmantas Adomavičius

Kauno technikos kolegija

Anotacija

Variklio ir pavarų dėžės pagalvių viena iš dviejų funkcijų yra virpesių, perduodamų kėbului slopinimas t.y. dinaminės hidraulinio slopintuvo ir spyruoklės komplekto slopinimo jėgos atskyrimas nuo kėbulo, kas didina automobilio komfortiškumą. Slopinimo problemoms spręsti naudojamos įvairios konstrukcinės schemos, keletas kurių yra narinėjamos darbo apžvalgoje. Apibrėžtos jų pritaikymo galimybės ir ribos, privalumai ir trūkumai. Pateikta originalios slopinimo sistemos dinaminė schema, slopinimo sistemos konstrukcinė schema bei sudaryta šios sistemos diferencialinė judėjimo lygtis.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI: slopinimo sistema, virpesiai, variklis, judėjimo diferencialinė lygtis

Įvadas

Variklis automobiliuose tvirtinamas naudojant tamprias konstrukcines schemas atliekančias taip pat virpesių slopinimo funkcijas. Virpesių šaltiniai yra variklio sukeliama aukšto dažnio virpesiai (20 – 500 Hz), o taip pat žemo dažnio (~10 Hz) variklio nuosavi virpesiai. Tai sunkiai suderinami uždaviniai naudojant tradicines pasyvias slopinimo sistemas. Šiame darbe siūloma slopinimo schema yra pasyvaus tipo, kurio slopinimo charakteristikos užtikrinamos taikant originalų greito skysčio pralaidumo iš vienos slopintuvo ertmės į kitą principas.

Darbo tikslas: atlikti slopinimo spiralės matematinę ir eksperimentinę analizę.

Uždaviniai tikslui pasiekti:

1. Sukurti spiralinio slopintuvo matematinį modelį;
2. Sudaryti lygtį slopinimo dedamosios judesio lygtyje pobūdžiui įvertinti;
3. Atlikti eksperimentą judesio pobūdžiui patvirtinti.

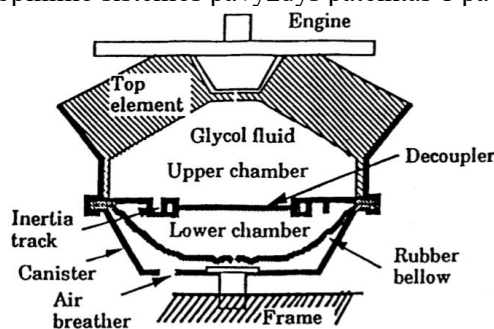
1. Virpesių slopinimo sistemų apžvalga

Publikacijose, skirtose pasyvioms [2, 3, 4, 6], pusiau aktyvioms [1, 5, 9, 10] ir aktyvioms [7, 8] slopinimo sistemoms tirti analizuojamos hidraulinės ir sausos trinties slopinimo schemos bei metodikos, atskleidžiant antrųjų privalumus prieš pirmąsias, kai slopintuvus neužsiblokuoja smūgio sužadinimo atveju ir kai pagerinamas aukšto dažnio izoliacijos savybės kuomet nereikia slopinti.

Variklio tvirtinimo konstrukcija turi atitikti du esminius, tačiau prieštarungus kriterijus. Pirma, ji turi būti standi ir slopinanti virpesius tam, kad galima būtų valdyti tuščios eigos virpesius ir variklio tvirtinimo konstrukcijos rezonansą diapazone nuo 5 iki 30 Hz. Be to, jis turi veikti kaip slopintuvus judesiams, atsirandantiems važiuojant nelygiais keliais, greitėjant ir lėtėjant, posūkiuose. Antra, norint sumažinti virpesių amplitudę aukštesnių dažnių diapazone, reikalingas konstrukcijos derinimas, kas užtikrintų virpesių izoliavimą ir akustinį komfortą.

Taigi turi būti kompromisas tarp rezonanso valdymo ir izoliacijos [2, 9]. Hidromechaniniai slopintuvai (1 pav.) atitinka abu reikalavimus. Toks tvirtinimas užtikrina geresnes standumo ir slopinimo savybes, kurios skiriasi priklausomai nuo dažnio ir sužadinimo amplitudės [6, 8]. Tačiau dėl skysčio inercijos negalima visiškai kontroliuoti virpesių slopinimo. Jis atsiranda esant rezonansiniams dažniams, viršijantiems 100 Hz. Be to, skysčio inercija turi įtakos įprasto slopintuvo virpesių izoliavimo savybėms net esant 20 Hz. Šioms problemoms išspręsti buvo pasiūlytos adaptyvios tvirtinimo konstrukcijos, tačiau skysčio masės ištraukimas vyksta per fiksuotą angą, kuri riboja proceso greitį [9].

Pusiau aktyvios virpesių slopinimo sistemos pavyzdys pateiktas 1 pav.

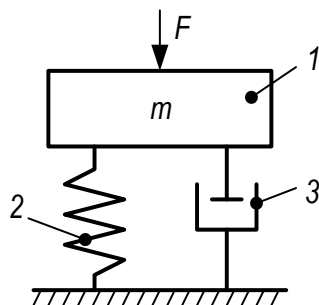


1 pav. Hidromechaninis slopintuvus

Šaltinis: Singh, 2000: 319-330

2. Objekto virpesių slopinimo elementas ir jo veikimo principas

Klasikinis mechaninių virpesių slopinimo sistemos modelis pateiktas 2 pav.



2 pav. Klasikinis slopinimo sistemos matematinis modelis,
čia: 1 – masė, 2 – spyruoklė, 3 – slopintuvas
Šaltinis: sudaryta autorių

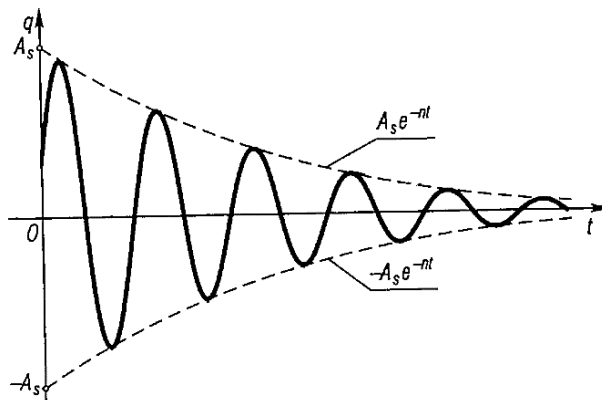
Judesio lygtis

$$m\ddot{x} + k\dot{x} + cx = f(t)$$

(1)

čia: m , k ir c – koeficientai, apibendrinantys inerciją, pasipriešinimą ir standumą

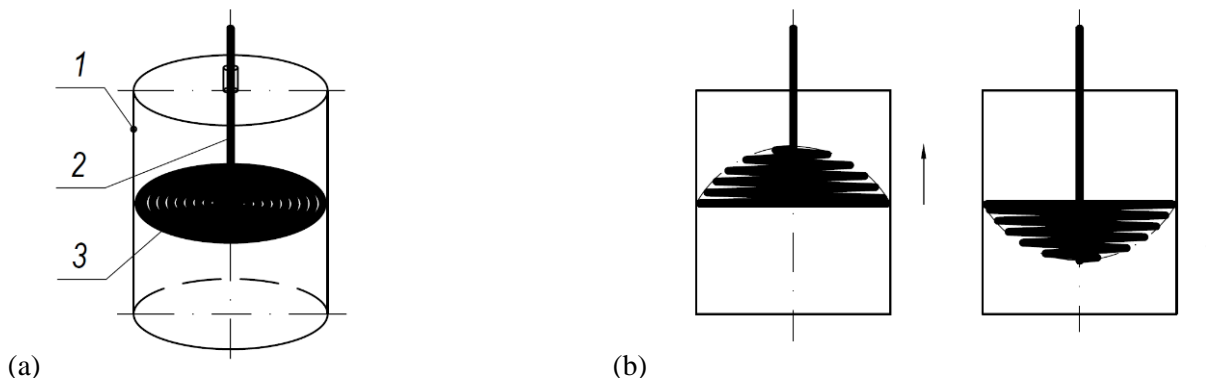
Kai $k = const$, šios lygties sprendinys grafiškai atrodo taip:



3 pav. Judesio lygties sprendinio grafinė interpretacija
Šaltinis: sudaryta autorių

Iš pateikto grafiko (3 pav.) matyti, kad virpesiai slopinami pagal eksponentinį dėsnį amplitude $A_s e^{-nt}$, kur n – slopinimo koeficientas $2n = \frac{k}{m}$

Panagrinėsime atvejį, kai vietoje disko pavidalo cilindro slopintuve (4 pav.) 1 prie strypo 2 montuojama spiralė 3.



4 pav. Slopinimo funkciją atliekanti spiralė,
čia: 1 – korpusas, 2 – strypas, 3 – slopinimo elementas
Šaltinis: sudaryta autorių

Sudarysime šios sistemos (4 pav.) judesio lygtį. Prielaidos lygčiai sudaryti:

- Jei plyšių plotas yra fiksuotas, tai pasipriešinimo jėga yra proporcinga greičio kvadratui (dėl didelės skysčio klampos).
- Greitis nustato spiralės formą su plyšiais. Kuo didesnis greitis, tuo didesnis yra plyšių plotas.
- Kuo didesnis plyšių plotas, tuo mažesnė pasipriešinimo jėga.
- Pasipriešinimo jėga yra atvirkščiai proporcinga plyšio plotui.

Kai $k \neq const$, nario $k\dot{x}$ išraiška lygtyje (1), po aukščiau padarytų prielaidų, atrodo taip:

$$E(\dot{x}) = k \cdot \text{sign}(\dot{x}) \cdot (\dot{x})^2 \cdot \frac{1}{\delta(\theta\dot{x}, r) + \varepsilon} \quad (2)$$

kur:

ε – mažas dydis, apibendrinantis pasipriešinimo jėgą, kai tarp vijų yra plyšiai;

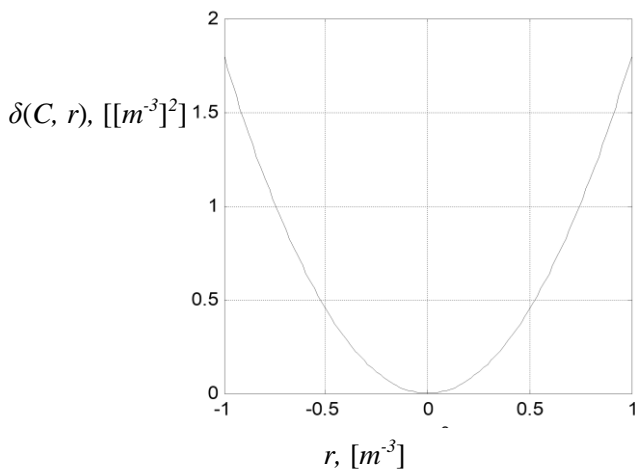
$\delta(C, r)$ – plotas tarp spiralės vijų;

$C = \theta\dot{x}$ t.y. priklauso nuo spiralės judėjimo greičio;

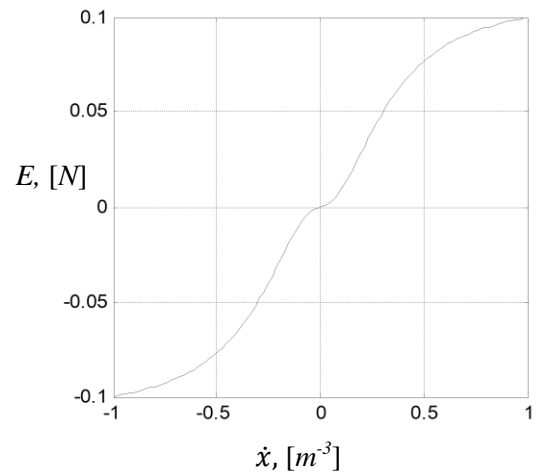
θ – proporcingumo koeficientas tarp dydžio C ir greičio \dot{x} ;

r – spiralės skersmuo.

Ryšys tarp δ ir r pateiktas 5 pav., išraiškos $E(\dot{x})$ grafinis vaizdas pateiktas 6 pav.

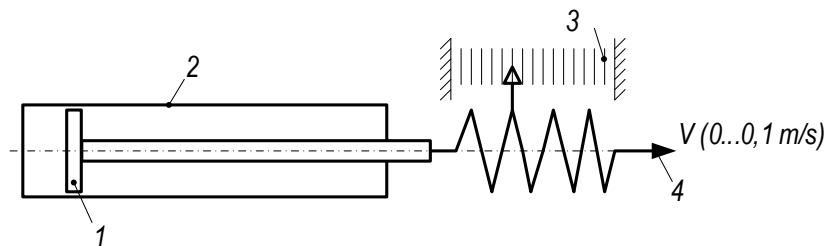


5 pav. Ryšys tarp plyšių ploto $\delta(C, r)$ ir C
Šaltinis: sudaryta autorių



6 pav. Jėgos E priklausomybė nuo greičio \dot{x}
Šaltinis: sudaryta autorių

Spiralės judesio pobūdžio nustatymui buvo atliktas eksperimentas, kurio schemas grafinė interpretacija pateikta 7 pav.

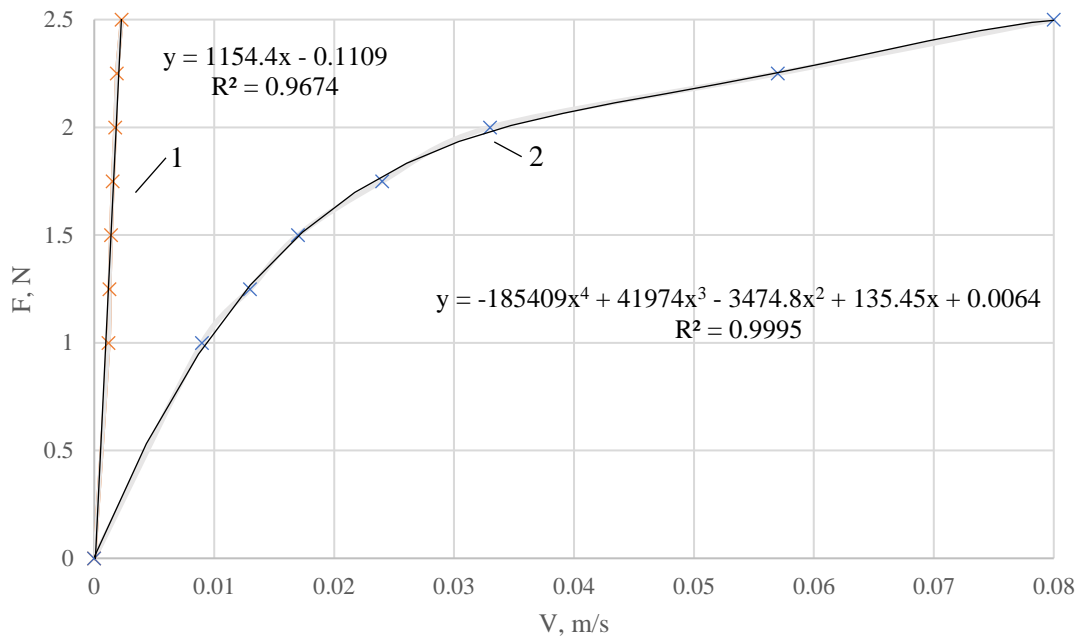


7 pav. Eksperimento schema,

čia: 1 – slopinimo elementas, 2 – korpusas, 3 – dinamometras, 4 – įvairių greičių generatorius
Šaltinis: sudaryta autorių

Slopinimo elementui (7 pav.) 1, kuris juda cilindre 2, linijinių greičių generatoriumi 4 suteikiamas slenkamasis judesys išilgine cilindro 2 kryptimi. Kiekvienam fiksuotam slopintuvo greičiui (m/s) dinamometru. 3 yra registruojama pasipriešinimo judesiu jėga (N). Yra suformuojamos grafinės išraiškos.

Eksperimento rezultatai pateikiami 8 pav.



8 pav. Eksperimento rezultatai:
 1 – slopintuvus yra standi membrana, 2 – slopintuvus yra spiralė
Šaltinis: sudaryta autorių

Eksperimento rezultato (8 pav.) 1 kreivė rodo pasipriešinimo jėgos (slopinimo jėgos) slopintuvo 1 (7 pav.) judesiui priklausomybę nuo slopintuvo 1 judėjimo greičio išilgine cilindro 2 ašies kryptimi, kai slopintuvus yra spiralė, kurios vijos yra tarpusavyje standžiai sujungtos, t.y. kai spiralė 1 yra standžios membranos formos. **Priklausomybė yra tiesinė.**

Eksperimento rezultato (8 pav.) 2 kreivė rodo pasipriešinimo jėgos (slopinimo jėgos) slopintuvo 1 (7 pav.) judesiui priklausomybę nuo slopintuvo 1 judėjimo greičio išilgine cilindro 2 ašies kryptimi, kai slopintuvus yra spiralės formos (4 pav.) **Priklausomybė yra netiesinė.**

Išvados

1. Pateikta slopintuvo schema ir sudarytas matematinis modelis, kuriame strypui judant aukštyn arba žemyn tarp vijų atsiranda plyšiai, pro kuriuos prateka skystis, taip mažindamas pasipriešinimo judėjimui jėgą.

2. Sudaryta judesio lygtis ir nustatyta slopinimo dedamosios $E(\dot{x})$ pobūdis, kurioje varijuojant dydžiu δ ir konstrukciniais sistemos parametrais (vijų skaičius, jų standumas ir forma) galima gauti įvairias virpesių slopinimo charakteristikas.

3. Atliktas eksperimentas patvirtina, kad spiralės slopinimo judesio pobūdis yra netiesinė slopinimo elemento pasipriešinimo jėgos (slopinimo jėgos) priklausomybė nuo jo judėjimo greičio ir atitinka teorinę prielaidą apie analogišką sistemos judesio pobūdį.

Literatūra

- Zhu, Hengjia & Yang, Jingzhou & Zhang, Yunqing & Feng, Xingxing. (2017). A Novel Air Spring Dynamic Model with Pneumatic Thermodynamics, Effective Friction and Viscoelastic Damping. *Journal of Sound and Vibration*. 408. 87-104. 10.1016/j.jsv.2017.07.015.
- Pranit M. Patil & Shrikant B. Gawas & Priyanka P. Pawaskar. (2015). Hydraulic Engine Mount - In Automotive Application. *International Journal of Scientific Research and Management*. 3(4). 2652-2655. Retrieved from <https://www.ijstrm.in/ijstrm/article/view/744>
- Christopherson, J. & Mahinfalah, M. & Jazar, Reza. (2012). Suspended Decoupler: a New Design of Hydraulic Engine Mount. *Advances in Acoustics and Vibration*. 10.1115/IMECE2011-63003
- Shojaeifard M. H. & Maleki M. & Masih-Tehrani M. & Sang-Sefidi A. & Niroobakhsh M. (2018). Designing a Buffer-Equipped Hydraulic Engine Mount for Mid-Priced Vehicles. *International Journal of Automotive Engineering*. 8(2). 2692-2699. 10.1155/2012/826497
- Christopherson, J. & Jazar, Reza. (2005). Optimization of Classical Hydraulic Engine Mounts Based on RMS Method. *Shock and Vibration*. 12. 119-147. 10.1155/2005/653945.

6. Barszcz B. & Dreyer J.T. & Singh R. (2012). Experimental Study of Hydraulic Engine Mounts Using Multiple Inertia Tracks And Orifices: Narrow and Broad Band Tuning Concepts. *Journal of Sound and Vibration*. 331. 5209–5223. 10.1016/j.jsv.2012.07.001
7. Singh R. (2000). Dynamic Design of Automotive Systems: Engine Mounts and Structural Joints. *Sādhanā*. 25(3). 319 – 330. 10.1007/BF02703548
8. Genesseeux A. (1993). Research for New Vibration Isolation Techniques: From Hydro-Mounts to Active Mounts. *Proceedings of the 1993 Noise and Vibration Conference*. SAE Technical Papers No. 931324. 10.4271/931324
9. Kim G. & Singh R. (1995). Study of passive and adaptive hydraulic engine mount systems with emphasis on non-linear characteristics. *Journal of Sound and Vibration*. 179(3). 427–453. 10.1006/jsvi.1995.0028.
10. Choi S.B. & Song H.J. (2002) Vibration control of a passenger vehicle utilizing a semi-active ER engine mount. *Vehicle System Dynamics*. 37. 193–216. 10.1076/vesd.37.3.193.3534.

VIBRATION DAMPING SCHEME

Summary

One of the two functions of the engine and gearbox dampers is to damp the vibrations transmitted to the body, i.e. the separation of the dynamic damping force of the hydraulic damper and spring set from the body, which increases the comfort of the car. Various design schemes are used to address damping problems, some of which are outlined in the review of the work. Possibilities and limits of their application, advantages and disadvantages are defined. The dynamic scheme of the original damping system, the structural scheme of the damping system and the differential equation of motion of this system are presented.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Vytenis Naginevičius

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto priemonės, vidaus degimo varikliai, virpesiai

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 600 20386, vytenis.naginevicius@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Skirmantas Adomavičius

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto lektorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: automatinis valdymas, elektronikos technika, virpesiai

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 681 44222, skirmantas.adomavicius@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Vytenis Naginevicius

Science degree and name: PhD

Workplace and position: University of Applied Engineering Sciences, Engineering Faculty, associated professor

Author's research interests: Vehicles, Internal Combustion Engines, Materials Processing Technologies, Vibrations

Telephone and e-mail address: +370 600 20386, vytenis.naginevicius@edu.ktk.lt

Author name, surname: Skirmantas Adomavicius

Workplace and position: University of Applied Engineering Sciences, Engineering Faculty, lecturer

Author's research interests: Automatic Control, Electronics

Telephone and e-mail address: +370 681 44222, skirmantas.adomavicius@edu.ktk.lt

ADAPTIVE CONTROL FOR THE METAL CUTTING PROCESS USING SURFACE ROUGHNESS MONITORING METHOD

Viktors Gutakovskis, Vladimirs Gudakovskis
Kaunas University of Applied Engineering Sciences

Abstract

The adaptive control of metal cutting processes is a logical extension of the CNC systems. In CNC systems of metal-cutting processes the machining variables (e.g., the cutting speed and feedrate) are prescribed by the part programmer. The determination of these variables depends on experience and knowledge regarding the workpiece and tool materials, coolant conditions, and other factors. The determination of these operating parameters depends on experience and knowledge regarding the workpiece and tool materials, coolant conditions, and other factors. By contrast, the main idea in adaptive control is the improvement of the production rate, or the reduction of machining costs, by calculation and setting of the optimal operating parameters during machining itself. This calculation is based upon measurements of process variables in real time and is followed by a subsequent on-line adjustment of the machining variables subject to constraints with the objective to optimize the performance of the overall system. The adaptive control is basically a feedback system, in which the operating parameters automatically adapt themselves to actual condition of the process. AC system for machine tools can be classified into two categories:

1. Adaptive control with optimization (ACO);

2. Adaptive control with constraints (ACC); ACO refers to systems in which a given performance index (usually an economic function) is extremized subject to process and system constraints. With ACC, the machining parameters are maximized within a prescribed region bounded by process and system constraints, such as maximum torque or power.

ACC systems, however, do not use a performance index. In both systems an adaptation strategy is used to vary the operating parameters in real time cutting progresses. Although there has been considerable research on the development of ACO systems, few, if any, of these systems are used in practice. The major problems with such systems have been difficulties in defining realistic indexes of performance and the lack of suitable sensors which can reliably measure on-line the necessary parameters in a production environment. The objective of most AC systems is improvement in productivity, which is achieved by increasing the metal removal rate (MRR) during rough cutting operations. The increases in productivity range from approximately 20 to 80 percent and clearly depend on the material being machined and the complexity of the part to be produced.

Introduction

Analysis of structural and technological factors and physical phenomena that determine the non-stationarity of blade machining of GTE parts in modern aircraft engine production, parts of a complex configuration, are increasingly used, requiring the use of programmable machine equipment.

When machining such parts in each individual area of the machined surface, it is necessary to ensure sufficiently constant optimal cutting conditions.

One can conclude that it is economically inexpedient to use automated methods for adaptive stabilization of the cutting process parameters.

This may be achieved by using of programming CNC systems. During the processing the part, several factors affects the result, elastic deformations of the technological system, the features of the kinematics and geometry of the cutting tool for certain types of machining (milling, drilling), as well as the complexity and configuration of the machined surface.

Of the above, the influence of the variability of the design and technological features of GTE parts on the possibility of optimizing the cutting process according to physical or economic criteria has been studied not so widely as should be.

Adaptive Control (AC) for the Metal Cutting Process

The CNC metal machining can be fully optimized implementing the add-on adaptive control systems, which continuously monitor cutting conditions in real time. Such optimization and machine automation technology systems are indispensable. If the expensive CNC machines are ever run at their full capacity and their cutting tools are utilized up to their maximum life it will cause in-process catastrophic breakage and production disruption. Similarly, machine operators will not be required to intervene in the machining process to watch and manually fine-tune the process. In this way, true automation is made a reality and programmers may be more aggressive, if they know that the adaptive controls will adjust the feedrate based on the load.

The add-on adaptive control systems are connected directly to the CNC machine controller. It senses and monitors the actual cutting load conditions and adjusts feedrates to optimal levels in real time. This ensures a constant cutting load, which considers the variations in the cutting conditions during the cut. In this

way, these systems ensure that machine cycle times are minimized and that the machines run at the maximum permissible capacity for each tool [9].

The part of manufacturing process using metal cutting process is shown in Figure 1. It describes all modern-use components of the CNC machine. Here we can see that machining parameters which could be controlled with the help of sensors, and after data precision and corrections are made - could be changed, to get higher production rates. The developed mathematical models of the machining process are used.

The result of machining parameter variations study could appear as follows:

1. Smooth and monotonous change due to the variability of the geometric parameters of the machined surfaces.
2. Discrete or non-monotonic change in the machining mode when machining stepped shafts, milling, machining parts with grooves, pockets, etc.

It should be noted that the increase in time of tool wear, depending on the stage of wear, also leads to non-stationary processing of the first or second type.

It is possible to partially stabilize cutting conditions on CNC machines by adjusting the mode in the machine control program or using the appropriate software (so-called «adaptive milling» or « adaptive turning» but even in this case, the internal parameters of the cutting process (temperature , strain rate, specific loads, etc.) will remain variable.

A comprehensive account of all variable operating conditions of processing at the stage of technological preparation of production is possible within the framework of structural and energy analysis based on the thermodynamics of non-equilibrium processes and the choice of the optimal resource and temperature range of tool operation.

At this moment, several ranges of continuously changing technological parameters of non-stationarity were identified (see table 1). On the analyzed and studied parts, almost 75% of the total number of surfaces are processed under the condition of continuous and regular changes in technological parameters - with non-stationarity.

Only 25% of the cylindrical surfaces of the GTE are processed under conditions of constant cutting mode parameters. At variable parameters are processed up to 39% face, 22.5% curved and up to 7.1% conical surfaces.

Table 1.

Several ranges of continuously changing technological parameters

Cutting parameter	Value
Cutting depth, mm.	0,2 ...4,0
Cutting speed, m/min.	10...150
Main cutting edge angle, °	15...105
Front cutting angle, °	0...10
Machining diameter, mm.	100...650

Effects of the cutting parameters

During the cutting process, if you have stationary cutting tool, but the surface profile changes, it could result the machined surface roughness (see figure 1.). If you have to use different cutting tools with different cutting edge geometry, it could result in the machined surface profile value Ra difference critically (see figure 2.).

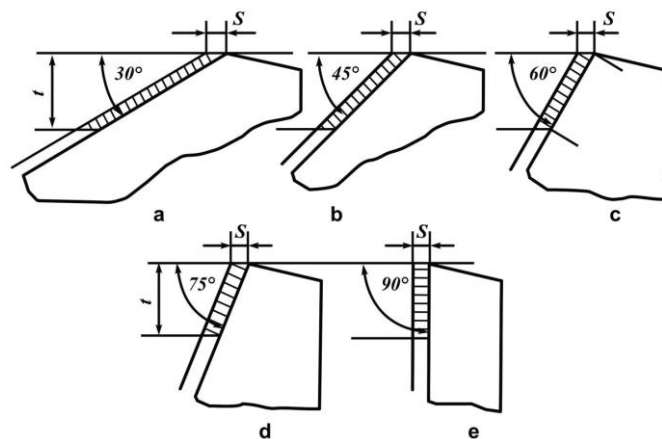


Fig. 1. Chip forming profile changing result during the cutting process if the cutting edge angle changes, wherw S-feeding mm/rev, t- cutting depth, mm.

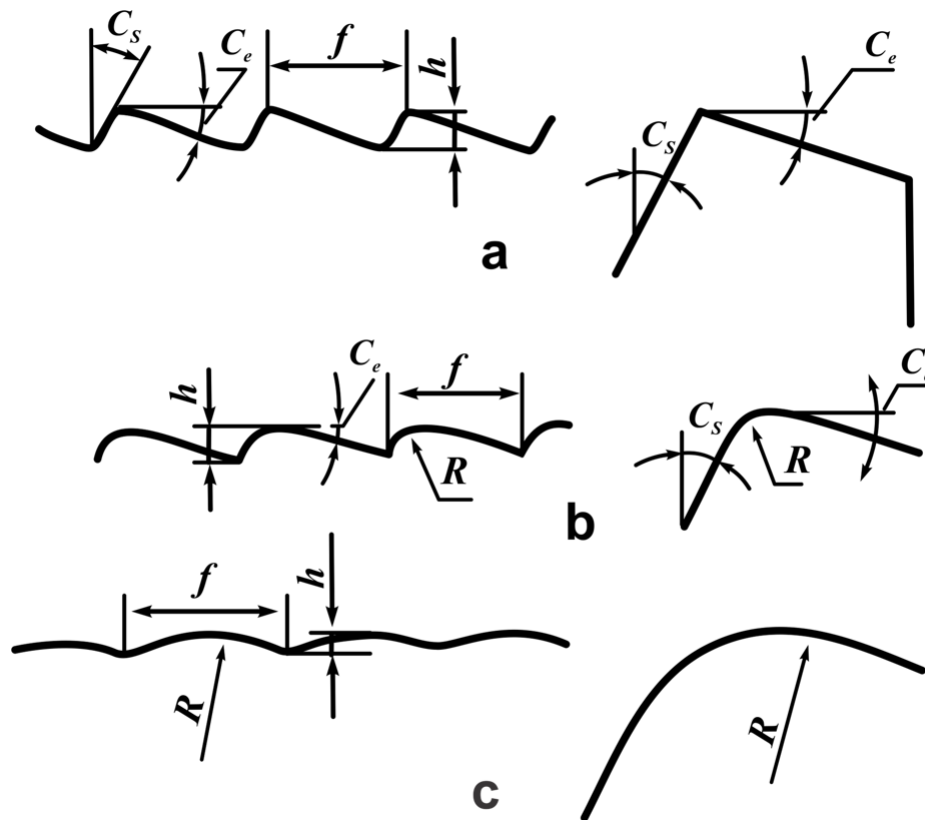


Fig. 2. Machined profile result using different cutting edge profiles, where f -feeding, mm/rev, R -cutting tool radius, h - machined profile height.

Configuration of the adaptive control system for the metal cutting process

Here are represented two variants: basic idea (see fig.3.) and advanced variant (see fig. 4) : the adaptive control with constraints (ACC).

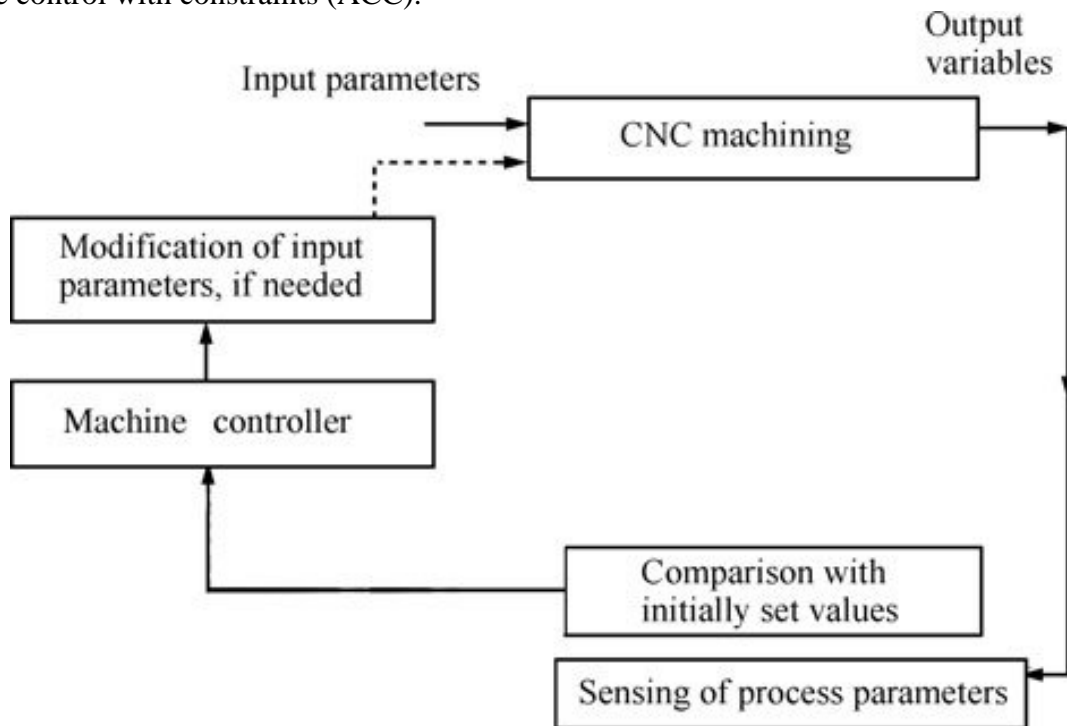


Fig. 3. Simplified representation of controlling the CNC machining process.

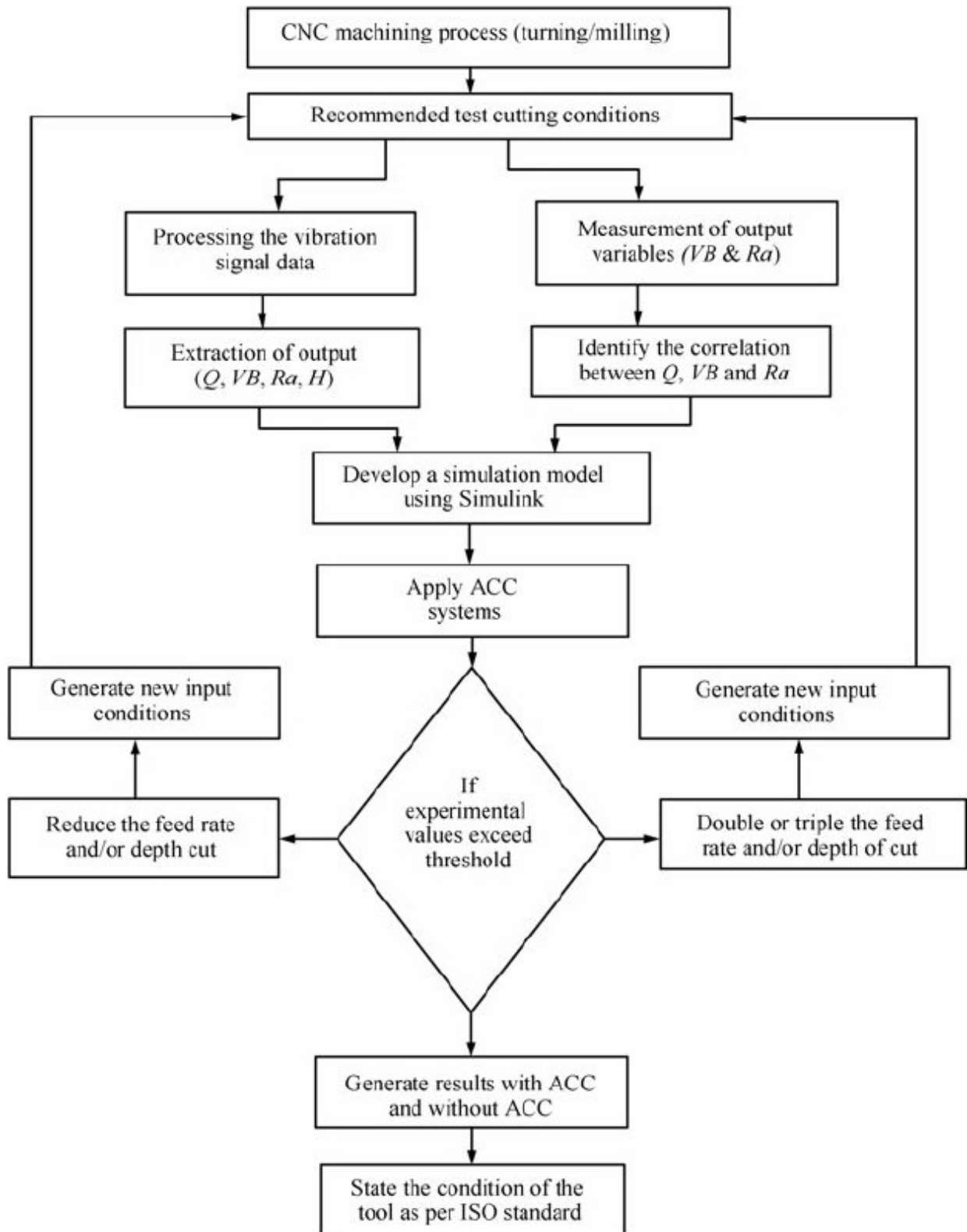


Fig. 4. Adaptive control with constraints (ACC) representation by Ph.D.Professor, Balla Srinivasa Prasad [1].

Modern approach to adaptive control in turning part, using INDUSTRY 4.0 technology.

By using sensors and other measurement devices, it becomes possible to provide online monitoring of the machined surface roughness and vary cutting parameters upon the received results. One modern decision is represented on figure 5.

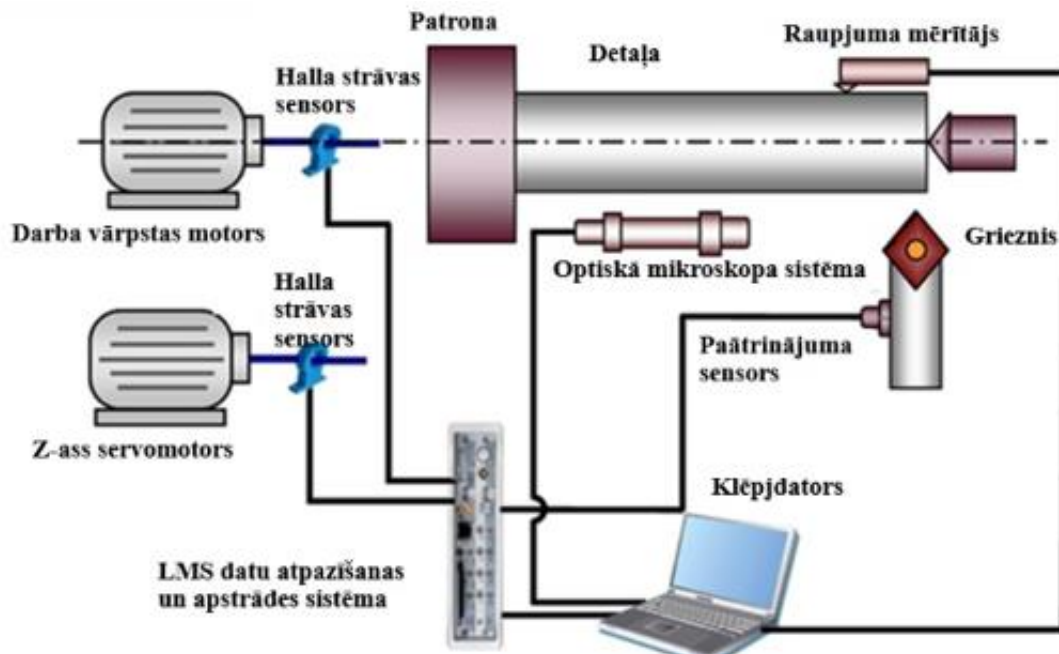


Fig. 5. Adaptive control on CNC process, using online surface roughness monitoring device [2].

Determination of object mathematic model

One sample of mathematic model development is known for this topic before [3]. Where several machining parameters combinations and two AISI304 and AISI420 Stainless Steel grades were tested. In the result, the received surface roughness result formula is received [4].

Equal Variance Test.

Equal variance test is done with a variety of statistical methods: eg. by Fisher, Kohren, Bartlett method. The Fisher F-criterion is ineffective if the variance is more than two. In this case the assessment involved is only in the smallest and the largest variance. Kohren G criteria is used in cases where the number of repetitions of experiments is the same for each plan. Of all the variance the best solution is to choose a multiple of the amount of variance. Kohren Criterion G – maximum variance relative to the variance of the sum:

$$G = \frac{s_{v \max}^2}{\sum s_v^2} = \frac{2.79}{10.81} = 0.25 \quad (1)$$

Since the critical Kohren average value of $G_{KR} = 0.52$ (at the significance level $\alpha = 0.05$). Variance equality hypothesis is correct, if the criterion Kohren experimental value is less than the table value. The full experiment (13 experiments) values range for the total 7 experimental sessions is represented in Fig. 2, for the two grades of Stainless Steel (420 and 304).

$$0.25 < 0.52. \quad (2)$$

The result formula of the turning process, using 1-st experiment session are shown:

$$R_a = 5.04 - 0.49 \left(\frac{\tilde{x}_1 - 100}{10} \right) - 0.25 \left(\frac{\tilde{x}_3 - 75}{15} \right) + 0.36 \left(\frac{\tilde{x}_1 - 100}{10} \right) \left(\frac{\tilde{x}_2 - 0.225}{0.125} \right) - 0.33 \left(\frac{\tilde{x}_1 - 100}{10} \right) \left(\frac{\tilde{x}_3 - 75}{15} \right), \quad (3)$$

where: \tilde{x}_1 – V_c , m/min; \tilde{x}_2 – feeding, mm/rev, \tilde{x}_3 – cutting edge set up angle φ , °

The tool wear was measured after each parameter combination in the cutting process and from the data obtained it can be concluded that Duratomic™ coated cutting tools are more resistant, but in turning on higher speed, more solid the Al_2O_3 coating results in vibration that generates additional vibrations and decreases the machined surface roughness quality. The machined parameters were: Feeding- 0,1 and 0,35 mm/rev, Depth of Cut- 0,5 mm, Cutting Speed- 115 m/min.

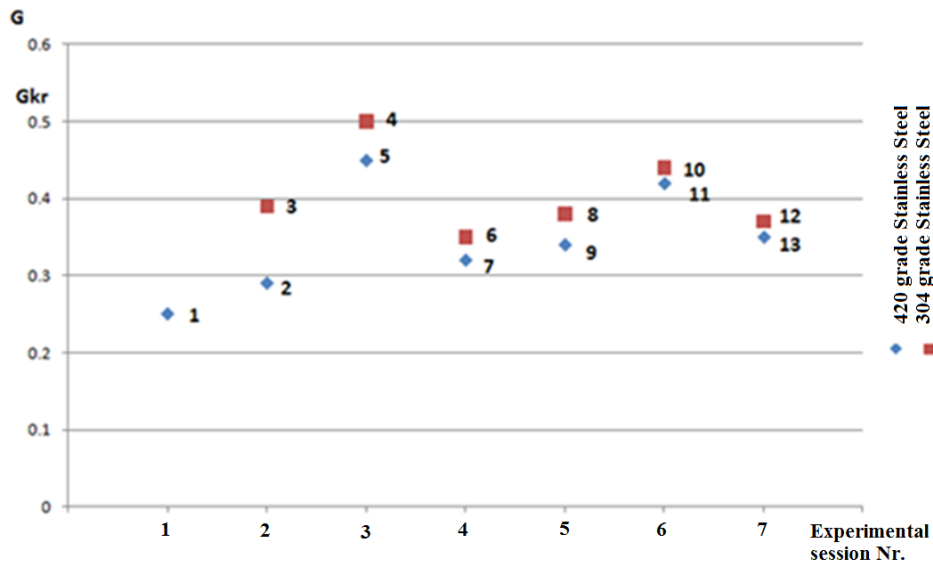


Fig. 6. Kohren criteria values in the experiment sessions with the 304 and 420-grade stainless steel for the 8 parameter combinations

Using the higher speed without cooling emulsions was achieved with the highest lifetime option Duratomic™ TM4000 coating, which increased to 50% cutting speed in a minimal tool wear.

Conclusions

1. Several approaches to adaptive control were represented for describing its principle of the process.
2. Proper cutting tool selection gave us the possibility to do experiments in wide range of cutting speeds and feeds areas. New chip breaker geometries of Duratomic nano coated inserts were modeled and compared analog variants which allowed us to apply higher cutting speeds than it was recommended. In experiments two cutting tool holders were used to study simulation of the cutting forces and chipbreaking process.
3. In all the n-factor options possibilities the three-factor analysis was chosen to fulfill all necessary needs of our experiment plan and to build new cutting process model.
4. In the result of processing the received experimental data, there were developed new mathematical models for the surface roughness results calculation using significantly increased machining parameters.

References

1. <https://www.researchgate.net/profile/Balla-Prasad>, 2022.
2. <https://cnc4change.org/>, INDUSTRY CHALLENGE 4.0 EMPOWERING METALWORKERS FOR SMART FACTORIES, 2022.
3. V. Gutakovskis, E. Gerins, J. Rudzitis, A. Kromanis, "The Effect of the Cutting Parameters on the Machined Surface Roughness", Solid State Phenomena, Vol. 260, pp. 219-226, 2017.
4. Gutakovskis, V., Geriņš, Ē. Adaptive Control for the Metal Cutting Process. International Journal of Engineering Research in Africa, 2020, Vol. 51, 1.-7.lpp. ISSN 1663-3571. e-ISSN 1663-4144.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Viktors Gutakovskis

Science degree and name: Msc..Ing.

Workplace and position: Kaunas University Of Applied Sciences

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

Telephone and e-mail address: +371 26423912, Viktors.gutakovskis@kcrtk.lv

Author name, surname: Vladimirs Gudakovskis

Science degree and name: Dr. Sc.,Ing.

Workplace and position: Kaunas University Of Applied Sciences

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

Telephone and e-mail address: +37127892259, Vladimirs.gudakovskis@gmail.com

VERTIKALIOJO APDIRBIMO CENTRO SUKLIO TERMINIŲ DEFORMACIJŲ TYRIMAS

Rokas Stankaitis, Vadim Mokšin
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Straipsnyje pateikti CNC vertikaliojo apdirbimo centro suklio terminių deformacijų matavimų rezultatai. Eksperimentiniai tyrimai buvo atlikti siekiant išnagrinėti kaip CNC staklės kompensuoja suklio padėties kitimą dėl išilimo. Tam suklys buvo paleidžiamas tuščiai suktais 15 000 suk./min greičiu ir 1,5 val. bėgyje 5 ir 10 min intervalais buvo tikrinama jo galo padėtis indikatoriumi, taip pat stebimi Z ašies terminių kompensacijų dydžiai staklių valdiklio vaizduoklyje. Buvo nustatyta, kad darbo pradžioje 20 min laiko staklės terminės deformacijas kompensuoja gerai, po to paklaida padidėja ir po 30 min darbo paklaida stabilizuojasi ir sudaro 10–11 μm.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. CNC vertikalusis apdirbimo centras, terminė deformacija, suklys, temperatūra, paklaidų kompensavimas.

Įvadas

Šiuo metu kompiuterinio valdymo stakles (toliau CNC) galime aptikti beveik kiekviename metalo apdirbimo bare. Kadangi CNC staklėmis apdirbamoms detalėms dažnai keliami griežti paviršiaus kokybės ir apdirbimo našumo reikalavimai, detalės dažniausiai apdirbamos agresyviais pjovimo režimais. Mažesnio skersmens frezos, siekiant gauti glotnesnį paviršių, turi suktais labai dideliais sukiais, todėl suklys labai kaista. Kaista suklys ir tada, kai siekiant padidinti apdirbimo našumą, didinamas pjovimo gylis bei pastūma.

Suklio sistema deformuojasi staklių darbo metu dėl išsiskiriančių didelių šilumos kiekių, kurie sukelia suklio komponentų terminės deformacijas. Šios terminės deformacijos įtakoja apdirbimo tikslumą. Moksliniai tyrimai parodė, kad yra vidiniai ir išoriniai šilumos šaltiniai, įtakojančys CNC staklių užtikrinamą apdirbimo tikslumą kai suklys sukasi dideliais sukiais. Paklaidos, atsirandančios dėl šių šaltinių sudaro 40–70% visų apdirbimo paklaidų (Xiaozhong et al., 2017; Chiu et al., 2021; Ramesh et al., 2000). Todėl labai svarbu nagrinėti šią temą.

Terminės deformacijos atsirandančios apdirbimo metu skirstomos į dvi rūšis: deformacijos dėl vidinių šilumos šaltinių ir deformacijos dėl išorinių šilumos šaltinių (Chiu et al., 2021). Vidiniai šilumos šaltiniai atsiranda dėl:

1. Šilumos, susidariusios pjovimo metu įrankio ir ruošinio kontakto vietoje.
2. Pačių staklių sukeltos šilumos (guolių, suklio variklio, siurblių ir t. t.).
3. Staklių aušinimo sistemos sukulto šildymo ar aušinimo efekto.

Išoriniai šilumos šaltiniai yra tokie (Chiu et al., 2021):

1. Aplinkos temperatūros pokyčiai.
2. Saulės ir žmogaus kūno spinduliuojama šiluma.

Tarp šių šaltinių labai svarbi yra technologinės mašinos skleidžiama šiluma (Chiu et al., 2021). Mašinai dirbant, šiluma generuojama trinties prie jos judančių elementų, tai yra, prie guolių, variklių, siurblių ir t. t. Ši šiluma sukelia įvairių staklių elementų (sraigčių, kreipiančiųjų, velenų) išsiplėtimą, todėl pjovimo įrankio viršūnė keičia savo padėtį. Dėl to įrankio viršūnės padėtis neatitinka nustatytos staklių derinimo metu. Kadangi trintis ir ją lydintis šilumos išsiskyrimas kontakto vietose yra neišvengiami, šis paklaidų šaltinis priklauso prie tokių, kurių pašalinti beveik neįmanoma. Gaminant tiksliusius komponentus, paklaidos dėl mašinos elementų terminių deformacijų vaidina esminį vaidmenį ribojant pagaminamos detalės matmenų tikslumą (Chiu et al., 2021).

Kadangi pagrindinis ir tiksliausias staklių komponentas yra suklys, jis besisukdamas apdirbimo metu generuoja šilumą pats taip sukeldamas savo terminės deformacijas. Vienas iš svarbiausių šilumos šaltinių suklio sistemoje yra trintis guoliuose. Guolių sukeliama šilumos kiekis priklauso nuo guolių tipo, būklės, apkrovos, tepimo ir kitų priežasčių (Takabi, Khonsari, 2013). Šilumos perdavimą suklio sistemoje apibūdina sudėtingi fizikiniai procesai, tokie kaip šilumos laidumas, konvekcija ir radiacija (Chiu et al., 2021), nes šią sistemą sudaro daug, iš skirtingų medžiagų ir skirtingais metodais pagamintų komponentų, kai kurie iš jų apdirbimo metu sukasi dideliais greičiais.

Staklių projektavimo metu negalima visiškai išspręsti anksčiau išvardintų problemų, dėl kurių susidaro nepageidautini vidiniai ir išoriniai šilumos šaltiniai darbo metu (Ramesh et al., 2000; Bryan, 1990; Postlethwaite et al., 1999). Efektyvus, tačiau ne pigus metodas yra elektros variklių izoliavimas. Šis metodas ne visada taikomas dėl padidėjusių matmenų. Labiausiai žinomas ir naudojamas sprendimas siekiant išvengti pagrindinio veleno ir kitų dalių pailgėjimo CNC staklėse yra terminių deformacijų kompensavimas darbo metu (Ramesh et al., 2000). Tam, kad kompensuoti terminės deformacijas darbo metu, CNC staklių valdiklis

turėtų žinoti terminų deformacijų dydžius realiu laiku. Tačiau suklio deformacijos negali būti pamatuotos bet kuriuo momentu vykstant apdirbimui, nes tai reikalauja pertraukti staklių darbą ir sumažinti apdirbimo našumą. Paprasčiausias būdas CNC staklių valdikliui įvertinti kokio dydžio pailgėjimą/sutrumpėjimą reikia kompensuoti, yra išmatuoti temperatūrą realiu laiku įmontuotais į staklių mazgus jutikliais, o po to apskaičiuoti kompensavimo dydžius ir pakoreguoti mazgo (suklio galvutės) padėties staklių koordinatinių sistemoje. Jutiklius įmontuoja ir kompensavimo programinę įrangą kuria staklių valdymo sistemos gamintojai, operatorius dažnai net nemato, kaip ir kiek kompensuojama suklio galvutės ar kito mazgo padėtis. Tokiu būdu pamatuoti temperatūrą yra daug lengviau nei pamatuoti pačias deformacijas ir tai leidžia nepertraukti staklių darbo. Tačiau turi būti žinomas ryšys tarp temperatūros ir pačių deformacijų.

Šio tyrimo tikslas yra patikrinti kaip CNC staklės kompensuoja temperatūrinės deformacijas.



1 pav. CNC vertikalusis apdirbimo centras

Šaltinis: sudaryta autorių

Tyrimo objektas ir metodika

Ekspimentiniams tyrimams atlikti buvo naudojamas 3-jų ašių CNC vertikalusis apdirbimo centras, kuris pateiktas 1 pav.

Suklio galo padėties pasikeitimui įvertinti buvo naudojamas „Mitutoyo“ firmos rodiklinis indikatorius su magnetiniu stovu (2 pav.), indikatoriaus padalos vertė – 1 μm.



2 pav. Suklio galo padėties matavimo schema

Šaltinis: sudaryta autorių

THERMAL DEFORMATION COMP. MONITOR 1		1/3	
SENSOR	[TEMP °C]	ESTIMATE	COMP.
1	22.5	X	0.0000
2	23.0	Y	0.0202
3	22.7	Z	-0.0134
4	22.2		
5	23.2		
6	23.8		
7	20.4		
8	20.7		
9	OVER(-)		
10	OVER(-)		
		EXPANSION/SHRINKAGE	
		X	-0.0304 [mm/m]
		Y	-0.0014 [mm/m]
		Z	non-c [mm/m]
		COMP. OBJECT	-

3 pav. Kompensacijos ir temperatūros daviklių rodmenys staklių vaizduoklyje: 1 – temperatūros daviklis prie guolio, esančio suklio apačioje; 2 – temperatūros daviklis esantis suklio galvutėje; 3 – temperatūros daviklis prie guolio, esančio prie suklio variklio

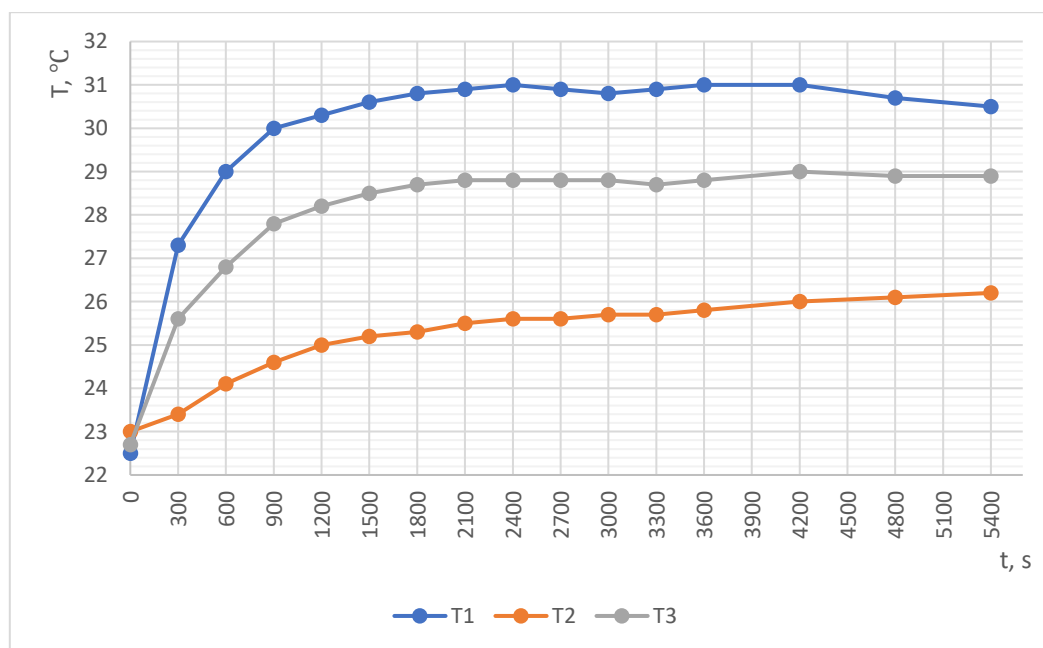
Šaltinis: sudaryta autorių

Eksperimento metu staklių suklys buvo paleidžiamas suktais 15 000 sūk./min greičiu, eksperimentas truko 1,5 val. Pirmą valandą kas 5 minutes indikatoriumi buvo tikrinama suklio galo padėtis, likusi eksperimento pusvalandį suklio galo padėtis buvo tikrinama kas 10 minučių, nes buvo tikėtina, kad suklys bus išilęs iki darbinės temperatūros ir jo padėtis daug nebesikeis. Jeigu padėtis po pirmos valandos keistųsi žymiai, eksperimento laikas būtų prailgintas. Siekiant išvengti pozicionavimo paklaidų įtakos suklio galvutė nebuvo judinama staklių Z ašies kryptimi (įrankio ašies kryptimi). Pritvirtintas prie stalo indikatorius su magnetu taip pat nebuvo judinamas. Taip pat aukščiau minėtais laiko intervalais buvo stebimos terminių deformacijų kompensacijų dydžiai ir temperatūros daviklių rodmenys staklių valdiklio vaizduoklyje (3 pav.)

Tyrimų rezultatai

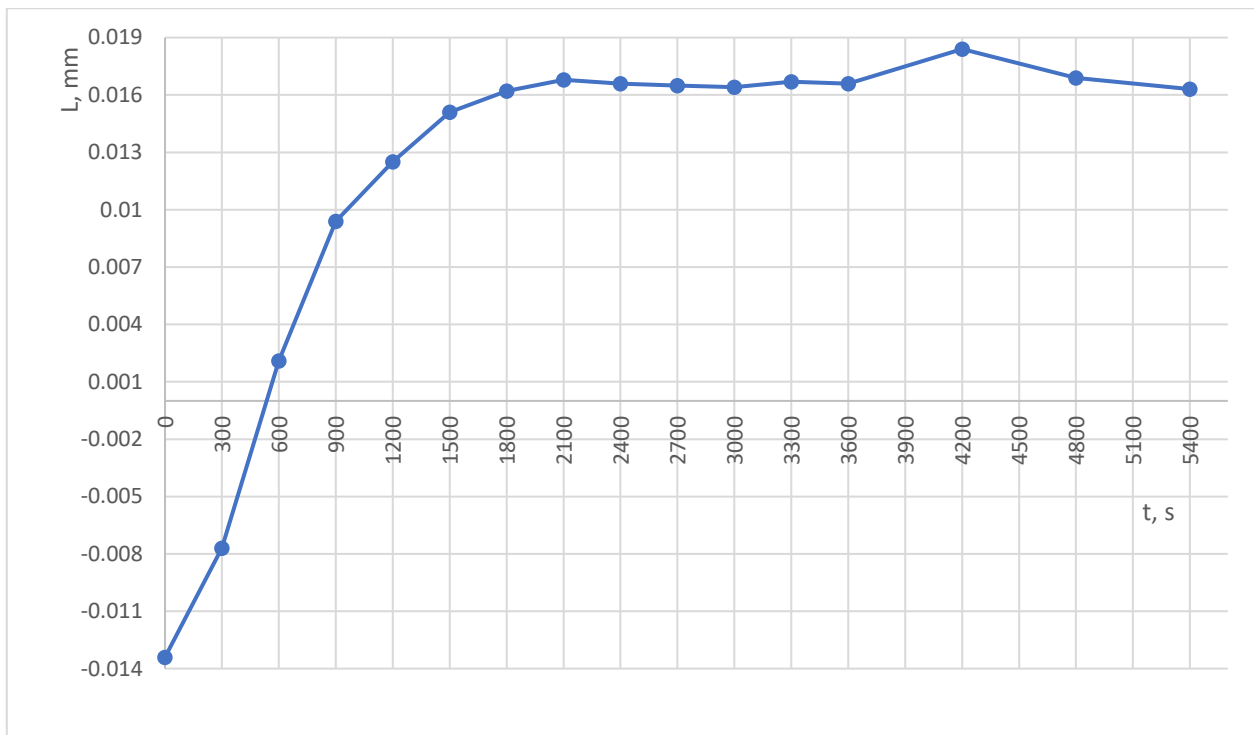
Eksperimentinių tyrimų rezultatai pateikti 4–6 pav. 4 pav. pateikti staklių temperatūros daviklių rodmenys bandymo metu (T1 – temperatūros daviklis prie guolio, esančio suklio apačioje; T2 – suklio galvutėje; T3 – prie guolio, esančio prie suklio variklio). 5 pav. pateikti staklių kompiuterio apskaičiuotų suklio padėties kompensacijų priklausomybės nuo eksperimento laiko grafikai. 6 pav. pateikti indikatorius rodmenys.

6 pav. galima matyti, kad eksperimento eigoje iki 20 min darbo suklio galo padėtis keitėsi tik 0,001–0,002 mm. Po 25 min darbo indikatorius parodė 0,006 mm skirtumą, o po 30 min indikatorius parodė 0,011 mm skirtumą. Toliau indikatorius rodmenys beveik nekito (6 pav.).

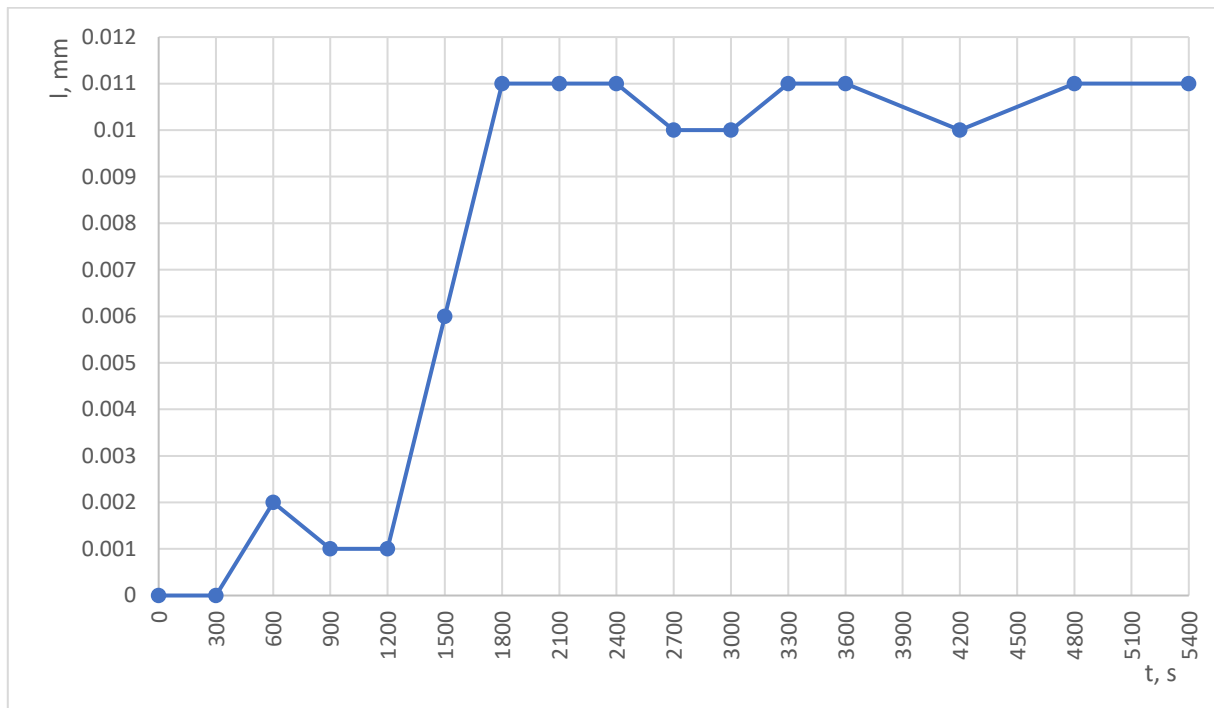


4 pav. Temperatūrinių daviklių T1–T3 (3 pav.) rodmenys eksperimento metu

Šaltinis: sudaryta autorių



5 pav. Staklių Z ašies kompensacijų dydžiai eksperimento metu
Šaltinis: sudaryta autorių



5 pav. Indikatoriaus rodmenys
Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados

Atlikus CNC vertikalojo apdirbimo centro suklio galo padėties matavimą paaiškėjo, kad darbo pradžioje staklių valdymo sistema suklio termines deformacijas kompensuoja gerai, tačiau po 20 min paklaida pradeda didėti ir po 30 min darbo atsiranda pastovi 0,010–0,011 mm paklaida, kuri toliau nekinta.

Prieš apdirbant detales, kuriose siekiama gauti tikslius matmenis staklių Z ašies kryptimi, reikėtų paleisti sukli suktis tuščiai ir palaukti tol, kol jis išils iki maždaug 30 °C temperatūros, staklių terminių kompensacijų lentelėje bus matyti, kad staklės kompensuoja suklio galvutės aukštį 0,016 mm. Programoje reikia koordinatėmis kompensuoti 0,010–0,011 mm pastovią paklaidą.

Literatūra

1. Xiaozhong, R., Jing, D., Mingde, D., Haichao, Z., Zhuangya, Z., Hezeng, W. 2017. Analysis of thermal characteristics for spindle system of the KSMC1250 CNC machining center. *Advances in Computer Science Research*, 73, 49–56.
2. Chiu, Y.-C., Wang, P.-H., Hu, Y.-C. 2021. The thermal error estimation of the machine tool spindle based on machine learning. *Machines*, 9(9), 1–18.
3. Ramesh, R., Mannan, M.A., Poo, A.N. 2000. Error compensation in machine tools – a review: Part I: Geometric, cutting-force induced and fixture-dependent errors. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 40(9), 1235–1256.
4. Takabi, J., Khonsari, M.M. 2013. Experimental testing and thermal analysis of ball bearings. *Tribology International*, 60, 93–103.
5. Bryan, J. 1990. International status of thermal error research. *CIRP Annals*, 39(2), 645–656.
6. Postlethwaite, S.R., Allen, J.P., Ford, D.G. 1999. Machine tool thermal error reduction – an appraisal. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 213(1), 1–9.

STUDY OF THERMAL DEFORMATIONS OF VERTICAL MACHINING CENTER SPINDLE

Summary

The paper presents results of measurements of thermal deformations of CNC vertical machining center (VMC) spindle. Experimental studies were conducted to examine how control unit of CNC machine compensate spindle position change due to the heating. For that purpose, the spindle was rotated idle at 15 000 rpm within 1.5 hours and its end position was checked by dial indicator at 5 and 10 min time intervals while the values of Z-axis thermal compensations in the machine tool controller display were monitored. It was found that the machine tool compensates thermal deformations well during first 20 minutes of operation, then error increases and after 30 minutes of operation a constant error of 10–11 μm occurs.

Keywords: CNC vertical machining centre, thermal deformation, spindle, temperature, error compensation.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Rokas Stankaitis

Mokslo laipsnis ir vardas: inžinerijos mokslų bakalauras

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto, Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros magistrantas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: medžiagų apdirbimas pjovimu

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 5 2370594, rokas.stankaitis@stud.vilniustech.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Vadim Mokšin

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, profesorius

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: tribologija, medžiagų apdirbimas pjovimu, mašinų dinamika

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 5 2370594, vadim.moksin@vilniustech.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Rokas Stankaitis

Science degree and name: bachelor of engineering

Workplace and position: Vilnius Gediminas technical university, Faculty of mechanics, Department of mechanical and material engineering, M. Sc. student

Author's research interests: metal cutting

Telephone and e-mail address: 8 5 2370594, rokas.stankaitis@stud.vilniustech.lt

Author name, surname: Vadim Mokšin

Science degree and name: Ph. D., professor

Workplace and position: Vilnius Gediminas technical university, Faculty of mechanics, Department of mechanical and material engineering, professor

Author's research interests: tribology, metal cutting, machine dynamics

Telephone and e-mail address: 8 5 2370594, vadim.moksin@vilniustech.lt

Statiškai neišsprendžiamos sijos skaičiavimo būdų apžvalga

Jurijus Tretjakovas

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Olandų g. 16, Vilnius, el. p. j.tretjakovas@vtdko.lt

Svetlana Toropovienė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, Vilnius, el. p. s.toropovienė@vtdko.lt

Anotacija.

Statybos inžinerijoje dažnai privalu sijoms pridėti papildomas atramas, o mechanikos, transporto ar aviacijos srityse velenams sumontuoti papildomus atraminius guolius. Tokiu būdu pakeičiame sistemos statinio neišsprendžiamumo laipsnį ir gauname statiškai neišsprendžiamą lenkiamą sistemą. Tarpatramio mažinimas arba konsolės įtvirtinimas mažina sistemos deformacijas ir didina standumą ir patikimumą. Tačiau atramų didinimas didina atraminių reakcijų skaičių, todėl sudaromos papildomos deformacijų suderinamumo lygtys, dar vadinamos kanoninėmis lygtimis, ir šių lygčių sprendiniai leidžia sužinoti visų atramų reakcijų jėgų ir atraminių momentų reikšmes.

Suderinamumo lygtys sprendžiamos įvairiais būdais. Straipsnyje aprašomas būdų taikymas konkrečios sijos atveju, pateikiami būdų privalumai ir trūkumai.

Raktiniai žodžiai: statiškai neišsprendžiama sistema, suderinamumo lygtis, statinio neišsprendžiamumo laipsnis.

Įvadas

Daug inžinerijoje konstrukcijų ar mechanizmų elementų sistemų yra statiškai neišsprendžiamos. Joms pusiausvyros lygčių nepakanka rasti atramų reakcijų jėgoms ar momentams. Šios sistemos yra standesnės, dažniausiai stipresnės ir visuomet patikimesnės [1-3]. Netgi vienai atramai nustojus funkcionuoti, sistemos konstrukcijos elementas dar turi pakankamą kiekį ryšių funkcionuoti. Tačiau statiškai neišsprendžiamos sistemos turi ir neigiamų ypatybių: jose gali atsirasti nepageidaujamų temperatūrinių ar montažinių deformacijų [3-5].

Statiškai neišsprendžiamoms sijoms skaičiuoti yra įvairių teoremų, metodų ir būdų [5-6]: Kastiljano ir Moro teoremos, jėgų metodas, poslinkių metodas, grafoanalitinis būdas ir kt. Pastaraisiais dešimtmečiais populiarūs tapo baigtinių elementų metodas [7] ir kompiuterinių programų naudojimas [8].

Sprendžiant statiškai neišsprendžiamą siją reikia išspręsti deformacijų suderinamumo sąlygų lygtį, kuri lenkiamose sistemose dar vadinama kanonine lygtimi ir užrašoma taip

$$\delta + \Delta = 0$$

1)

čia Δ - pagrindinės sistemos poslinkis perteklinio ryšio kryptimi; δ - pagrindinės sistemos poslinkis perteklinio ryšio kryptimi nuo ryšio reakcijos: ryšio reakcijos jėgos F_R arba ryšio reakcijos momento M_R .

Apšakiavę poslinkius bet kuriuo metodu ir išsprendus suderinamumo lygtį, galime rasti tikrąją ryšio reakcijos jėgą arba tikrąjį ryšio reakcijos momentą pridėtus prie perteklinio ryšio.

Temos aktualumas grindžiamas tuo, kad konstruktoriui, atliekančiam statiškai neišsprendžiamų sistemų skaičiavimus, būna keblu pasirinkti skaičiavimo metodą. O ir pasirinkus vieną metodą, kartais tenka kitu metodu atsakymą patvirtinti arba paneigti.

Tyrimo objektas yra vieną kartą statiškai neišsprendžiama lenkiama sistema.

Darbo tikslas – įvairiais metodais išspręsti statiškai neišsprendžiamos lenkiamos sistemos deformacijų suderinamumo lygtį.

Šiam tikslui pasiekti buvo iškelti tokie *uždaviniai*:

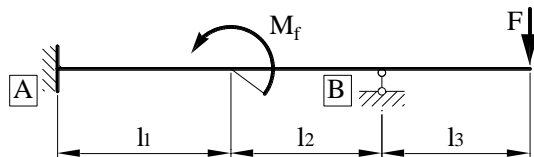
1. Sukurti statiškai neišsprendžiamos lenkiamos sistemos skaičiuojamąjį modelį;
2. Skaičiuoti poslinkius grafoanalitiškai ir taikant tipines formules superpozicijos principu.
3. Gauti lenkiamos sistemos lenkimo momentų diagramą naudojant kompiuterinę programą ar komercinę programą.

4. Palyginti skaičiavimų rezultatus.

Tyrimo metodika Statiškai neišsprendžiamos sistemos deformacijų darnos lygties poslinkiai skaičiuojami grafoanalitiniu, analitiniu, skaitiniu metodais ir naudojant komercinę programą (6).

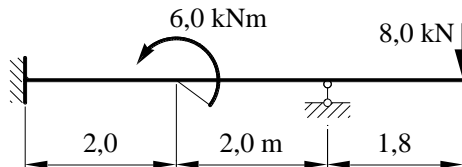
Statiškai neišsprendžiamos sistemos skaičiuojamoji schema

Analizei pasirinkta standžiai įtvirtinta atramoje A trijų ruožų (ilgiai l_1 , l_2 ir l_3) sija (1 pav.) su paslankiu lankstu B ir konsole dešinėje. Sija apkrauta koncentruota jėga F ir koncentruotu momentu M_f .



1 pav. Statiškai neišsprendžiamos sistemos pradinis modelis

Sijos skaičiuojamoji schema generuojama pasirenkant parametrų reikšmes: ilgis $l_1=l_2=2,00$ m, $l_3=1,80$ m, jėga $F=8,0$ kN ir koncentruotas momentas $M_f=6,0$ kNm.

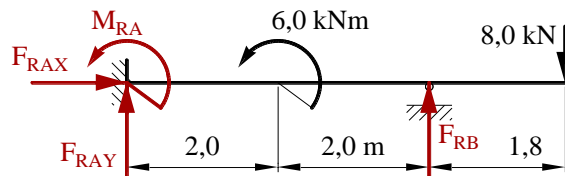


2 pav. Sijos skaičiuojamoji schema

Nagrinėjamu atveju tariame, kad sijos skerspjūvio plotas ir sijos medžiaga yra pastovi per visą ilgį (Atkočiūnas ir Nagevičius, 2004, Čižas, 2011), todėl standis laikomas pastoviu dydžiu, t.y. $E \cdot I_x = const$.

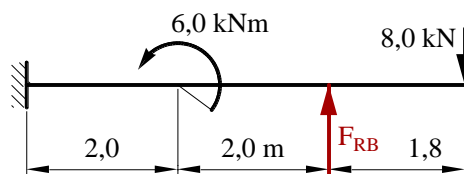
Pagrindinės statiškai išsprendžiamos sistemos variantai

Pagrindinės sistemą galima pasirinkti atpalaiduojant statiškai neišsprendžiamos sistemos (3 pav.) vieną bet kurią atraminę reakciją. Pasirenkame keletą skaičiavimo variantų.



3 pav. Statiškai neišsprendžiamos sistemos atramų reakcijos

Pirmasis. Atpalaiduoti galima paslankų lankstą B pridėdam atramos reakcijos jėgą F_{RB} ir gaunant statiškai išsprendžiamą gembinę siją (4 pav.).

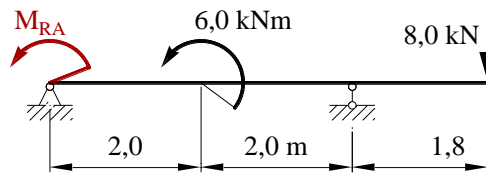


4 pav. Pagrindinės sistemos 1-asis variantas

Deformacijų suderinamumo lygtis yra atramos B įlinkių suma lygi nuliui:

$$v'_B + v_B = 0 \quad 2)$$

Antrasis. Šalinti atramos reakcijos momentą standžiame įtvirtinime pakeičiant standų įtvirtinimą nepaslankiu lankstu. (5 pav.). Tokiu atveju vietoj pašalinto atraminio ryšio pridėdame koncentruotą momentą M_{RA} .



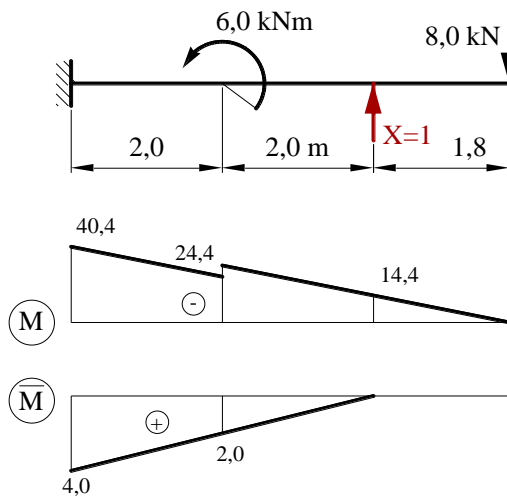
5 pav. Pagrindinės sistemos 2-asis variantas

Tokiu būdu gaunama statiškai išsprendžiama dviatramė sija su konsole dešinėje. Jos deformacijų suderinamumo lygtis bus išreiškiama kaip deviacijos atramoje A prilyginamas nuliui.

$$\varphi'_A + \varphi_A = 0 \quad 3)$$

Pirmojo varianto pagrindinės sistemos sprendimas grafoanalitiniu metodu

Šio metodo esmė yra ta, kad atramos reakcijos jėga keičiama vienetine jėga $F = 1$. Sudaromos gembinės sijos lenkimo momentų nuo tikrosios apkrovos ir lenkimo momentų nuo vienetinės jėgos diagramos. Diagramos pavaizduotos 6 pav.



6 pav. Lenkimo momentų diagramos

Skaičiuojami deformacijų suderinamumo lygties nariai:

Pagrindinės sistemos įlinkis:

$$v_B = \left[\frac{1}{2} \cdot (-14,4) \cdot 2,0 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 2,0 \right) \right] + \left[\frac{1}{2} \cdot (-24,4) \cdot 2,0 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot 2,0 \right) \right] + \left[\frac{1}{2} \cdot (-24,4) \cdot 2,0 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot 2,0 + \frac{1}{3} \cdot 4,0 \right) \right] + \left[\frac{1}{2} \cdot (-40,4) \cdot 2,0 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 2,0 + \frac{2}{3} \cdot 4,0 \right) \right] = -250;$$

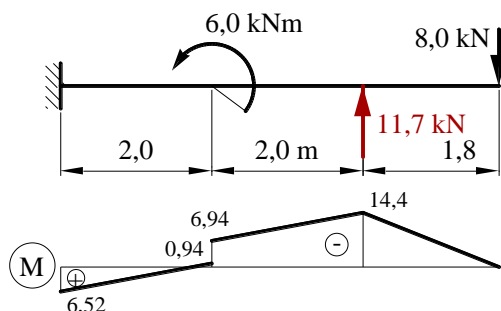
Sistemos poslinkis nuo vienetinės jėgos:

$$v'_B = \left[\frac{1}{2} \cdot 4,0 \cdot 4,0 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot 4,0 \right) \right] = 11,73$$

Suderinamumo lygties sprendinys:

$$X = \frac{250}{21,3} = 11,7 \text{ kNm.}$$

Vadinasi atramos B reakcijos jėga $F_{RB} = 11,7 \text{ kNm}$ ir žinant ją galima apskaičiuoti statškai neišsprendžiamos sistos lenkimo momentus pjūvio metodu.

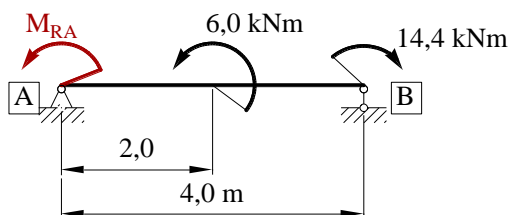


7 pav. Statškai neišsprendžiamos sistos lenkimo momentų diagramos

Apskaičiuavus lenkimo momentus sudaroma jų diagrama (7 pav.).

Antrojo varianto pagrindinės sistos sprendimas analitiniu metodu

Skaičiuojant šiuo metodu naudojamas superpozicijos principas deviacijoms ties atrama A išreikšti (8 pav.). Juk standusis įtvirtinimas A (1 pav.) skerspjūvio posūkio kampo neturi, todėl deviacijos Φ'_A nuo atraminio momento ir deviacijos Φ_A nuo apkrovos suma prilyginama nuliui.



8 pav. Pagrindinės sistos 2-asis variantas

Šioms deviacijoms rasti modifikuojame sąją (8 pav.) pridedami koncentruotą momentą nuo jėgos ties atrama B ir taikome analitines poslinkių skaičiavimo formules:

Pagrindinės sistos deviacija:

$$\Phi_A = \frac{1}{E \cdot I_x} \cdot \left(\frac{-6,0 \cdot (3 \cdot 2,0^2 - 4,0^2)}{6 \cdot 4,0} - \frac{14,4 \cdot 4,0}{6} \right) = \frac{-8,60}{E \cdot I_x}.$$

Deviacija nuo atraminio momento:

$$\Phi'_A = \frac{-M_{RA} \cdot 4,0}{3 \cdot E \cdot I_x} = \frac{-1,33 \cdot M_{RA}}{E \cdot I_x}.$$

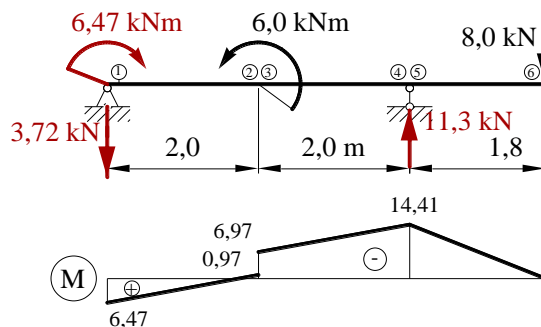
Lygties (3) išraiška su tikrosiomis reikšmėmis:

$$\frac{-1,33 \cdot M_{RA}}{E \cdot I_x} + \frac{-8,60}{E \cdot I_x} = 0.$$

ir sprendinys

$$M_{RA} = \frac{-8,60}{1,33} = -6,47 \text{ kNm.}$$

Skaičiuojame statiškai išsprendžiamos sijos atramų reakcijų jėgas ir lenkimo momentus



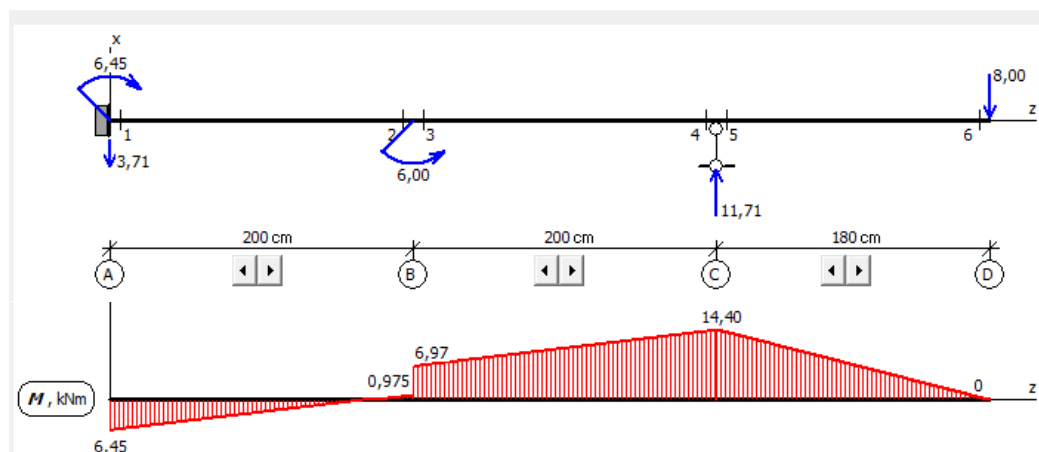
9 pav. Lenkimo momentų diagrama

Apskaičiuavus lenkimo momentus sudaroma jų diagrama (9 pav.).

Kompiuterinės programos naudojimas

Klasikinius skaičiavimo metodus pakeičia kompiuteriniai metodai: baigtinių elementų, baigtinių skirtumų ir kt. [7], komercinės programos [8], edukacinės kompiuterinės programos [6].

Naudojame įrašoms skaičiuoti skirtą programą *Elektroninio medžiagų mechaniko vadovėlio* [6] kompiuterinę programą ir gautą diagramą pavaizduojame 10 pav.



10 pav. Diagrama gauta skaičiuojamąja programa

Rezultatai

Pateikiame 1 lentelėje grafoanalitiniu, analitiniu ir skaitiniu metodais gautų lenkimo momentų pjūviuose nuo 1 iki 6 (9 pav.) reikšmes.

1 lentelė

Paklaidos				
Pjūvis	Grafoanalitinis	Analitinis	Skaitinis	Paklaida, %
1	6,52	6,47	6,45	0
2	0,94	0,97	0,975	0,08
3	6,94	6,97	6,97	0,40
4	14,40	14,41	14,40	-
5	14,40	14,41	14,40	-
6	0	0	0	0,17

Maksimali paklaida yra pirmojo pjūvio lenkimo momentuose ir sudaro 1,07 %.

Apibendrinimai ir išvados

Darbe atlikus vieną kartą statiškai neišsprendžiamos sistemos analizę dviem variantais įvairiais skaičiavimo būdais, daromos tokios išvados:

1. Skaičiuojamasis statiškai neišsprendžiamos sistemos modelis turi du pagrindinius variantus;

2. Skaičiavimas grafoanalitiniu metodu reikalauja daugiausia resursų ir yra sudėtingiausias. Tačiau šiuo metodu sprendžiama bet kokios ilgio geometrijos sistema.

3. Naudojant analitinį metodą pasitelkiamas superpozicijos principas. Metodus reikalauja mažiau resursų, tačiau gali kilti sunkumai su tipinių formulių naudojimu.

4. Skaičiuojamoji edukacinė kompiuterinė programa pateikia rezultatą akimirksniu. Gautas rezultatas sudaro 1,07 % paklaidą lyginant su grafoanalitinio metodo rezultatu ir 0,31 % paklaidą lyginant su analitinio skaičiavimo rezultatu. Praktikoje šios skaičiavimo paklaidos jokios įtakos įrašų nustatymui neuri, todėl skaičiuotojas gali naudoti bet kurį būdą.

Literatūra

1. Atkočiūnas, J., Nagevičius, J. *Tamprumo teorijos pagrindai*. Vilnius: Technika, 2004.
2. Čižas, A. *Medžiagų atsparumas. Konstrukcijų elementų mechanika*. Vilnius: Technika, 1993.
3. Budynas–Nisbett, *Shigley's Mechanical Engineering Design*, Eighth Edition, 2008.
4. Birger, I.A., Mavliutov, R.R., *Mechanics of materials, (in Russian), Moscow, 1986*.
6. Hibbeler, R.C. *Mechanics of materials*. Prentice Hall, 2011.
7. Vislavičius, K. *et al. Medžiagų atsparumo elektroninis vadovėlis*. Vilnius, 2008 m.
8. Zienkiewicz O.C. ir R.L. TAYLOR *The Finite Element Method. The Basis. Vol. 1. Fifth edition*, Butterworth Heinemann, Oxford, 2000.
9. www.matrix-software.com/

REVIEW OF THE CALCULATION METHODS FOR A STATICALLY INDETERMINATE BEAM

Summary

In civil engineering, it is often necessary to add additional supports to the beams and to install additional support bearings for the shafts in mechanical, transport or aviation fields. In this way we change the degree of static indeterminacy of the system and obtain a statically indeterminate bending system. Decreasing the distance between supports or additional support for console, reduces system's deformations and increases stiffness and reliability. However, increasing the supports, the number of support reactions increases as well, so additional deformation compatibility equations, also called as canonical equations, are developed, and the solutions of these equations allow to find the values of the forces and support moments of all support reactions.

Compatibility equations are solved by applying different methods. The paper describes the application of the methods in the case of a specific beam, presents the advantages and disadvantages of the methods.

Keywords: statically indeterminate structure, compatibility equation, degree of static indeterminacy

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jurijus Tretjakovas.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija:

Vilnius Gedimino technikos universiteto Statybos fakulteto Taikomosios mechanikos katedros docentas.

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos Technikos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: netiesinė mechanika, stiprumo mechanika, irimo mechanika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 68621859 jurijus.tretjakovas@vilniustech.lt, j.tretjakovas@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Svetlana Toropovienė

Mokslų laipsnis ir vardas: lektorė

Darbo vieta ir pozicija: VTDK Technikos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Filologija, anglistika, filologija inžinerijoje

Telefonas ir el. pašto adresas: +37067410954, s.toropoviene@vtdko.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Jurijus Tretjakovas

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas technical university Faculty of Civil engineering Department of Applied Sciences associated professor.

Vilnius College of Technologies and Design Technical faculty Department of Mechanical engineering, associated professor.

Author's research interests: nonlinear mechanics, strength of materials, fracture mechanics, **Telephone and e-mail address:** +370 68621859 jurijus.tretjakovas@vilniustech.lt, j.tretjakovas@vtdko.lt

Author name, surname: Svetlana Toropovienė

Science degree and name: lector

Workplace and position: VTDK Technical faculty Department of Mechanical engineering, lector

Author's research interests: philology, English philology, philology in engineering. **Telephone and e-mail address:** +37067410954, s.toropoviene@vtdko.lt

AUTOMOBILIO SAUGOS DIRŽŲ SEGĖJIMO PRIMINIMO SISTEMOS TYRIMAS

Vygandas Meseckas, Artūras Aleksynas
Kauno Technikos kolegija

Anotacija

Straipsnyje apžvelgta automobilio saugos diržų segėjimo prininimo sistemos aktualumas ir svarbumas keleivių saugumui, pasiūlytas sprendimas, kaip automobiliuose, neturinčiuose galinių sėdynių saugos diržų segėjimo prininimo sistemos, galėtų būti tokia sistema įdiegta.

Reikšminiai žodžiai. Automobilis, saugos sistema, saugos diržas, keleivių saugumas.

Įvadas

Atsižvelgus į dabartinį Lietuvos automobilių parko vidutinį amžių galima pastebėti, jog daugelyje senesnių automobilių gamykliniu būdu nėra įdiegta vienos iš papildomų saugumo sistemų – saugos diržų segėjimo prininimo sistemos visose automobilio sėdynėse. To priežastis yra ta, kad nebuvo privaloma automobilius komplektuoti su saugos diržo segėjimo prininimo sistema iki tol, kol tai neregamentavo 2019 metais, rugsėjo 1 d. Jungtinių Tautų Europos ekonominės komisijos taisyklės, kurios numatė privalomą saugos diržų segėjimo perspėjimo sistemą visose automobilio sėdimose vietose (OJ L 109, 27.4.2018, 1–99). Šios, prie saugumo prisidedančios sistemos integravimas į visas automobilio sėdynes, iki šio reikalavimo įsigaliojimo, priklausė tik nuo pačio gamintojo požiūrio į keleivių saugumą ir automobilio komplektacijos.

VšĮ Kelių ir transporto tyrimo instituto 2016 m. studijoje „Diržų segėjimo ant priekinių ir galinių sėdėjimo vietų dažnumo tyrimai“ nurodoma, kad 2013–2015 m. buvo užfiksuota, kad beveik penktadalis žuvusių eismo dalyvių nebuvo prisisegę saugos diržų. Studijos metu buvo nustatyta, kad saugos diržus sėdėdami automobilio priekyje Lietuvoje segasi 97 proc., o automobilio gale (įskaitant vaikiškas kėdutes) tik 30 proc. [7].

Siekiant paskatinti keleivius prisisegti saugos diržą, automobiliuose yra įrengiamas saugos diržo segėjimo prininimo įtaisas.

Tyrimo objektas - Automobilio saugos diržų segėjimo prininimo sistema.

Tyrimo tikslas - Įvertinti saugos diržų segėjimo prininimo sistemos svarbą automobilyje.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti automobilių saugos diržų segėjimo prininimo sistemų apžvalgą ir palyginamąją analizę ir nustatyti automobilio saugos diržų segėjimo prininimo sistemos prototipo techninius reikalavimus.
2. Atlikti automobilio saugos diržų segėjimo prininimo sistemos realizacijos būdų apžvalgą ir analizę.
3. Sudaryti automobilio saugos diržų segėjimo prininimo sistemos struktūrinę, elektrinę principinę schemas, sistemos veikimo algoritmą.
4. Atlikti saugos diržų segėjimo prininimo sistemos prototipo bandymus.

Tyrimo metodai ir priemonės: Turinio analizė, lyginamoji analizė, prototipo bandymas.

Saugos diržų segėjimo sistemų lyginamoji analizė

Atsižvelgiant į plačiai paplitusias automobilių saugos diržų segėjimo prininimo sistemų technines savybes (1 lentelė), buvo atlikta keleto iš jų (siekiant neutralumo sistemos pažymėtos A, B, C) lyginamoji analizė. Nesunku pastebėti, kad pasirinktomis sistemoms trūksta universalumo, t. y. A ir B sistemų nėra galimybės instaliuoti į automobilius, kurie neturi tokios sistemos. Sistemos C pritaikomumas automobiliuose, neturinčiuose saugos diržų segėjimo prininimo sistemos, galimas, tačiau šios sistemos maitinimas numatytas iš papildomo šaltinio, kas gali sukelti nepatogumų, nes pasibaigus baterijų tarnavimo laikui, jas reikės keisti. Palyginant sistemas, taip pat paaiškėjo, kad daugeliu atvejų neišspręsta ir automobilio sėdynių užimtumo problema. Siekiant nustatyti, kokios būtų galimybės visas technines charakteristikas pasiekti, suprojektuojant tokio tipo universalų prietaisą, buvo atlikta automobilio saugos diržų segėjimo prininimo sistemos realizavimo būdų apžvalga.

1 lentelė

Automobilio saugos diržų segėjimo prininimo sistemų palyginimas pagal technines charakteristikas

Panašios sistemos	A sistema	B sistema	C sistema
Techninės charakteristikos ir funkcijos			
Darbinė temperatūra nuo -30 °C iki 70 °C	-	-	-
Maitinimo įtampa 12 V	-	+	-
Saugos diržo segėjimo ir sėdynės užimtumo tikrinimas 3 keleiviams	-	+	-
Vaizdiniai ir garsiniai įspėjimai neužsisegus saugos diržo	+	+	+

	Panašios sistemos	A sistema	B sistema	C sistema
Techninės charakteristikos ir funkcijos				
Automobilio saugos diržų segėjimo priminimo sistemos pritaikomumas automobiliams, neturintiems šios funkcijos.		-	-	+

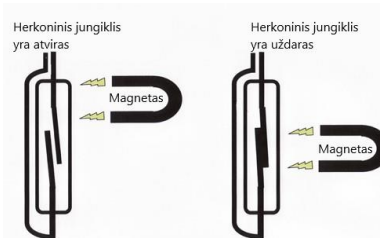
Sudaryta autorių remiantis šaltiniais: ALLBUCKLED seatbelt alert system. Phoenix Seating [žiūrėta 2021-11-05]. Prieiga per internetą: <https://www.phoenixseating.com/our-products/all-buckled-up>, Door and seat belt reminders. Volvo XC 90 [žiūrėta 2021-11-05]. Prieiga per internetą: <https://www.volvocars.com/en-ca/support/manuals/xc90/2020w17/safety/seat-belts/door-and-seat-belt-reminders>, BUCKLEMEUP seatbelt reminder and alert [žiūrėta 2021-11-06]. Prieiga per internetą: <https://www.bucklemeup.com/>

Sistemos techninių charakteristikų parinkimas

- Darbinė temperatūra nuo -30 °C iki 70 °C.
- Maitinimo įtampa nuo 12 iki 14,5 V DC.
- Saugos diržo segėjimo ir sėdynės užimtumo tikrinimas 3 keleiviams.
- Vaizdiniai ir garsiniai įspėjimai neužsisegus saugos diržo.
- Automobilio saugos diržų segėjimo priminimo sistemos pritaikomumas automobiliams, neturintiems šios funkcijos.

Prototipo realizavimo būdų analizė

Saugos diržo segėjimo tikrinimas. Norint užtikrinti tinkamą sistemos veikimą, yra būtinas saugos diržo segėjimo tikrinimas. Apie saugos diržo sagties būseną turi būti informuotas sistemos valdiklis, kuris per numatytas indikacijos priemones keleiviams primins, jei šie pamirš užsisegti saugos diržus. Ši sistema galėtų būti montuojama į automobilius, kurie tokios funkcijos neturi. Atsižvelgiant į tai, tokiuose automobiliuose turėtų būti įdiegta saugos diržo sagties su jau įmontuotais segėjimo jutikliais, arba sagtis reikėtų modernizuoti, į jas įmontuojant sagties padėties jutiklius. Šiai funkcijai realizuoti galima būtų panaudoti dviejų padėčių mikro jungiklį, kuris būtų įmontuojamas į saugos diržo sagties vidų. Mikro jungiklis sujungtų arba atjungtų grandinę, priklausomai nuo saugos diržo būsenos. Kitas galimas būdas – optoporos (šviesos diodas + foto diodas) panaudojimas. Priklausomai nuo saugos diržo segėjimo būsenos, foto diodas gautų arba ne šviesos srautą, kurį skleistų šviesos diodas. Dar vienas iš galimų saugos diržo sagties padėties nustatymo būdų galėtų būti magnetinio lauko savybių išnaudojimas. Šiam būdai realizuoti tiktų herkonio jungiklio ir mikro magneto kombinacija (žr. 1. pav.).



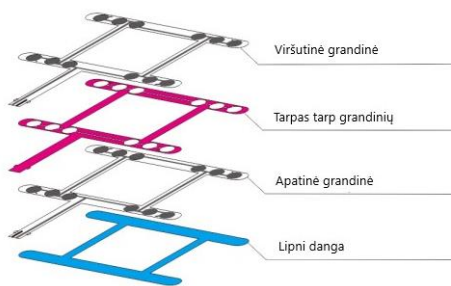
1 pav. Herkoninio jungiklio veikimo principas

Šaltinis: Herkoninis jungiklis. Duino.lt [žiūrėta 2021-11-10]. Prieiga per internetą: <https://www.duino.lt/magnetiniai-priartejimo-holo-ir-herkonai/14039-arduino-14mm-herkoninas.html>

Dėl minimalaus laidų kiekio, dėl patikimo signalo (gali būti tik įjungta arba išjungta) ir dėl palyginti nesudėtingo mikro magneto bei herkonio įmontavimo į saugos diržo sagtį, prototipo realizavimui buvo pasirinktas herkoninio jungiklio principas.

Sėdynės užimtumo tikrinimas. Tam, kad saugos diržų segėjimo priminimo sistema galėtų identifikuoti ar sėdi keleivis, į sėdynes būtina instaliuoti sėdynių užimtumo jutiklius.

Vienas iš sėdynės užimtumo nustatymo būdų galėtų būti holo efekto jungiklio panaudojimas, tačiau tokio jungiklio įmontavimas į sėdynę būtų gana komplikuoatas dėl jo konstrukcinių savybių. Kitas galimas būdas - kilimėlio tipo užimtumo jutiklio panaudojimas. Toks jutiklis montuojamas po viršutiniu sėdynės apmušalu. Kilimėlis elektriškai sujungia arba atjungia grandinę, priklausomai nuo to keleivis užėmęs sėdynę ar ne. Panašiu principu veikia ir membraninis slėgio jutiklis (2 pav.). Tokio tipo jutiklis gaminamas iš viršutinės ir apatinės dalies, kurios, gali elektriškai susijungti arba atsijungti, priklausomai ar sėdynė bus užimta, ar ne.



2 pav. Sėdynės užimtumo jutiklis

Šaltinis: Seat occupancy sensor structure. Flexkys.com [žiūrėta 2022-01-17]. Prieiga per internetą: http://www.flexkys.com/pshow_232.htm

Atlikus sėdynės užimtumo jutiklių analizę, dėl montavimo privalumų buvo pasirinktas membraninis sėdynės užimtumo jutiklis. Šio tipo jutiklių storis yra apie 1 mm, tai leidžia įmontuoti jutiklį į sėdynę, nepabloginant pačios sėdynės savybių. Taip pat jutiklio techninės charakteristikos leidžia užtikrinti, kad diržų segėjimo priminimo sistema nereaguos į daiktų iki 140 g. padėjimą ant sėdynės.

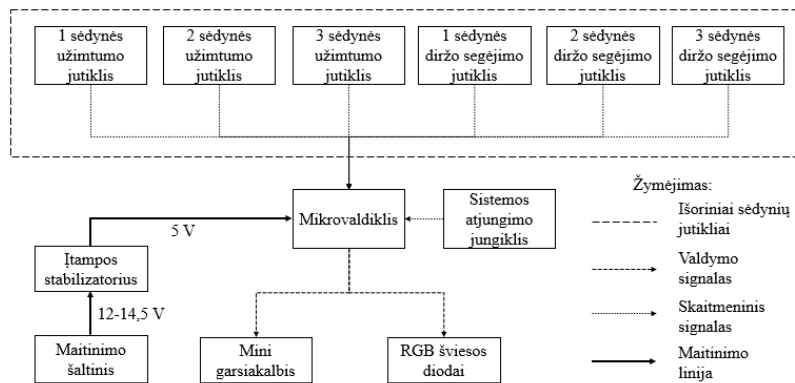
Sėdynės užimtumo jutiklio signalo perdavimas. Kadangi diržų segėjimo sistemos pats priminimo įrenginys yra nutolęs nuo diržo sagties, būtina numatyti optimalų sėdynės užimtumo jutiklio signalo perdavimo būdą. Galimi du principiniai signalo perdavimo būdai – bevielis perdavimo būdas ir signalo perdavimas laidais. Renkantis bevielį perdavimo būdą būtų galima išvengti papildomų laidų pravedimo po automobilio kilimu, tačiau bevielės perdavimo sistemos siųstuvo modulis turėtų būti įrengtas pačioje diržo sagtyje arba šalia jos. Ribota erdvė diržo sagtyje reikalautų papildomų sprendimų, kurie tikėtina ženkliai padidintų sistemos kaštus. Siųstuvo modulio instaliacija po sėdyne iš esmės tikėtų tik automobiliams, kurių galinės sėdynės neturi atlenkimo funkcijos, todėl sistemos pritaikomumas pagal automobilių kategorijas būtų ženkliai apribotas. Automobiliuose, kurių galinės sėdynės turi išlankstymo galimybes, tektų spręsti problemą, kaip instaliuoti siųstuvo modulį, kad jis nebūtų pažeistas sėdynių atlenkimo/užlenkimo metu. Tikėtina, kad sprendimo būdas galėtų būti laidų pravedimas nuo jutiklio iki siųstuvo modulio, kas iš esmės neleistų instaliuoti absoliučiai bevielę signalų perdavimo sąsają, todėl, siekiant paprastesnės sistemos instaliacijos automobilyje, pasirinktas laidinis signalo perdavimo būdas.

Garsinis ir vaizdinis priminimas. Siekiant užtikrinti keleivių saugumą kelionės automobiliu metu, keleivis, įsėdęs į automobilį ir pamiršęs prisisegti saugos diržu, turi būti informuojamas garsiniais ir vaizdiniais įspėjimo signalais. Šie įspėjimai turi būti aktyvūs tol kol keleivis arba vairuotojas atkreipia dėmesį ir saugos diržas yra prisegamas arba keleivio sėdynė yra atlaisvinama. Vaizdiniai perspėjimo signalai turi būti lengvai matomi vairuotojui iš normalios vairavimo padėties, be galvos pasukimo į šoną, o garsinis priminimo signalas turi būti pakankamai garsus ir aiškus.

Atsižvelgiant į jau nusistovėjusią praktiką garsinis perspėjimo signalas dažniausiai pasirenkamas aiškiai žmogaus ausiai girdimo, apie 1 kHz dažnio, su pauzėmis (pypsėjimo režimas), panaudojant garsiakalbį. Kuo ilgiau keleivis neprisiega saugos diržo, tuo labiau šis pypsėjimas turėtų dažnėti ir garsėti. Garsinį įspėjimą aktualu derinti kartu su vaizdiniu vairuotojo dėmesio atkreipimu į keleivių diržų segėjimo būseną, nes vairuotojas pastebėjęs, kuris keleivis pamiršo užsisiegti saugos diržą, gali žodžiu apie tai informuoti keleivį. Vaizdiniam galinių automobilio sėdynių saugos diržų būsenos atvaizdavimui galėtų būti panaudoti RGB šviesos diodai (kiekvienai galinei sėdynei atskiri šviesos diodai). Mėlyna spalva reikštų, jog sėdynė yra neužimta ir sistema nereikalauja prisisegti saugos diržo. Raudona spalva informuotų, jog sėdynė yra užimta keleivio, kuris nėra prisisegęs saugos diržo – šiuo atveju turėtų pradėti mirksėti raudonas šviesos diodas, siekiant vizualiai atkreipti tiek vairuotojo, tiek ir keleivio dėmesį. Žalia spalva reikštų, kad ta sėdynė yra užimta keleivio, kuris yra prisisegęs saugos diržą. Šiuolaikiniuose automobiliuose vaizdiniam priminimui dažniausiai išnaudojamas prietaisų skydelyje esantis displėjus, tačiau įvertinant tai, kad analizuojama sistema daugiau skirta automobiliams, kurie tokios priminimo sistemos neturi, racionalu būtų integruoti jau aprašytą atvaizdavimą su RGB šviesos diodais, nes jų instaliavimas būtų paprasčiau techniškai sprendžiamas nei papildomo displėjaus (LCD ekrano) integravimas automobilyje.

Struktūrinė priminimo sistemos schema

Trečiame paveiksle pateikta automobilio saugos diržų segėjimo priminimo sistemos struktūrinė schema.



3 pav. Priminimo sistemos struktūrinė schema
Šaltinis: sudaryta autorių

Maitinimo šaltinis - 12÷14,5 V, standartinė automobilio darbinė įtampa.

Įtampos stabilizatorius – žemina įtampą iki 5 V. Pažeminta įtampa maitinamas mikrovaldiklis ir jo išėjimuose esančios apkrovos.

Sėdynės saugos diržo segėjimo jutikliai - herkoniniai jungikliai, įmontuoti saugos diržo sagtyse, fiksuoja ar keleivis yra prisisėgęs saugos diržą ir informaciją siunčia mikrovaldikliui.

Sistemos atjungimo jungiklis – mygtukas, skirtas deaktyvuoti saugos diržų segėjimo prerinimo sistemą, jei ant sėdynės yra padedamas pašalinis daiktas, kuris aktyvuoja garsinius ir vaizdinius perspėjimus.

Sėdynės užimtumo jutikliai – membraniniai slėgio jutikliai fiksuoja galinių sėdynių užimtumą ir informaciją siunčia mikrovaldikliui.

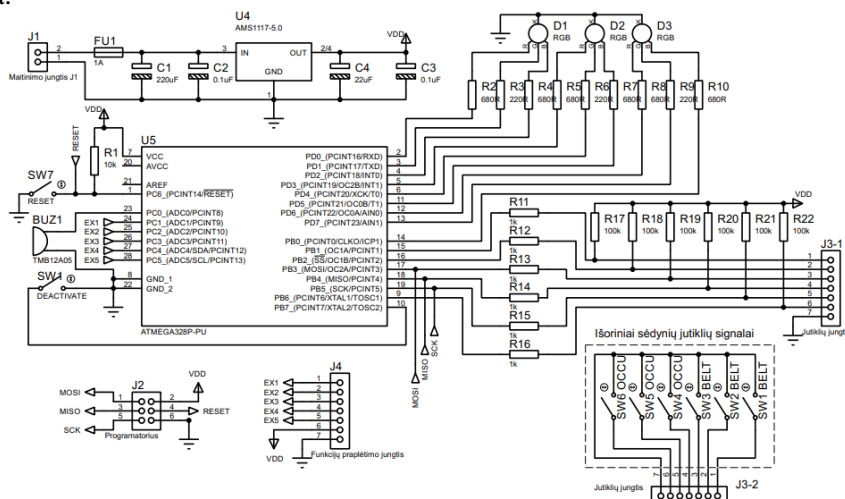
Mikrovaldiklis – apdoroja sėdynių užimtumo jutiklių siunčiamus signalus ir formuoja garsinio bei vaizdinio prerinimo signalus.

Mini garsiakalbis – naudojamas kaip garso skleidimo šaltinis.

RGB šviesos diodai - naudojami saugos diržų segėjimo būsenai atvaizduoti.

Elektrinė principinė prerinimo sistemos schema

Ketvirtame paveiksle pateikta automobilio saugos diržų segėjimo prerinimo sistemos elektrinė principinė schema.



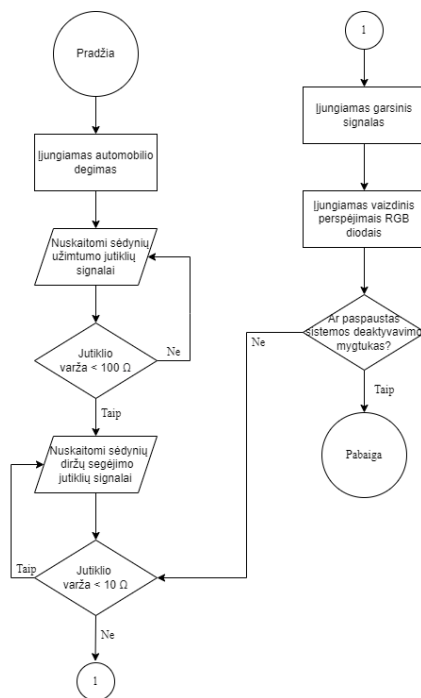
4 pav. Priminimo sistemos elektrinė principinė schema
Šaltinis: sudaryta autorių

Atmega 328P mikrovaldiklio [6] (4 pav.) 8 ir 22 išvadai atlieka bendrojo (žemės) išvado funkciją. Išvadas 7 - mikrovaldiklio maitinimui, 5 V įtampa. Mikrovaldiklio perkrovimui naudojamas 1 išvadas. Perkrovimo metu į šį išvadą paduodamas žemės potencialas. Išvadai 2-6 ir 11-14 skirti RGB šviesos diodams prijungti. Per išvadas 9 ir 14-19 paduodami signalai iš sėdynės užimtumo ir saugos diržų segėjimo jutiklių. Išvadas 10 skirtas atjungti sistemos veikimą, tuo atveju, kai ant sėdynės yra padėtas pašalinis daiktas, dėl kurio gali būti įjungiamas perspėjimas prisisėgti saugos diržą. Išvadas 23 sujungtas su mini garsiakalbiu, kuris garsiniu signalu primins keleiviams užsisėgti saugos diržus. Kadangi sėdynių užimtumo jutikliai yra nutolę

nuo priminimo sistemos pagrindinio įtaiso, minėti jutikliai dėl universalumo ir instaliavimo patogumo prijungiami per jungtį J3.

Mikrovaldiklio programos algoritmas

Priminimo sistemos mikrovaldiklio programos algoritmas pateiktas 5 paveiksle.



5 pav. Priminimo sistemos mikrovaldiklio programos algoritmas

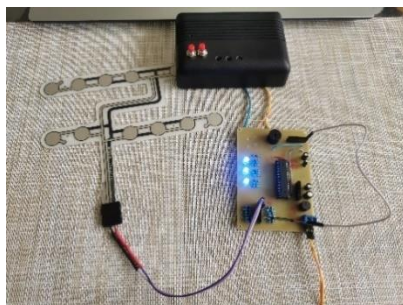
Šaltinis: sudaryta autorių

Sudarytame sistemos programos algoritme nurodyta: kai įjungiamas automobilio degimas, sistema gaudama 12 V automobilio maitinimą išjungia; Nuskaitomi sėdinių užimtumo jutiklių duomenys. Pagal šių jutiklių signalų duomenis yra vykdomi tolesni algoritmo veiksmai; Jei sėdynės yra užimtose (jutiklio varža yra mažesnė negu 100 Ω), yra patikrinama sėdinių diržų segėjimo būseną – ar keleiviai užimtose sėdynėse yra prisėgę saugos diržus; Priklausomai nuo gautos informacijos iš diržų segėjimo jutiklių (ar jutiklio varža yra didesnė negu 10 Ω), yra įjungiamas garsinis signalas ir atitinkamas RGB diodas; Išpėjantieji signalai išlieka aktyvūs iki tol kol užimtose sėdynėse yra prisėgami saugos diržai arba išjungiamas automobilio degimas ir tuo pačiu nutraukiamas maitinimas priminimo sistemai; Paspaudus sistemos deaktivavimo mygtuką, programa nukreipiama į pabaigą, visi perspėjimai išjungiami ir sistema nefunkcionuos iki sekančio automobilio degimo įjungimo.

Sistemos prototipo testavimas ir derinimas

Prieš sistemos testavimą, atliekamas standartinis mikroprocesoriaus konfigūravimas (vadovaujamosi pasirinkto mikroprocesoriaus aprašymu (datasheet)). Taip pat per SPI sąsają įkraunamas programos kodas.

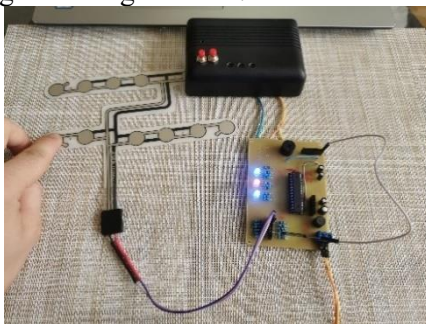
Neužimtų sėdinių testas. Prijungus sistemos maitinimo šaltinį, prototipe užsidega visi mėlynos spalvos šviesos diodai, kurie indikuoja, kad visos sėdynės yra neužimtose (6 pav.).



6 pav. Sėdynės neužimtose

Šaltinis: sudaryta autorių

Užimtos sėdynės ir neprisegto saugos diržo testas. Septintame paveiksle parodyta situacija, kai yra užimta sėdynė, bet saugos diržas neprisisegtas, šviečia raudonos spalvos šviesos diodas. Taip pat praėjus 10 sekundžių po sėdynės užimtumo yra įjungiamas garsinis perspėjimas. Šis perspėjimas išlieka aktyvus tol kol sėdynė yra atlaisvinama arba prisisegamas saugos diržas.



7 pav. Sėdynė užimta ir neužsegtas saugos diržas
Šaltinis: sudaryta autorių

Užimtos sėdynės ir prisegto saugos diržo testas. Aštuntame paveiksle parodyta situacija, kai yra užimta sėdynė ir prisisegtas saugos diržas, šviečia žalios spalvos šviesos diodas.



8 pav. Sėdynė užimta ir užsegtas saugos diržas
Šaltinis: sudaryta autorių

Priminimo sistemos montavimas automobilyje

Automobilio saugos diržų segėjimo priminimo sistemą automobilyje reikia montuoti tokioje vietoje, kur ji būtų matoma keleiviams ir vairuotojui. Patartina šią sistemą montuoti ant priekinės automobilio panelės tokioje vietoje, kurioje vairuotojas aiškiai matytų, kurie gale esantys keleiviai yra neprisisegę saugos diržo.



9 pav. Priminimo sistemos galimas montavimo būdas automobilyje
Šaltinis: sudaryta autorių

Sumontuotas prietaisas neturėtų uždengti ir trukdyti vairuotojo matomumui vairuojant ir būti tinkamai pritvirtintas, kad atsitiktinai nukritęs prietaisas nesukeltų avaringos situacijos. Kitas variantas šią sistemą montuoti ant vairuotojo porankio (9 pav.), atsukant sistemos priekį į gale esančius keleivius. Šiuo atveju gale sėdintys keleiviai turėtų galimybę puikiai matyti šią priminimo sistemą, todėl tikėtina, kad tai prisidėtų prie keleivių saugumo kelionės automobiliu metu.

Išvados

1. Atlikus automobilio saugos diržų segėjimo priminimo sistemų lyginamąją analizę, nustatyta, kad jų pritaikomumas automobiliuose, kurie tokios sistemos neturi, yra ribotas arba netgi neįmanomas dėl savo

konstrukcinių ir/ar funkcinių savybių. Remiantis šiais tyrimo rezultatais, yra pasiūlyti priminimo sistemos techniniai parametrai, kurie atitinka esminius reikalavimus, keliamus tokioms sistemoms.

2. Iš kelių galimų sistemos prototipo realizavimo variantų atrinkti tokie, kurie leidžia įdiegti sistemą praktiškai bet kuriame automobilyje, neturinčiame saugos diržų segėjimo priminimo sistemos. Realizavimo būdai parinkti atsižvelgiant į automobilio saugos diržų ir sėdynių konstrukcines ypatybes.

3. Priminimo sistemai sudaryta mikroprocesorinė schema, kuri leidžia realizuoti nustatytus prototipo techninius parametrus.

4. Prototipo testavimo rezultatai gauti teigiami, visos numatytos funkcijos veikia, todėl galima teigti, kad sistemos integravimas į automobilius, kuriuose nėra gamyklinės saugos diržų segėjimo priminimo sistemos, galėtų užtikrinti saugesnes keleivių keliones minėtuose automobiliuose.

Literatūra

1. ALLBUCKLED seatbelt alert system. Phoenix Seating [žiūrėta 2021-11-05]. Prieiga per internetą: <https://www.phoenixseating.com/our-products/all-buckled-up>
2. Door and seat belt reminders. Volvo XC 90 [žiūrėta 2021-11-05]. Prieiga per internetą: <https://www.volvocars.com/en-ca/support/manuals/xc90/2020w17/safety/seat-belts/door-and-seat-belt-reminders>
3. BUCKLEMEUP seatbelt reminder and alert [žiūrėta 2021-11-06]. Prieiga per internetą: <https://www.bucklemeup.com/>
4. Duino.lt [žiūrėta 2021-11-10]. Prieiga per internetą: <https://www.duino.lt/magnetiniai-priartejimo-holo-ir-herkonai/14039-arduino-14mm-herkoninas.html>
5. Seat occupancy sensor structure. Flexkys.com [žiūrėta 2022-01-17]. Prieiga per internetą: http://www.flexkys.com/pshow_232.htm
6. Atmega 328P pinout, datasheet and specifications. Etechnophiles.com [žiūrėta 2022-01-19]. Prieiga per internetą: <https://www.etechnophiles.com/introduction-to-atmega328p-pinout-datasheet-specifications/>
7. Diržų segėjimo ant priekinių ir galinių sėdėjimo vietų dažnumo tyrimai. VŠĮ Transporto kompetencijų agentūra. [žiūrėta 2022-01-19] Prieiga per internetą: <https://tka.lt/assets/uploads/sites/3/2021/02/Saugos-dirzu-segejimas.-Tyrimas-2016-m.pdf>

INVESTIGATION OF A CAR SEAT BELT REMINDER SYSTEM

Summary

The article reviews the relevance and importance of the car seat belt reminder system for passenger safety and suggests how such a system could be installed in cars without rear seat belt reminder systems.

Keywords: Car, safety system, seat belt, passenger safety.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Vygandas Meseckas.

Mokslo laipsnis ir vardas: studentas

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Kauno technikos kolegija, studijų programos „Autotransporto elektronika“ studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: autotransporto elektronika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 636 76102, vygandas.meseckas@stud.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Artūras Aleksynas.

Mokslo laipsnis ir vardas: lektorius

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Kauno technikos kolegija, studijų programos „Elektronikos technika“ lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologinių procesų valdymas.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 676 26285, arturas.aleksynas@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Vygandas Meseckas.

Science degree and name: student.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, student of Motor transport electronics study programme.

Author's research interests: motor transport electronics.

Telephone and e-mail address: 8 636 76102, vygandas.meseckas@stud.ktk.lt

Author name, surname: Artūras Aleksynas.

Science degree and name: lecturer.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, lecturer of Electronic engineering study programme.

Author's research interests: process control.

Telephone and e-mail address: 8 676 26285, arturas.aleksynas@edu.ktk.lt

„BIZERBA“ LINIJOS ŽENKLINIMO SISTEMOS MODERNIZAVIMAS

Matas Širvelis, Stasys Kašėta
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Gatavos maisto produkcijos gamintojai, naudojantys produktų ženklavimo sistemą „BIZERBA GLMI-evo 150“, susiduria su problema, kai ši automatizuota fasuotos produkcijos svėrimo ir ženklavimo sistema neatlieka efektyvaus ženklavimo ant produkcijos pakuočių apačios dėl netinkamo aplikavimo tipo. Esant riebaliniam sluoksniui ant pakuotės apačios, kuris produkcijos pakavimo proceso metu ir yra neišvengiamas, neįmanoma tinkamai ir patikimai priklijuoti etiketės. Dabar naudojamas netinkamas aplikavimo metodas yra bekontaktis, kai etiketė iš apačios užpučiama suspausto oro srove. Ši problema neigiamai įtakoja gamybos proceso našumą ir sudaro papildomus darbo ir laiko nuostolius likviduojant broką dėl nepatikimo etiketės priklijavimo. Išnagrinėjus problemą bei išanalizavus jos atsiradimo sąlygas ir atlikus eksperimentinius tyrimus, buvo nutarta technologinį aplikavimo būdą pakeisti kontaktiniu, kuriam riebalinis sluoksniu beveik neturi įtakos.

Reikšminiai žodžiai – procesas, aplikatorius, bekontaktis.

Ivadas

Turbūt nei vienoje maisto produktų gamybos įmonėje produkcijos ženklavimas nebevykdomas rankiniu būdu. Pasaulyje vieni iš lyderiaujančių automatinio svėrimo ir ženklavimo sistemų gamintojai yra „BIZERBA“ (Bizerba,2020), „DIGI“ (Digi,2020), „MULTIVAC“ (Multivac,2020), „DIBAL“ ir „WEBBER“. Šie gamintojai siūlo su gamybos valdymo sistemomis integruotus sprendimus, kurių dėka galimi duomenų mainai nuotoliniu būdu, o operatoriui telieka prižiūrėti procesą ir, poreikiui esant, pakeisti etikečių ruloną. Tokios gamybos sistemos leidžia ženklinti produkciją ir stebėti ženklavimo rezultatus. Tačiau, kartais, pritaikant ženklavimui numatytus įrenginius, susiduriama su technologiniais ypatumais, kurie gali pabloginti šių įrenginių techninius rodiklius.

Taigi, dėl netinkamo aplikavimo tipo parinkimo produkcijos pakuočių ženklavimo linijos neatlieka efektyvaus ženklavimo. Dėl to sumažėja proceso našumas ir sumažėja gaminamo galutinio produkto kiekis bei susidaro laiko nuostoliai. Nepatikimas aplikavimas susidaro, kai ant riebaluoto paviršiaus etiketė užpučiama iš apačios suspausto oro srove. Šiuo atveju ant riebaluoto paviršiaus užpučiama etiketė ne visada prilimpa prie pakuotės.

Pastebėjus minėtą problemą, nustatytas problemos nagrinėjimo objektas, t.y. etiketės klijavimo būdo ant riebaluoto paviršiaus tyrimas ir parinkimas. Tyrimo tikslas – nustatyti netinkamus etikečių klijavimo būdus ant specifinių paviršių ir išrinkti tinkamą.

Tyrimo uždaviniai:

1. Išanalizuoti galimus specifinių paviršių etikečių klijavimo būdus.
2. Apžvelgti modernizuojamos linijos komponentus ir atskleisti specifinę jos dalių paskirtį.
3. Išnagrinėti etiketuotuvo komponentų sąveiką etikečių klijavimo metu.
4. Pateikti modernizuotos sistemos darbo pranašumo rezultatus.

1. Galimi etiketavimo sprendimai

Aplikavimo tipų palyginimas pateiktas 1 lentelėje.

„BIZERBA“ tipo etiketuotuvai naudoja bekontaktį „Blow“ tipo etiketės užpūtimo aplikatorių. „Blow“ tipo aplikatoriuje juosta su etiketėmis traukiama per statų kampą, esantį prieš griebtuvą. Taip etiketė dėl sudaryto vakuomo pneumatiniame mazge nelipniuojami paviršiumi pritraukiama prie griebtuvo. Tolimesniame etape vakuumas deaktivuojamas ir tuo pačiu metu pneumatinis mazgas paleidžia suspausto oro gūšį į etiketės nelipnų paviršių. Tuo etiketė tarsi „atkabinama“ nuo nešančios juostos ir prispaudžiama prie klijuojamo paviršiaus lipniąją pusę. Naudojant tokį klijavimo būdą gaunamas nepatikimas etiketės prilipdymas prie klijuojamo paviršiaus, nes etiketės paviršius gamybos procese yra dalinai arba ir visai riebaluotas.

Galimi ir kitokie etiketavimo būdai. Tai vadinamieji kontaktinio aplikavimo būdai: juostinio tipo aplikavimas „Belt“ ir štampos tipo aplikavimas „Piston“. Naudojant šiuos būdus etiketė juda nustatytą atstumą tarp etiketuotuvo ir pakuotės pro pritaikytame tokiam aplikavimo būdai tarpą konvejeri. Toliau konvejeriu judanti etiketė nustatytu laiku stumoklio pagalba fiziškai išstumama ant pakelio ir taip lipniąją pusę etiketė prilipdoma prie pakelio paviršiaus. Svarbiausias privalumas tas, kad etiketė patikimiau prilimpa net ir prie riebaluoto paviršiaus.

„BIZERBA“ aplikavimo tipų palyginimas

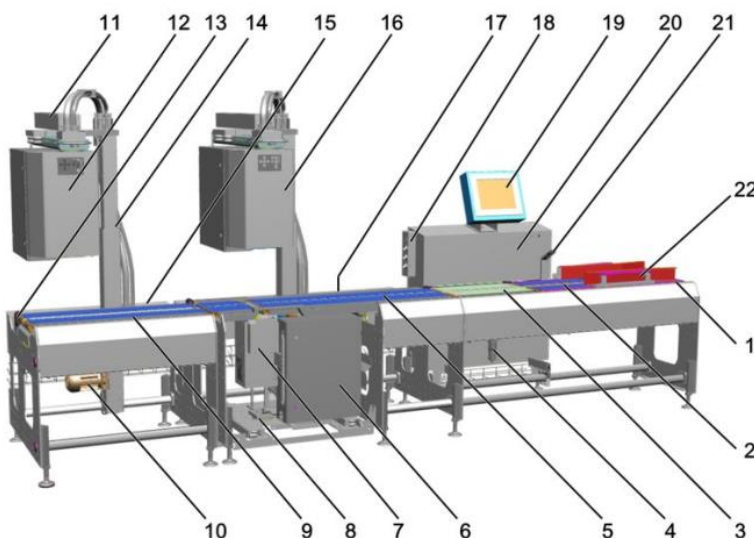
Pavadinimas / tipas	Bekontaktis aplikavimas	Kontaktinis aplikavimas	Etiketės išmatavimai, mm	
			Min.	Max.
„Blow“ / Užpūtimo tipo aplikatorius (esamas)	+	-	40 x 40	120 x 150
„Piston“ / Štampo tipo aplikatorius	-	+	40 x 40	80 x 80
„Belt“ / juostinio tipo aplikatorius	-	+	40 x 40	150 x 160

Iš minėtų trijų tinkamų variantų pasirinktas „Belt“ tipo juostinio aplikatoriaus mazgas bei jam pritaikyta konvejerio dalis, naudojanti SLAVE1 aplikatorių, turintį didžiausią galimų aplikuoti etikečių dydžių variaciją.

Taigi, atlikus analizę ir išnagrinėjus pakavimo ir ženklavimo procesus, nuspręsta bekontaktį aplikavimo būdą pakeisti kontaktiniu, kuriam etiketės paviršiaus riebalinis sluoksnis turėtų žymiai mažesnę įtaką.

2. Modernizuojamos sistemos komponentai

Modernizuojamos sistemos komponentai – tai etiketavimo sekcijos pagrindiniai elementai: etiketavimo sekcijos konvejeris, apatinis aplikatorius ir jo spausdintuvas bei apatinio aplikatoriaus tvirtinimo kronšteinas. Šios sistemos komponentai parodyti 1 paveiksle, o sistemos dalių paskirtis ir aprašymas pateiktas 2 lentelėje.

**1 pav. Modernizuojamos sistemos komponentai**

Šaltinis: „BIZERBA“ pramoninė įranga [1]

Sistemos dalių paskirtis

Pozicija	Pavadinimas	Paskirtis
1	Produkcijos tiekimo konvejeris	Linijos pradžia kurioje prasideda produkcijos tiekimas
2	Indeksavimo konvejeris	Produkcijos srauto reguliavimas, skirtas produktų tarpusavio atskyrimui, kad tinkamai patektų ant dinaminių svarstyklių
3	Svėrimo konvejeris	Produkcijos svėrimui (konvejerio dalis stovi ant dinaminių svarstyklių celės)
4	Suspausto oro pagrindinė jungtis ir drėgmės sulaikymo filtrai	Oro tiekimo mazgas. Filtrai naudojami surinkti drėgmei, kad nepatektų į ženklavimo sistemą
5	Etiketavimo sekcijos konvejeris Nr.1	Produkcijos gabenimo konvejeris pritaikytas etiketuotuvų darbui atlikti (modernizuojama dalis)
6	Apatinio aplikatoriaus SLAVE1 spausdintuvas	Etikečių spausdinimo mazgas (modernizuojama dalis)
7	Apatinis aplikatorius SLAVE1	Etikečių aplikavimui ant produkto (modernizuojama dalis)
8	Apatinio etiketuotuvo SLAVE1 tvirtinimo pagrindas	Pagrindas etiketuotuvo tvirtinimui (modernizuojama dalis)

Pozicija	Pavadinimas	Paskirtis
9	Etiketavimo sekcijos konvejeris Nr.2	Produkcijos gabenimo konvejeris pritaikytas etiketuotuvų darbui atlikti. (Integruoti tarpai etiketės aplikavimui)
10	Vakuumo siurblys	Etiketuotuvo sistemoje ištraukia suspaustą orą ir sukuria vakuumą, skirtą aplikatoriui
11	Etiketuotuvo šoninio pozicionavimo mazgas	Elektriniais motorais valdo etiketuotuvo horizontalųjį pozicionavimą
12	Viršutinis etiketuotuvus SLAVE2	
13	Konvejerio variklis	Konvejerio produkcijos gabenimo diržams sukti
14	Etiketuotuvo aukščio pozicionavimo mazgas	Elektriniais motorais valdo etiketuotuvo vertikalųjį pozicionavimą
15	Etiketavimo sekcijos skirstomoji dėžutė. Nr.1	Etiketuotuvo sąsajos plokštėms, maitinimo ir suspausto oro komutacijai talpinti
16	Viršutinis etiketuotuvus MASTER	Pagrindinis etiketuotuvus atliekantis ženklinimą iš viršaus
17	Etiketavimo sekcijos skirstomoji dėžutė. Nr.2	Etiketuotuvo sąsajos plokštėms, maitinimo ir suspausto oro komutacijai talpinti
18	Suspausto oro srauto reguliavimo vožtuvai	Skirsto oro srautą į atskirus modulius. Mechanškai reguliuojamas vožtuvas tinkamam slėgio parinkimui
19	Valdymo terminalas	Grafinė vartotojo sąsaja skirta įrangos operatoriui
20	Pagrindinė skirstomoji spinta	Elektros skirstymo komutacija, variklių pavaros, pagrindinė sąsajos plokštė ir t.t.
21	Šviesos užuolaida	Pakuočių aptikimas
22	Pakuotės pozicionavimo bėgiai	Mechaniškai pakreipiamos pakuotės, kad vyktų tinkamas aplikavimas į numatytą pakuotės vietą

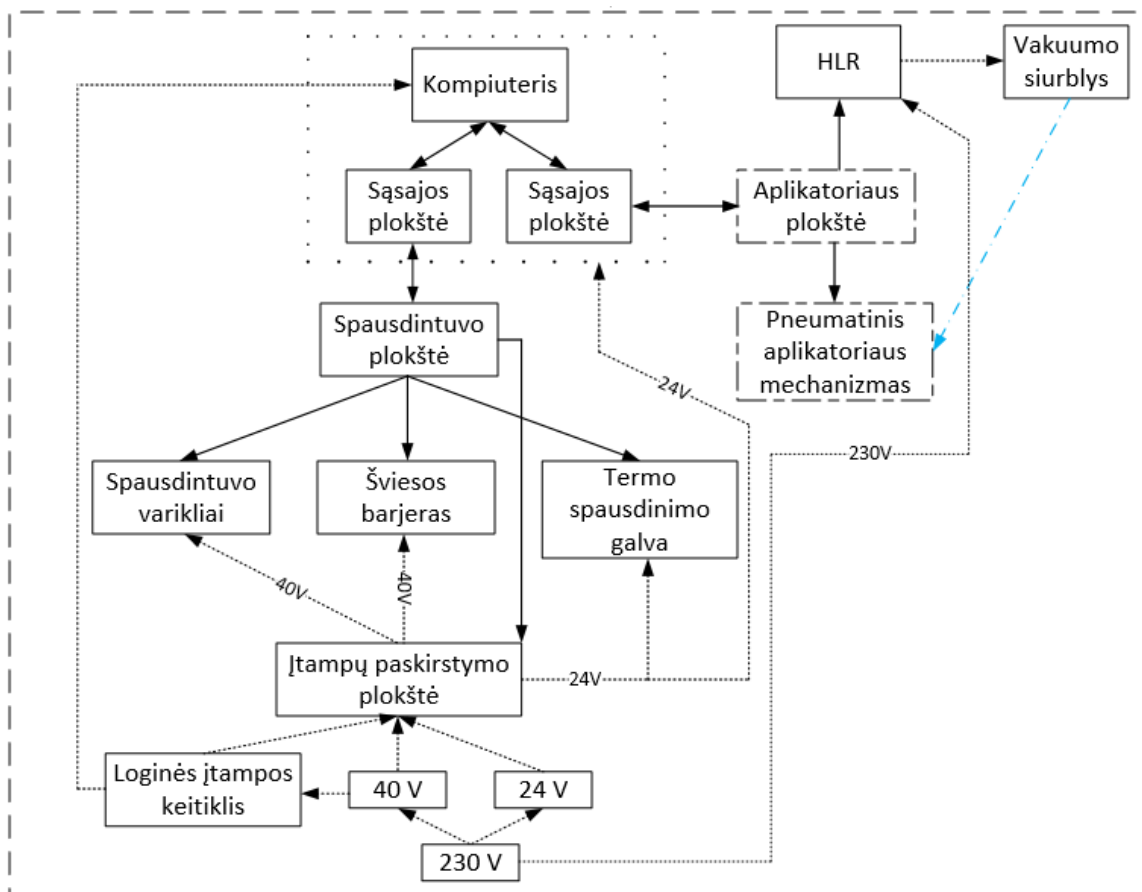
Etiketuotuvo komponentų saveika darbo proceso metu atspindėta pateiktoje etiketuotuvo struktūrinėje schemoje (3 pav.). Joje pateikti atskirų mazgų komunikaciniai bei komutaciniai ryšiai.

Po modernizavimo naujasis aplikatoriaus mechanizmas veikia pneumatinio stūmoklio principu, kuris paremtas dviejų solenoidų darbo ciklais. Iš aplikatoriaus plokštės perduodama komanda solenoidams, nurodydama, kada reikia paleisti oro srautą į aplikatoriaus pneumatinį stūmoklį. Integruotas stūmoklio padėties jutiklis stebi ir fiksuoja, kurioje padėtyje yra stūmoklis ir informaciją perduoda aplikatoriaus plokštei. Taip užtikrinamas bei kontroliuojamas aplikatoriaus darbo ciklas.

Sistemos įrenginių vidinis ryšys vyksta sistemos komunikacinio protokolo I/O pagrindu per RS232 jungtį. Sistemos magistralė yra viena bendra kompiuterinė magistralė, apjungianti pagrindinius kompiuterinės sistemos komponentus ir atliekanti:

- duomenų magistralės funkcijas informacijai perduoti;
- adreso magistralės funkcijas, kurios skirtos nustatyti kur duomenys turėtų būti siunčiami;
- valdymo magistralės funkcijas, kurios paskirtis – duoti nuorodą veiksmų atlikimui.

Modernizuojamoje sistemoje I/O valdymui naudojami tam pritaikyti, nuosekliai tarpusavyje sujungti valdikliai. RS232 tai nuoseklaus ryšio tipas, naudojamas duomenims perduoti vidutiniais atstumais. RS232 sąsajos plokštė naudojama prijungti kompiuterį ir jo išorinius įrenginius, kad būtų galimi nuoseklūs duomenų mainai.



- > Duomenų perdavimo grandinė
-> Maitinimo grandinė
- - - - -> Suspausto oro grandinė
- - - - -> Modernizuojami sistemos elementai

3 pav. SLAVE1 etiketuotuvo struktūrinė schema

Šaltinis: sudaryta autorių

3. Modernizuotos sistemos darbo patikrinimas

Pakeitus gamybinio konvejerio etiketavimo sekciją, apatinį aplikatorių ir jo spausdintuvą bei apatinio aplikatoriaus tvirtinimo kronšteiną, buvo atliktas šių dalių patikrinamasis veikimas. Vieno mėnesio eigoje buvo dirbama su šiomis pakeistomis dalimis ir stebima, kokie konvejerio sutrikimai bus pastebėti. Sutrikus konvejerio veikimui kiekvieną kartą jis buvo stabdomas ir nustatomas sutrikimas. Tam buvo pildomas pamainos prastovų žurnalas, kurį pildė pamainos operatorus. Į prastovų trukmę įtrauktas ir laikas, reikalingas konvejeriui sustabdyti ir pašalinti etiketės lipdymo sutrikimus. Be abejo, jeigu po konvejerio sustabdymo nebūtų gaišamas laikas sutrikimų priežausčių nustatymui, tai konvejerio prastovų laikas būtų žymiai mažesnis.

3 lentelėje pateikti vieno mėnesio prastovų žurnalo įrašai, atlikti, kai konvejeris dirbo su ankstesne etiketavimo sistema. 4 lentelėje pateikti vieno mėnesio prastovų žurnalo įrašai, atlikti, kai konvejeris dirbo su naująja etiketavimo sistema po modernizacijos.

3 lentelė

Prastovų žurnalo įrašai prieš modernizavimą

Data	Prastovos pradžios laikas	Prastovos pabaigos laikas	Prastovos trukmė, min.	Priežastis	Pasekmė
Kovo 2 d.	06:40	07:10	30	Neklijavo apatinės etiketės ant pakuotės	Mažiau sufasavo ir susvėrė
Kovo 4 d.	11:00	11:30	30	Neklijavo apatinės etiketės ant pakuotės	Mažiau sufasavo ir susvėrė
Kovo 5 d.	15:00	15:30	30	Neklijavo apatinės etiketės ant pakuotės	Mažiau sufasavo ir susvėrė

Data	Prastovos pradžios laikas	Prastovos pabaigos laikas	Prastovos trukmė, min.	Priežastis	Pasekmė
Kovo 9 d.	15:00	15:10	10	Neklijavo apatinės etiketės ant pakuotės	Mažiau sufasavo ir susvėrė
Kovo 10 d.	06:00	07:00	60	Neklijavo apatinės etiketės ant pakuotės	Mažiau susvėrė
Kovo 11 d.	11:30	12:30	60	Neklijavo apatinės etiketės ant pakuotės	Mažiau susvėrė
Kovo 15 d.	16:30	17:00	30	Neklijavo apatinės etiketės ant pakuotės	Mažiau sufasavo ir susvėrė
Kovo 16 d.	06:00	08:00	120	Neklijavo apatinės etiketės ant pakuotės	Mažiau susvėrė
Kovo 21 d.	21:45	22:00	15	Neklijavo apatinės etiketės ant pakuotės	Mažiau sufasavo ir susvėrė
Kovo 24 d.	12:05	12:15	10	Neklijavo apatinės etiketės ant pakuotės	Mažiau sufasavo ir susvėrė
Prastova per mėnesį: 6 val. 35 min.					

4 lentelė

Prastovų žurnalo įrašai po modernizavimo

Data	Prastovos pradžios laikas	Prastovos pabaigos laikas	Prastovos trukmė, min.	Priežastis	Pasekmė
Balandžio 11 d.	06:40	08:00	80	Neklijavo apatinės etiketės ant pakuotės	Mažiau sufasavo ir susvėrė
Balandžio 13 d.	09:10	09:30	20	Neklijavo apatinės etiketės ant pakuotės	Mažiau sufasavo ir susvėrė
Balandžio 23 d.	08:45	09:00	15	Neklijavo apatinės etiketės ant pakuotės	Mažiau sufasavo ir susvėrė
Prastova per mėnesį: 1 val. 55 min.					

Išnagrinėjus prastovų žurnalus prieš ir po modernizavimo, matome, kad iškelta problema yra tik dalinai išspręsta. Be to reikia atkreipti dėmesį, kad operatorius, dirbdamas su naująja sistema, dar neturėjo reikiamos patirties, pavyzdžiui, tinkamai praveisti lanksčiąją etikečių juostą ar pašalinti jos perteklių vyniojimo mechanizme naujajame aplikatoriuje. Be to, buvo vykdomi ir kiti mechanizmo reguliavimo darbai.

Išvados

1. Išanalizavus etiketės nekokybiško priklijavimo problemą, buvo parinktas ekonomiškiausias tenkinantis užsakovą sprendimas, t.y. turimos įrangos modernizavimas keičiant probleminį mazgą, o ne visą sistemą.

2. Atsižvelgus į modernizuojamos linijos komponentus, buvo pasirinktas juostiniam kontaktiniam aplikavimui tinkamas „Belt“ tipo aplikatorius ir šiam aplikatoriaus tipui pritaikytos konvejerio dalys.

3. Nustatyta, kad, pritaikius juostinio tipo aplikatorių su kontaktiniu aplikavimo tipu, etiketė patikimiau prilimpa net ir prie riebaluoto paviršiaus.

4. Atlikus įrangos fizinio veikimo testavimą, nustatyta, kad, konvejeriui dirbant su naująja etiketavimo sistema, darbo prastovos dėl netinkamo etiketavimo sistemos veikimo sutrumpėjo iki 3,5 karto.

Literatūra

1. „BIZERBA“ pramoninė programinė įranga „_connect.BRAIN“. Žiūrėta 2020 m. gruodžio 20 d. Prieiga per internetą: <https://www.bizerba.com/en/products/industry-software/industrial-software-brain/connect-brain/connect-brain.html>
2. „DIGI HI-700“ High speed dynamic weight price labeller main features. Žiūrėta 2020 m. gruodžio 13 d. Prieiga per internetą: <https://www.digisystem.com/products/PRD00012/>
3. Multivac „L310“. Žiūrėta 2020 m. gruodžio 13 d. Prieiga per internetą: <https://lt.multivac.com/lt/sprendimai/gaminiai/categories/product/zenklinimo-sistema/juostinio-transporterio-etikeciu-kljavimo-irenginys/l-310/>

MODERNIZATION OF “BIZERBA” LINE LABELING SYSTEM

Summary

Manufacturers of ready-to-eat food products using the BIZERBA GLMI-evo 150 product labeling system face a problem when this automated weighing and labeling system for prepacked products does not perform effective labeling on the bottom of product packaging due to an incorrect application type. In the presence of a layer of fat on the bottom of the package, which occurs during the packaging process and is unavoidable, it is not possible to affix the label properly and completely. This problem negatively affects the efficiency of the process, thus reducing the amount of the final product, in which does not fulfills obligations to customers and incurs losses.

The current improper application method is non-contact, where the label is inflated from below with a stream of compressed air. The presence of a layer of grease on the bottom of the package, which occurs during the packaging process and is unavoidable, does not allow the label to be affixed properly or completely. To avoid this, after examining the packaging and labeling processes, it was decided to change the application method to a contact that is not affected by the layer of grease.

Keywords: process, applicator, contactless.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Matas Širvelis

Mokslo laipsnis ir vardas: profesinis bakalauras

Darbo vieta ir pozicija: AB „Kaišiadorių paukštynas“, kompiuterizuotų gamybos sistemų IT inžinierius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: gamybinių ir logistinių procesų automatizavimas

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 602 99046, matas.sirvelis@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Stasys Kašėta

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija

Autoriaus mokslinių interesų sritys: signalo perdavimas ir priėmimas

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 612 13545, stasys.kaseta@gmail.com

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Matas Širvelis

Science degree and name: professional bachelor

Workplace and position: AB “Kaišiadorių paukštynas“, IT engineer of computerized manufacturing systems

Author’s research interests: automation of production and logistic processes

Telephone and e-mail address: 8 602 99046, matas.sirvelis@gmail.com

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 signal

Telephone and e-mail address: 8 612 13545, stasys.kaseta@gmail.com

IZOLIACIJOS BŪKLES ĮVERTINIMAS PASITELKiant DALINIŲ IŠLYDŽIU MATAVIMĄ ELEKTROMAGNETINIŲ BANGŲ SPINDULIAVIMO METODU

Gediminas Daukšys
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Aukštos įtampos transformatoriai yra vienas iš svarbiausių energetikos sistemos elementų. Kiekvieną iš jų veikia įvairūs išoriniai veiksniai: viršįtampiai, daliniai išlydžiai (DI), perkaitimas, vibracijos ir kt., kuriuos sukuria stiprus elektrinis laukas, šiluminis efektas, drėgmė, nešvarumai, gamykliniai defektai, alyvoje ištirpęs vanduo ir dujos. Šie ir kiti aplinkos veiksniai sutrumpina įrenginio eksploatavimo laiką. Taigi įrenginio būklės įvertinimas yra vienas iš svarbiausių sistemos saugos vertinimo veiksnių, užtikrinančių patikimą ir ekonomišką elektros tinklo darbą. Šiame darbe apžvelgiami įvairūs nekontaktiniai metodai, naudojami transformatorių būklei įvertinti, matuojant DI lygį. Įtampos transformatorių būklei įvertinti naudotas pasirinktas elektromagnetinių bangų spinduliuotės nekontaktinio matavimo metodas. Eksperimentas atliktas 110 kV pastotėje.

Reikšminiai žodžiai. Daliniai išlydžiai, aukštoji įtampa, viršįtampiai, kietoji izoliacija.

Įvadas

Remiantis CIGRE transformatorių patikimumo apžvalgoje [1] pateikta duomenų analize, 36,62% ištirtų aukštos įtampos transformatorių gedimas buvo dielektrinės kilmės – dalinės iškvos, vainikas arba elektros lankas [1,2]. Išvardintus reiškinius lemia izoliacijos defektai, izoliacijos senėjimas, viršįtampiai, perkaitimas ir kiti eksploatavimo laikotarpiu atsirandantys veiksniai.

Transformatorių izoliaciją nuolat veikia daliniai išlydžiai, o transformatorių tarnavimo laikas priklauso nuo DI aktyvumo. Dalinis išlydis – tai elektros iškrova, kuri nevisiškai padengia izoliaciją tarp laidininkų [3]. Šis reiškinys pasireiškia silpniausiose kietos ir skystos izoliacijos vietose. Taip yra dėl izoliacijos defektų, kuriems įtakos turi prijungta įtampa. Savo savybėmis dalinės iškvos yra kitokio pobūdžio nei elektros iškvos – dalinės iškvos metu vykstantis procesas yra vienpolis ir laisvųjų krūvių nesusidaro.

Kiti dielektrinio pobūdžio reiškiniai gali būti stebimi plika akimi (elektros lankas) ar net kvapas (azoto kvapas koronos efekto metu), o DI neįmanoma aptikti be papildomos įrangos. Šio reiškinio metu į aplinką sklinda akustinės ir elektromagnetinės bangos, pakyla temperatūra ten, kur atsiranda DI, be to, izoliacinėje alyvoje susidaro metano ir vandenilio dujos [3]. Dėl didelio DI apibrėžiančių parametrų greičio galimi įvairūs aptikimo metodai, tokie kaip vibroakustinis, elektromagnetinis, temperatūros stebėjimas, chromatografinė dujų analizė ir kai kurie kiti metodai [4,5,6,7,8]. Kiekvienas iš šių metodų turi savo privalumų, trūkumų ir skirtingą tikslumą. Todėl būtina nustatyti bendrą DI lygio ir vietos matematinį modelį, kurį taikant būtų visiškai išnaudoti minėtų metodų privalumai ir panaudojimas, panaudojant diagnostikos prietaisus skirtingais fizikiniais principais. Nustačius tam tikras koreliacijas tarp skirtingų metodų, būtų galima geriau identifikuoti likusį transformatoriaus eksploatacinį resursą ir planuoti elektros sistemos elementų priežiūrą ar remontą. Kartu būtų galima išvengti finansinių nuostolių ir galimo pavojaus žmonių gyvybei, kurie abu gali kilti dėl įrenginio gedimo.

Šio darbo tikslas – įvertinti 110 kV pastotės matavimo transformatorių būklę, naudojant bekontaktinius elektromagnetinių bangų spinduliuotės matavimus.

1. UHF metodo panaudojimas registruojant elektromagnetinių bangų spinduliuojimą aukštos įtampos matavimo transformatoriuose

Siekiant ištirti UHF metodo pritaikymą realiose pastotėse elektromagnetinių bangų spinduliuotės matavimams naudojamas DFA300 Doble Lemke prietaisas. Šis prietaisas skirtas izoliacijos arba mechaninių defektų aptikimui dujomis izoliuotose pastotėse, taip pat įrenginiuose su kieto tipo izoliacija. DFA300 registruoja spinduliuojamų elektromagnetinių bangų radijo dažnio trukdžius (RFI) dėl DI nuo 50 iki 1000 MHz ir akustinės emisiją (AE) nuo 10 iki 300 kHz [9,10].

Naudojant matavimo prietaisą DFA300, 110 kV pastotėms su aukštos įtampos Pfiffner gamintojo srovės (EJOF 123) ir įtampos (EOF 123) transformatoriais atliktas būklės analizės tyrimas. Tiriamas objektas pateiktas 1 pav.



1 pav. Tiriamas objektas: srovės ir įtampos transformatorius

Tyrimo atlikimo planas:

1. Pateikiamas pastotės matavimo įrenginių išdėstymo planas;
2. Su DFA300 atliekamas foninio triukšmo spektro matavimas, daugiau nei 20 metrų atstumu nuo matavimo transformatorių;
3. Atliekama kiekvienos fazės tiriamo objekto gautų elektromagnetinių bangų signalų spektrinė analizė, kuri lyginama su foninio triukšmu;
4. Doble Lemke rekomenduoja išanalizuoti 600–900 MHz spektro diapazoną DI aptikimui;
5. Nustačius spektrinius neatitikimus nurodytame dažnių diapazone, atliekama papildoma tiriamo komponento analizė, registruojant spinduliuotės intensyvumą per bangos periodą, bei pokyčių reikšmes ir lygius fazėse;
6. Nustatomi įrenginio gedimai.

Matavimų metu buvo nuskaitytas foninis triukšmas, esantis diapazone nuo 50 iki 1000 MHz, daugiau nei 20 m atstumu nuo artimiausio trukdančio komponento. 2 pav. parodytuose taškuose matavimas buvo pakartotas, kad būtų galima palyginti su foniniu triukšmu. Matavimai prie tiriamo komponento buvo atlikti 1 - 1,5 m atstumu, priklausomai nuo komponento montavimo aukščio. Kiekvieno komponento spektrinė analizė buvo atlikta du kartus.

Išsaugoto spektro rezultatai buvo toliau analizuojami naudojant MATLAB programinę įrangą. Kiekviename transformatoriuje užregistruotos spektrinės analizės vertės buvo palygintos su foniniu triukšmu. Rezultatai pateikti kartu rodant spektrines analizes (fono ir komponento) ir pateikiant diferencialinį grafiką, kuris atima fono spektrinės analizės reikšmes iš komponento spektrinių verčių. Kiekvieno fazinio transformatoriaus diferencialiniai grafikai yra lyginami, siekiant nustatyti, kuri fazinį transformatorių labiausiai paveikė izoliacijos pablogėjimas. Grafikai pateikti straipsnio II skyriuje.

Naudojant DFA300 matavimai atliekami realiomis darbo sąlygomis. Tiriami komponentai yra prijungti prie elektros tinklo. Elektros tinklas nepatiria papildomų linijų apkrovų, nes konkretaus komponento nereikia atjungti.

Matavimo prietaisas suteikia įvairias priemones, skirtas stebėti ir įvertinti matuojamo objekto būklę, pavyzdžiui:

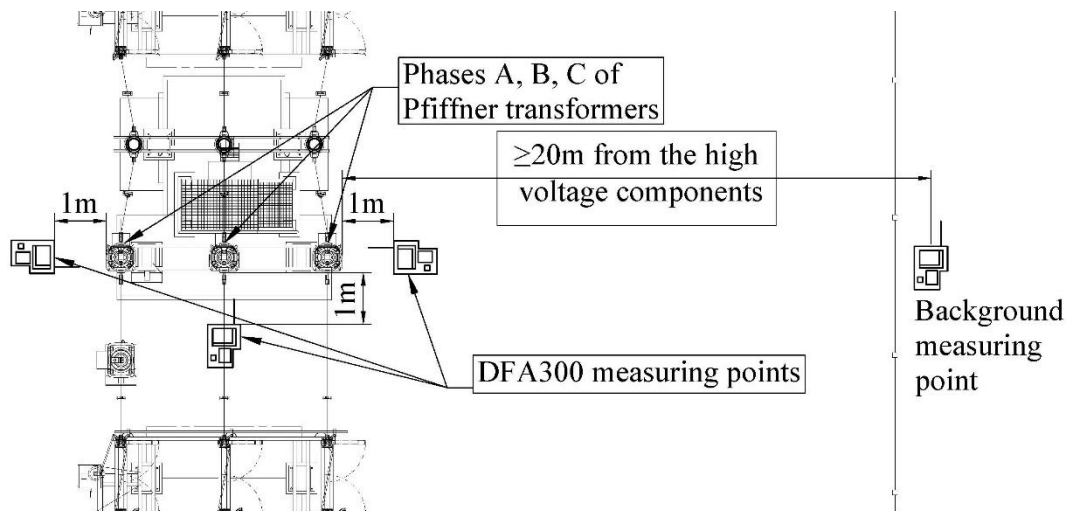
- „Spektro analizatorius“: šiuo matavimo režimu prietaisas registruoja elektromagnetinių bangų spinduliuojimą įvairiais dažniais nuo 50 iki 1000 MHz diapazone;

- „Laiko nustatymas“: šiuo matavimo režimu prietaisas sinchronizuojasi su elektros tinklo dažniu per belaidį sinchronizavimo adapterį. Tokiu būdu pasirinktu fiksuotu dažniu fiksuojamas elektromagnetinių bangų intensyvumo pasiskirstymas per atitinkamą laikotarpį. Šio tipo matavimai gali tiksliai parodyti tiriamo komponento gedimo tipą;

- „Lygis prieš fazę“: šie matavimai nustato periodinių didžiausių bangų dydžių pasiskirstymą tam tikru fiksuotu dažniu. Kai matavimo prietaisas yra sinchronizuotas su pagrindiniu elektros tinklo dažniu, pasirinkus skirtingų smailių skaičių vienam matavimui (1000, 2000, 5000), parodomas smailių pasiskirstymo modelis. Pagal šį dėsningumą galima apibūdinti defektą;

- „Lygio matuoklis“: fiksuoja elektromagnetinės bangos intensyvumo lygį tam tikru fiksuotu dažniu. Šis matavimas gali būti naudojamas norint įvertinti, kuris aukštos įtampos komponentas skleidžia didesnio intensyvumo elektromagnetines bangas nei šalia esančios (taip nustatoma, kuriai konkrečiai sudedamajai daliai reikia papildomos analizės) arba kuris komponentas jau yra sugedęs.

Matavimo prietaisas yra mobilus, patogus naudoti ir patogus kasdieniams matavimams, lankantis poroje skirtingų pastočių.



2 pav. Dalinių išlydžių matavimo planas

Atliekant matavimus buvo susidurta su aplinkos poveikiu matavimo prietaiso veikimo charakteristikoms. Priklausomai nuo oro drėgmės, kinta matavimų tikslumas. Ryte, esant santykinai aukštam aplinkos drėgmės lygiui, prietaisas negalėjo atlikti skleidžiamų elektromagnetinių bangų intensyvumo ir fazės didžiausių reikšmių pasiskirstymo fiksuotame dažnyje registravimo („Lygis fazėje“ režimo matavimas). Esant vidurdieniui, oro drėgmei sumažėjus, matavimai buvo atlikti sklandžiai.

Foninio spektro analizės metu registruotos skleidžiamų elektromagnetinių bangų (fono ar tam tikro aukštos įtampos komponento) spektro vertės turėjo reikšmingą paklaidą nuo maždaug 4% iki 9%. Ši paklaida apskaičiuota lyginant dviejų iš eilės to paties komponento matavimų rezultatus.

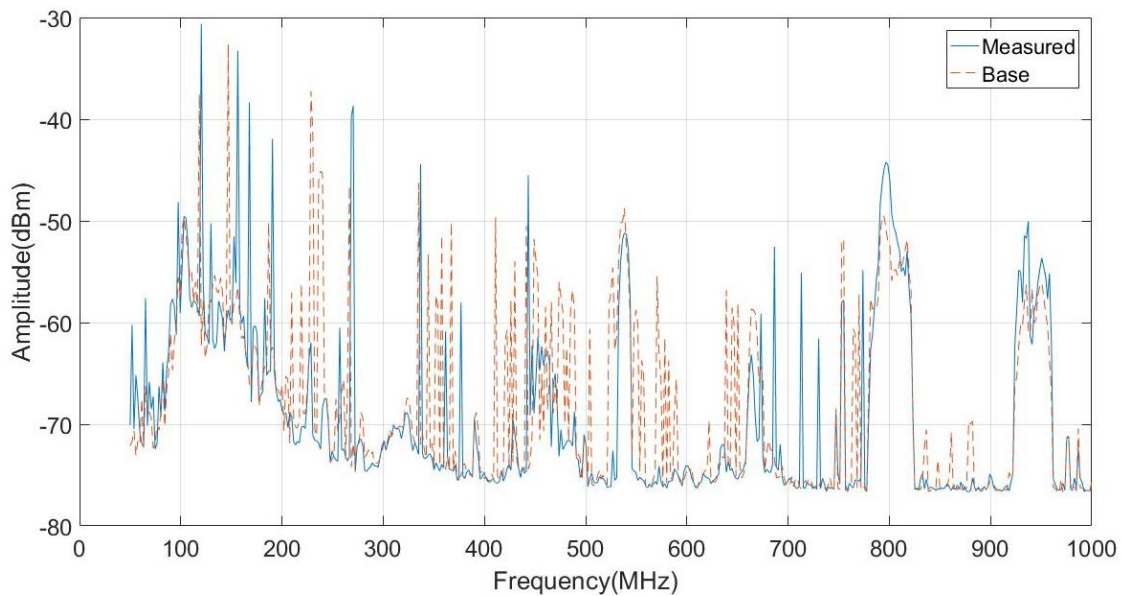
Spinduliuojamų elektromagnetinių bangų intensyvumo reikšmės, užregistruotos per laikotarpį pasirinktu dažniu, negali būti saugomos laiko intervale vėlesnei analizei. Vienintelis būdas išsaugoti duomenis – sustabdyti matavimą ir užfiksuoti esamą vaizdą. To trūkumas yra tas, kad įrašymo laikotarpiu ne visada užfiksuojama anomalija, kuri galėtų nustatyti analizuojamo komponento gedimą. Tai sukelia papildomų sunkumų analizuojant matavimo rezultatus.

Matuojant elektromagnetinių bangų lygį matavimo režimu „Lygis fazėje“ buvo apskaičiuotas skirtingas matavimo laikas. Dėl to, kai kuriems aukštos įtampos įrenginių elementams, per kelias sekundes ar minutes susidarė apie 1000 trumpo diapazono pikų. Todėl sunku nustatyti bendrą matavimo laiko trukmę.

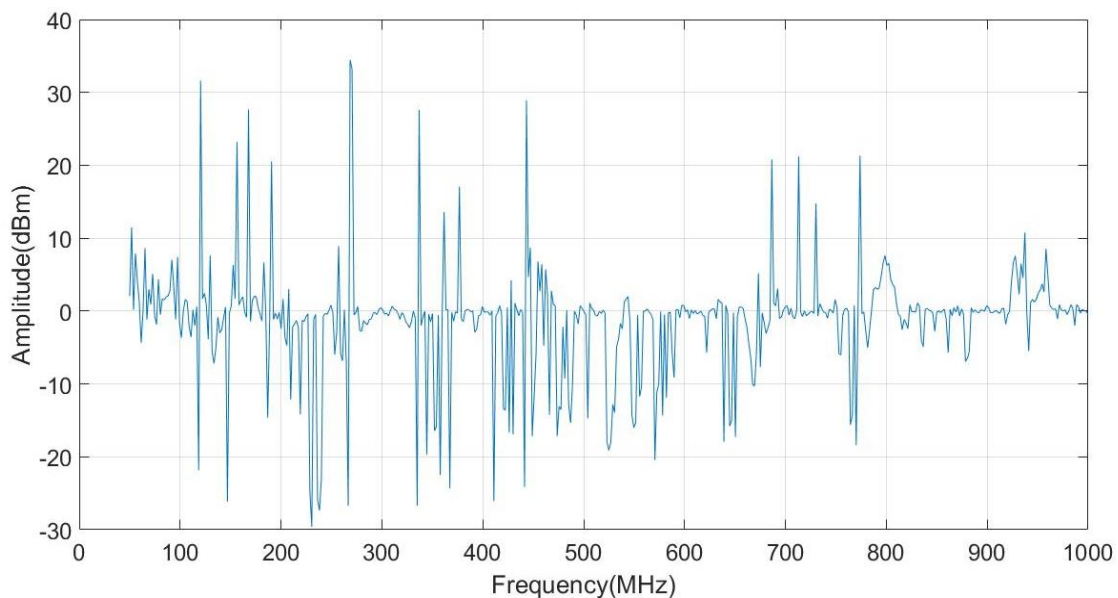
Prietaisas neturi galimybės palyginti tam tikrų matavimų rezultatų. Dėl šios priežasties, analizuojant įrašytus duomenis naudojant matematinį modelį ir kilus abejonų dėl išmatuotų rezultatų, reikalingi papildomi matavimai.

2. Tyrimo rezultatai

Atliekant kiekvieno fazinio transformatoriaus tyrimą, pateikti atitinkami grafikai: fono ir konkretaus fazinio transformatoriaus spektras (3 pav.), šių spektrų skirtumas (4 pav.) ir palyginamasis spektro skirtumas tarp visų fazinių transformatorių (5 pav.). Matavimai pateikti vieno iš 110 kV pastotės įtampos transformatorių „IT-T101“ (tipas - EOF 123).

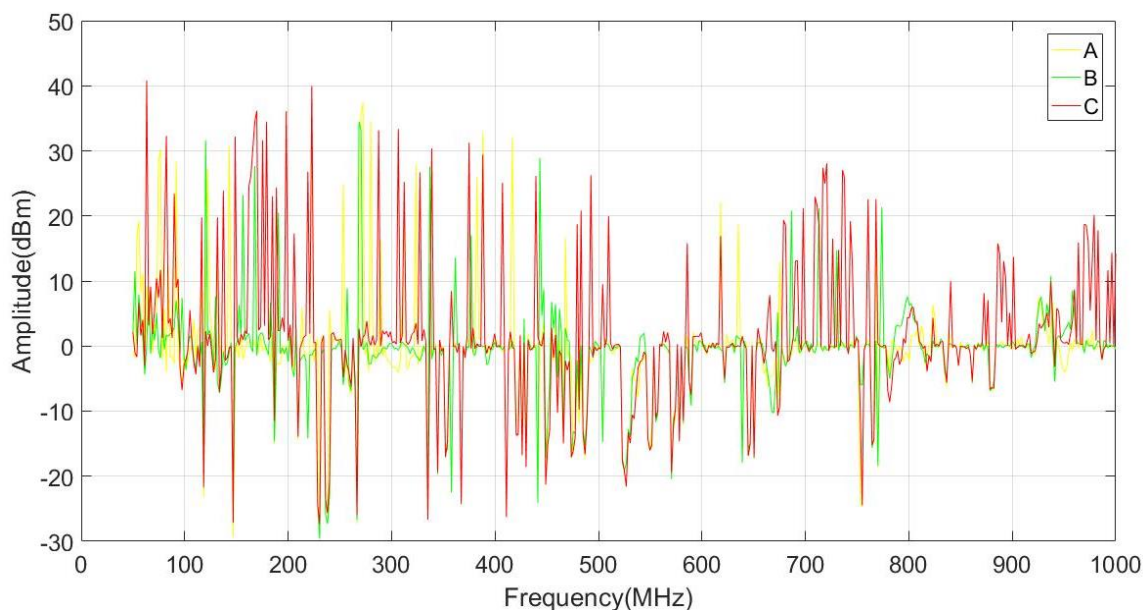


3 pav. Foninio triukšmo (base) ir fazinio transformatoriaus (measured) spektras



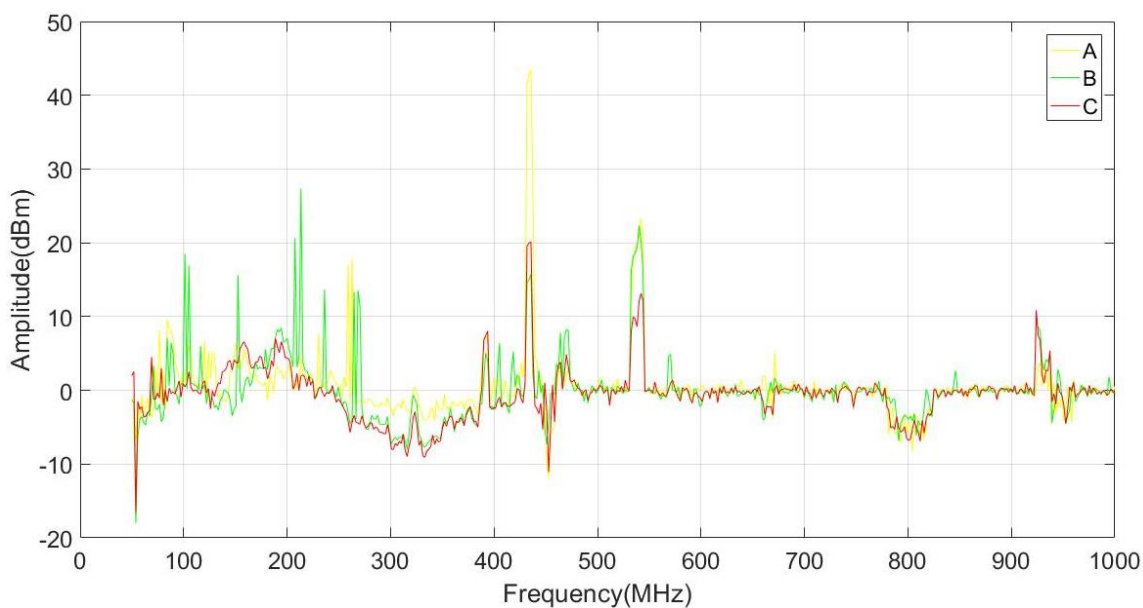
4 pav. Palyginamasis spektro skirtumas tarp visų fazinių transformatorių

Remiantis šia prielaida, 780 - 820 MHz dažnių diapazone aptinkama anomalija – visame spektre elektromagnetinių bangų intensyvumas yra didesnis už foną. Šis poveikis, nors ir nedidelis, priskiriamas DI. Remiantis 7 pav. pateikta informacija, skirta visų trijų fazių spektrų skirtumui palyginti su baziniu fono spektru, galima teigti, kad B fazės įtampos transformatorius turi aukščiausią DI lygį, o fazė A turi žemiausią DI lygį.



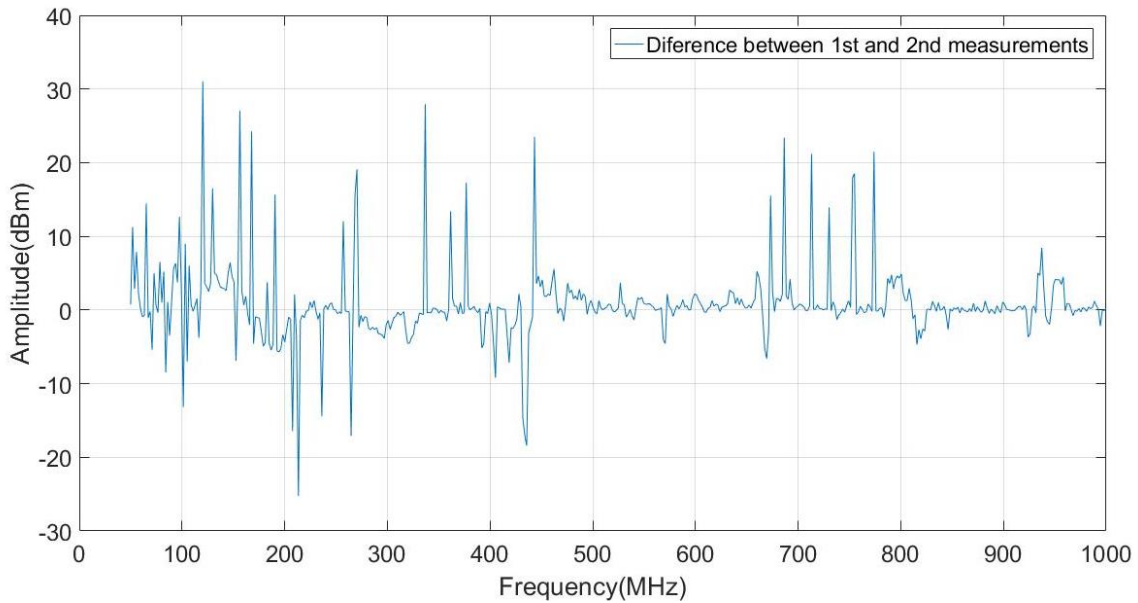
5 pav. Visų trijų „IT-T101“ fazių spektrų skirtumų palyginimas su baziniu fono spektru

Šie matavimai atlikti 2020-04-19. Gegužės mėnesį pastotėje įvyko avarija - sprogo B fazės įtampos transformatorius „IT-T101“. Iki avarijos elektros tinklo parametrai neviršijo įprasto režimo ribų.



6 pav. Pakeisto „IT-T101“ visų trijų fazių spektrų skirtumų palyginimas su baziniu fono spektru po B fazės avarijos

2020-07-26 buvo atlikti papildomi matavimai pakeitus naują B fazės įtampos transformatorių „IT-T101“. Pakeisto „IT-T101“ trijų fazių (A, B ir C) spektrų skirtumų palyginimas su fono spektru parodytas 6 pav. „IT-T101“ B fazės įtampos transformatoriaus pirmojo ir antrojo matavimo lyginamieji spektrai absoliučiomis vertėmis parodyti 7 pav.



7 pav. B fazės įtampos transformatoriaus pirmųjų matavimų (sugedęs „IT-T101“, prieš pakeitimą) ir antrųjų matavimų (pakeitus „IT-T101“) spektrų absoliučių verčių lyginamoji analizė.

Pagal informaciją 6 pav., 780-820 MHz dažnių diapazone stebima panaši B fazės spektrinių skirtumų anomalija, kaip ir prieš transformatoriaus avariją. Todėl toks skirtumas gali būti naudojamas kaip patikimas parametras įvertinant sąlygą, kad DI lygis yra padidintas ir transformatorius gali būti paveiktas gedimo.

Palyginus 5 ir 6 pav. pateiktus spektrus, galima daryti išvadą, kad antrojo matavimo metu pastotė buvo gerokai mažiau apkrauta. Dėl šios priežasties 7 pav. galima pamatyti skirtumą 780-820 MHz ribose. Analizuojant lyginamąjį grafiką (6 pav.), galima teigti, kad pakeisto transformatoriaus „IT-T101“ fazė B nebesiskiria nuo kitų fazių (A ir C).

Šis fono ir aukštos įtampos komponentų spektrų skirtumų lyginamasis metodas pagrįstas užfiksuotų rezultatų tikslumu. Jei rezultatai klaidingi, galimo DI dažniai gali būti nenustatyti, todėl gali būti neteisingai įvertinta tiriamo komponento izoliacijos būklė.

Išvados

1. DFA300 prietaisu registruojamas foninis elektromagnetinių bangų spektras yra su 4% – 9% paklaidos tolerancija.
2. Matavimų jautrumas nekinta keičiantis pastotės galios apkrovai.
3. Atlikti matavimai galėjo padėti išvengti gedimo, tačiau užregistruoti skirtumai tarp fazių spektrų 780-820 MHz dažnių diapazone buvo gana maži, kad būtų galima nustatyti aukšto lygio „IT -T101“ B fazės gedimą. Tačiau mūsų nustatytas skirtumas rodo, kad DI lygis buvo padidėjęs ir transformatorius buvo paveiktas gedimo.
4. Reikalingas platesnis parametų fiksavimas, apimantis vibroakustinių DI matavimo metodų derinį, papildomai įvertinant sistemos įtampą, dažnį, srovę ir kitus aplinkos veiksnius, tokius kaip temperatūra ir drėgmė.

Literatūra:

1. *CIGRE WG A2.37*, Transformer Reliability Survey, **2015**; ISBN : 978-2-85873-346-0.
2. *CIGRE WG A2.18*, Life management techniques for power transformer. Brochure 227, Paris, **2003**.
3. D.F. Akiyoshi, B.A. Castro, J.V.F. Leão, M.A. Rocha, J.A.A. Rey, R.R. Riehl, A.L. Andreoli, Evaluation of Low Cost Piezoelectric Sensors for the Identification of Partial Discharges Evolution. *Proceedings* **2019**, 4, 36.
4. I.A. Soomro, M.N. Ramdon, Study on different techniques of partial discharge detection in power transformers winding: Simulation between paper and EPOXY resin using UHF method. *International Journal of Conceptions on Electrical and Electronics Engineering*, Vol. 2, Issue. 1, April **2014**; ISSN: 2345 – 9603.
5. R. Rao, Z. Li, H. Song, Y. Chen, D. Li, A New Kind of Transformer Oil State Detection Method based on Multi-frequency Detection Technique and Multivariate Statistics. 10.2991/iccte-16.2016.206.
6. Yaacob, M.; Alsaedi, M.; Rashed, J.; Dakhil, A.; Atyah, S. (2014). Review on partial discharge detection techniques related to high voltage power equipment using different sensors. *Photonic Sensors* **2014**; 4. 10.1007/s13320-014-0146-7.

7. A.S. Kumar, R.P. Gupta, K. Udayakumar, A. Venkatasami, Online partial discharge detection and location techniques for condition monitoring of power transformers: A review, *2008 International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, Beijing*, **2008**, pp. 927-931.
8. M. Koziół, Ł. Nagi, M. Kunicki, I. Urbaniec, Radiation in the Optical and UHF Range Emitted by Partial Discharges. *Energies* 2019, 12, 4334.
9. DFA300 Dielectric Fault Analyzer User Guide, Doble Engineering Company, USA, Rev.1, **2013**.
10. DFA300 Training course, Doble Engineering Company, **2015**.

EVALUATION OF INSULATION CONDITION USING PARTIAL DISCHARGE MEASUREMENT BY ELECTROMAGNETIC WAVE RADIATION METHOD

Summary

High voltage transformers are one of the most important elements in an electric power system. Each one of them is affected by various external factors: overvoltage, partial discharge (PD), overheating, vibrations etc., which are created by the strong electric field, thermal effect, humidity, impurities, factory defects, dissolved water and gas in oil type transformer's insulation. These and other factors caused by the environment, reduces the device's exploitation period. Thus, the evaluation of the device's condition is one of the most important factors in the system's safety evaluation that ensures a reliable and economical electrical network operation. This work reviews different contact and non-contact methods, used to evaluate the condition of transformers, by measuring the level of PDs. The selected method of non-contact measurement of electromagnetic waves radiation was used to evaluate voltage transformers status. The experiment was performed at 110 kV substation. Authors discusses efficiency of the selected method to evaluate the voltage transformers insulation condition.

Key words: Insulation; partial discharge (PD); detection; transformers.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Gediminas Daukšys.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, Elektros energetikos studijų programos vadovas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: elektros inžinerija, energetika ir termoinžinerija, matavimų inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 68659120 gediminas.dauksys@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Gediminas Daukšys.

Science degree and name: associated professor.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Head of the Electric Energy Study Program.

Author's research interests: Electrical Engineering, Energy and Thermal Engineering, Measurement Engineering.

Telephone and e-mail address: +370 68659120 gediminas.dauksys@edu.ktk.lt

Į STUDENTĄ ORIENTUOTOS STUDIJŲ KULTŪROS TYRIMO INSTRUMENTO METODOLOGINIS PAGRINDIMAS

Giedrė Adomavičienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Straipsnyje analizuojama aktuali mokslinė problema: kokiais parametrais turi pasižymėti į studentą orientuotos studijų kultūros teorinis modelis bei tyrimo instrumentas, kad jis objektyviai ir sistemiškai galėtų įvertinti į studentą orientuotos studijų kultūros plėtojamą aukštojo mokslo institucijoje? Straipsnio tikslas – metodologiškai pagrįsti į studentą orientuotos studijų kultūros tyrimo instrumentą. Pirmojoje straipsnio dalyje analizuojama į studentą orientuotos studijų kultūros samprata, pateikiamas jos teorinis modelis. Antroji straipsnio dalis skirta instrumento parametru metodologiniam pagrindimui. Tyrimo objektas: į studentą orientuotos studijų kultūros tyrimo instrumento modeliavimas. Tyrimo metodai: mokslinės literatūros ir dokumentų analizė. Straipsnyje pristatomas teorinis tyrimas, kuris grindžiamas išsamia mokslinės literatūros ir dokumentų analize. Atlikus tyrimo instrumento metodologinį pagrindimą nustatyta, kad į studentą orientuota studijų kultūra - tai integralus požiūris į aukštojo mokslo sistemą, kuris pasižymi šiais parametrais: aktyviu mokymusi ir studentų įsitraukimu į studijų procesą, studijų proceso kaita, bendradarbiavimu tarp dėstytojų ir studentų, studijų ištekliais, fizinėmis ir edukacinėmis aplinkomis; į studentą orientuotos studijų kultūros tyrimo instrumento konstruktas įvertina studento, dėstytojo vaidmens, studijų turinio ir proceso, vertinimo tikslo ir proceso, studijų aplinkos ir išteklių pokyčius, kurie sudaro optimalias prielaidas užtikrinti studijų kokybę aukštojo mokykloje.

Raktiniai žodžiai: į studentą orientuotos studijos, studijų kultūra, studijų kokybė

Įvadas

Besikeičianti aukštojo mokslo aplinka, augantys organizacijų ir visuomenės reikalavimai studijų kokybei, kintantys studentų lūkesčiai mokymo turiniui ir metodams, didėjanti vidaus ir tarptautinė konkurencija tarp aukštųjų mokyklų, aukštojo mokymo internacionalizacijos ir globalizacijos procesai skatina ieškoti naujų sisteminių priemonių studijų kokybės gerinimui ir valdymui aukštojo mokslo organizacijose

Auštosios mokyklos, atsižvelgdamos į jos keliamus iššūkius, ieško inovatyvių studijų organizavimo formų, naujo požiūrio į studijų kokybę bei kokybės kultūros plėtojamą, jos realizavimą.

Europos Aukštojo mokslo erdvės kokybės užtikrinimo nuostatose ir gairėse (2015) pabrėžiama į studentą orientuoto mokymo ir mokymosi proceso realizavimo svarba. Akcentuojama, kad mokslo ir studijų institucijos turėtų užtikrinti tokį studijų programų įgyvendinimą, kuris skatintų studentus imtis aktyvaus vaidmens studijų procese, o studentų vertinimas atspindėtų šį požiūrį. Šie pokyčiai gali būti įgyvendinami tik kompleksiskai, t.y. sukūrus tinkamą į studentą orientuotą studijų kultūrą.

Europos Auštojo mokslo dokumentuose (The European Higher Education Area in 2018 Bologna Process Implementation Report) į studentą orientuotos studijos apibrėžiamos kaip požiūris į aukštojo mokslo sistemą ir jos kultūrą, paremta įvairiais mokymosi metodais, glaudesne komunikacija tarp mokytojų ir besimokančiojo, skatinanti studento savarankiškumą bei įsitraukimą į mokymosi procesą.

Į studentą orientuota studijų kultūra neturi vieno visuotinai sutarto apibrėžimo, nors tai yra terminas, kurį naudoja daugelis aukštojo mokslo politikos formuotojų. Tokio apibrėžimo nebuvimas kelia iššūkį aukštojo mokslo sektoriui, aukštojo mokslo institucijoms ir akademinėi bendruomenei. Nesant vieningo sutarimo yra sudėtinga parengti į studentą orientuotos studijų kokybės kultūros tyrimo instrumentą, todėl dar labiau pasunkėja pagrįstas kokybės vertinimas ir lyginimas aukštojo mokslo institucijose.

Lietuvos aukštosiose mokyklose vykdomi studijų kokybės tyrimai, tačiau pasigendama informacijos apie tokių tyrimų vykdymą sisteminiu lygmeniu, taip pat trūksta metodologijos juos pagrįsti. Kokybės tyrimai yra atliekami fragmentiškai, dažniausiai jie yra orientuoti į dėstytojų kokybės vertinimą, studentų ar dėstytojų nuomonės apie studijų procesą tyrimus ir pan. Tačiau tinkamai įvertinti kokybę galima tik atsižvelgus į visą kontekstą ir visus jai įtakos turinčius veiksnius.

Taigi kyla probleminis klausimas: kokiais parametrais turi pasižymėti į studentą orientuotos studijų kultūros teorinis modelis bei tyrimo instrumentas, kad jis objektyviai ir sistemiškai galėtų įvertinti į studentą orientuotos studijų kultūros plėtojamą aukštojo mokslo institucijoje?

Tikslas – metodologiškai pagrįsti į studentą orientuotos studijų kultūros tyrimo instrumentą. Pirmojoje straipsnio dalyje analizuojama į studentą orientuotos studijų kultūros samprata, pateikiamas jos teorinis modelis. Antroji straipsnio dalis skirta instrumento metodologiniam modeliavimui.

Tyrimo objektas: į studentą orientuotos studijų kultūros tyrimo instrumento modeliavimas. Tyrimo metodai: mokslinės literatūros ir dokumentų analizė. Straipsnyje pristatomas teorinis tyrimas, kuris grindžiamas išsamia mokslinės literatūros ir dokumentų analize.

Teorinė analizė

Konstruojant į studentą orientuotos studijų kultūros tyrimo instrumentą, pirmiausia svarbu pateikti tokios kultūros sampratą, jos esminius parametrus.

Dėl didesnio aukštojo mokslo prieinamumo aukštosios mokyklos vis labiau pasinaudoja didėjančia individualios patirties įvairove. Ši įvairovė ir augantys lūkesčiai verčia iš esmės keisti veiklos pobūdį. Tai reikalauja daugiau į studentą orientuoto mokymo ir mokymosi metodų, lanksčių mokymosi būdų taikymo ir kompetencijos, įgytos studijuojant ne pagal formaliąją studijų programą, pripažinimo. Europos Aukštojo mokslo erdvės kokybės užtikrinimo nuostatose ir gairėse (2015) pabrėžiama, kad kokybės užtikinimas grindžiamas šiais principais: už mokslo ir studijų institucijų teikiamų paslaugų kokybę ir jos užtikrinimą pirmiausia atsakingos jos pačios; užtikrinant kokybę atsižvelgiama į aukštojo mokslo sistemų, institucijų, programų ir studentų įvairovę; užtikrinant kokybę atsižvelgiama į studentų, visų kitų suinteresuotų šalių ir visuomenės poreikius bei lūkesčius; kokybės užtikrinimu plėtojama kokybės kultūra.

Į studentus orientuotas mokymasis ir mokymas yra svarbus skatinant studentų motyvaciją, savirefleksiją ir įsitraukimą į studijų procesą. Tai reiškia, jog turi būti kruopščiai rengiamos bei įgyvendinamos studijų programos ir vertinami pasiekti rezultatai.

Įgyvendinant į studentus orientuotą mokymąsi ir mokymą:

- atsižvelgiama į studentų įvairovę bei jų poreikius, sudaromos sąlygos lanksčiai rinktis mokymosi galimybes;
- svarstomi ir taikomi įvairūs dėstymo būdai, atsižvelgiant į jų tinkamumą;
- lanksčiai naudojami įvairūs pedagoginiai metodai;
- reguliariai vertinami ir parenkami atitinkami dėstymo būdai bei pedagoginiai metodai;
- skatinamas studento savarankiškumas, kartu užtikrinant tinkamas dėstytojo konsultacijas bei pagalbą;
- skatinama studento ir dėstytojo tarpusavio pagarba;
- nustatomos atitinkamos procedūros studentų skundams spręsti.

Į studentus orientuotų studijų nuostatos siejamos su kintančiu požiūriu į aukštojo mokslo sistemą ir jos kultūrą. Tai modernių mokymo/si metodų paieškos ir diegimas, studijų proceso ir turinio kaita, glaudesnė dėstytojo ir studento komunikacija, studento savarankiškumo ir atsakomybės už savo studijų rezultatus skatinimas, plati mokymosi resursų pasiūla, fizinių ir edukacinių aplinkų pritaikymas studentų poreikiams.

Europos Aukštojo mokslo dokumentuose (Londono komunikatas, 2007; Liuvėno komunikatas, 2009; Budapešto-Vienos komunikatas, 2010; Jerevano komunikatas, 2015; Paryžiaus komunikatas, 2018) pateikti į studentą orientuotų studijų uždaviniai:

- skatinti studentų motyvaciją ir atsakomybę už savo studijų rezultatus, sudarant galimybes formuoti studijų turinį pasirenkant studijų dalykus/modulius įstatymų ribose;
- formuoti aktyvų studentų požiūrį į studijų procesą, diegiant naujus mokymo/si metodus (mokymą keičiant į aktyvų mokymąsi, diegiant e-mokymo/si elementus, nuotolinį mokymą/si ir t.t.);
- formuoti aktyvų studentų poreikį nuolat tobulėti, vengiant paviršutiniškumo ir skatinant gilintis į studijuojamus dalykus;
- formuoti bendradarbiavimo tarp dėstytojo ir studento kultūrą, grindžiamą abipuse pagarba, dialogu ir bendrais kūrybiniais ir/ar moksliniais darbais;
- nuolat tobulinti mokymo/si metodus, ugdančius studentų savarankiškumą, kritinį mąstymą, gebėjimą pastebėti ir spręsti problemas, kelti klausimus ir ieškoti sprendimų;
- formuoti studentų poreikį dalyvauti studijų kokybės tobulinimo procesuose, peržiūrint, vertinant ir tobulinant studijų rezultatus, programas, dalykų/modulių turinį, mokymo/si metodus, vertinimo strategijas ir t.t.

L.Sajienė, R.Tamulienė (2012) pastebi, kad į studentą orientuotos studijos yra toks mąstymo ir studijų būdas, kuris skatina labiau studento, o ne dėstytojo aktyvų įsitraukimą į studijų procesą, prisiimant už pastarąjį atsakomybę. Į studentą orientuotų studijų paradigmos įgyvendinimas reikalauja sisteminės kaitos visuose studijų turinio lygmenyse: studijų programų performulavimą remiantis studijų rezultatų logika, aktyvių studijų metodų, didesnio dėmesio savarankiškoms studijoms skyrimu, paramos sistemos studentui plėtojimu. Užtikrinama, jog aukštojo mokslo institucijoje būtų sukuriama aplinka, reikalinga numatytiems studijų rezultatams pasiekti.

Į studentą orientuota studijų kultūra – tai viso organizacijos ir viso studijų proceso dalis, kuri yra pagrindinė akademinės bendruomenės vertybė, kuri pasižymi keletu esminių principų:

- studentai turi skirtingus poreikius ir lūkesčius, mokymosi stilių;
- nėra vienintelio teisingo kelio – kiekviena aukštoji mokykla, atsižvelgdama į savo specifiką ieško geriausių sprendimų;

- svarbiausia studentui sudaryti sąlygas studijuojant pasirinkti, taip jis tampa atsakingas ir labiau suinteresuotas;

- aktyvusis mokymasis keičia pasyvų mokymą;
- paviršutinišką informacijos įsisavinimą keičia nuodugnus suvokimas;
- glaudesnis bendradarbiavimas tarp studentų ir dėstytojų – dialogas yra studijų esmė;
- abipusė pagarba tarp studento ir dėstytojo;
- dėstytojų darbas tampa orientuotas ne į nurodymą, bet į įgalinimą;
- studijų procesas turi būti nuolat peržiūrimas ir įvertinamas visų dalyvaujančių pusių.

Į studentą orientuota studijų kultūros kūrimas yra kompleksinis ir nuolatinis procesas, kuris gali apimti įvairias galimas mokymo strategijas ir akademinės programas. Tokios kultūros kūrimas yra pagrįsta filosofija, kad studentas yra mokymosi proceso pagrindas. Taip pat akcentuojami studentų mokymo ir mokymosi procesai, įsitraukimas į studijų procesą, akademinio personalo kompetencijos ir gebėjimai, edukacinės ir fizinės aplinkos. Taip pat užtikrinama, kad kaupiama, analizuojama aktuali informacija, kuri padeda veiksmingai valdyti akademinį procesą ir kitas veiklas.

Į studentą orientuotos studijų kultūros teorinis modelis apima šiuos parametrus:

- aktyvus mokymas/is;
- studentų įsitraukimas į studijų procesą;
- studijų proceso kaita;
- bendradarbiavimas tarp dėstytojų ir studentų;
- studijų ištekčiai;
- fizinės ir edukacinės aplinkos.

Į studentą orientuota studijų kultūra - tai tam tikras integralus požiūris į aukštojo mokslo sistemą, kurioje studijų procesas tampa orientuotas ne į nurodymą, bet į įgalinimą. Tokia kultūra paremta bendradarbiaujančiais santykiais, kur akademinės etikos normos, kolegiskumas, savitarpio supratimas ir pagalba kitiems yra tie bendravardikliai, kurie galioja ir dėstytojams, ir studentams. Studijų turinio realizavime taikomi aktyvaus mokymosi metodai, pritaikomi įvairūs studijų ištekčiai, fizinės ir edukacinės aplinkos, skatinančios studento savarankiškumą bei įsitraukimą į studijų procesą. Aktyvusis mokymasis keičia pasyvų mokymą. Keičiasi iš dėstytojo veikla: dėstytojas geba ne tik supažindinti studentus su savo dalyko ar modulio turinio esme, bet kartu ir atskleisti studento pasirinkimo perspektyvas. Tad dėstytojo vaidmuo ne menksta, o atvirkesčiai – išauga, pasidaro platesnis ir dar svarbesnis, nei buvo iki šiol.

Išryškinti į studentą orientuotos studijų kultūros teorinio modelio esminiai parametrai, sudaro metodologines prielaidas tokio reiškinių tyrimo instrumento parengimui.

Europos Aukštojo mokslo erdvės kokybės užtikrinimo nuostatose ir gairėse (2015) akcentuojami nuolatiniai kokybės užtikrinimo procesai: mokslo ir studijų institucijos turi stebėti ir reguliariai vertinti savo studijų programas, siekiant užtikrinti, kad nustatyti tikslai būtų pasiekiami bei atliepiami studentų ir visuomenės poreikiai. Šie vertinimai turėtų prisidėti prie nuolatinio studijų programų tobulinimo. Ši nuostata suponuoja idėją, kad būtina sukonstruoti tokį tyrimo instrumentą, kuriuo galima būtų sistemingai ir kompleksiskai vertinti į studentą orientuotos studijų kultūros realizavimo kokybinis parametrus. Tyrimo instrumentas sukonstruotas pagal 1 paveiksle sudarytą į studentą orientuotos studijų kultūros teorinį modelį.

Į studentą orientuotos studijų kultūros tyrimo instrumentas nustatys pokyčius šiose srityse:

- studento vaidmens pokytis;
- dėstytojo vaidmens pokytis;
- studijų turinio ir proceso pokytis;
- vertinimo tikslo ir proceso pokytis;
- studijų aplinkos ir išteklių pokytis.

Studento vaidmens pokytis

Į studentus orientuotas mokymasis ir mokymas yra svarbus skatinant studentų motyvaciją, savirefleksiją ir įsitraukimą į studijų procesą. Pokytis nustatomas vertinant studentų įvairovę bei jų poreikius, adaptacijos, pedagoginės, psichologinės, socialinės pagalbos teikimo aspektus, sudarytas sąlygas lanksčiai rinktis mokymosi kelius, išteklius ir kitus studijų resursus.

Dėstytojo vaidmens pokytis

Dėstytojo vaidmuo yra esminis siekiant sukurti kokybišką studento patirtį ir sudarant sąlygas įgyti žinias, kompetencijas ir gebėjimus. Dėstytojų veiklos pokytis nustatomas vertinant studento ir dėstytojo bendradarbiavimą, tarpusavio pagarbą, pedagoginį procesą, aktyvaus mokymosi metodų ir naujų technologijų įtraukimą į dalyko turinį, skatinant besimokančiojo savarankiškumą, užtikrinant tinkamą konsultavimą bei dėstytojo paramą.

Studijų turinio ir proceso pokytis

Šiandien aukštosios mokyklos tikslas – suformuoti gebėjimus nuolatinei studento profesinei ir asmeninei plėtrai. Formuojama mokymosi, o ne išmokimo kultūra, skatinanti studentus nuolat mokytis greit besikeičiančioje ir informacijos pripildytoje aplinkoje. Studijų turinio ir proceso pokytis nustatomas vertinant dalykų turinio kaitą, jų atnaujinimą pasitelkiant pažangiausias technologijas, mokslinius pasiekimus, probleminio mokymosi metodų taikymą, galimybę studentams mokytis „bet kuriuo metu ir bet kur“, individualizuotų studijų galimybes, kompetencijų įgijimą ne tik tradicinėse auditorijose, bet ir įvairiose bendruomenėse, stažuotėse, praktikose ir pan.

Vertinimo tikslo ir proceso pokytis

Atsižvelgiant į studentų pasiekimų vertinimo svarbą, vertinimo proceso kokybės užtikrinimas yra svarbus procesas realizuojant į studentą orientuotą studijų kultūrą. Vertinimo pokytis nustatomas akcentuojant tokius aspektus kaip vertinimo sistemos aiškumas, viešumas ir skaidrumas, akademinio sąžiningumo principų laikymosi užtikrinimas. Nustatoma, ar vertinimas leidžia studentui pademonstruoti, kokių lygiu numatomi studijų rezultatai buvo pasiekti, studentams teikiamas grįžtamasis ryšys, kuris, esant poreikiui, apima patarimus dėl mokymosi proceso.

Studijų aplinkos pokytis

Fizinių ir edukacinių aplinkų pritaikymas studentų kompetencijų ir jų gebėjimų plėtojimui yra viena iš sėkmingo į studentą orientuotos studijų kultūros realizavimo sąlygų. Studijų aplinkos pokytis nustatomas tokiais kriterijais kaip įvairūs ir prieinami mokymosi ištekliai, fizinių ir edukacinių erdvių pritaikymas studentų savarankiškam darbui.

Išvados

1. Į studentą orientuota studijų kultūra - tai integralus požiūris į aukštojo mokslo sistemą, kuris pasižymi šiais parametrais: aktyviu mokymusi ir studentų įsitraukimu į studijų procesą, studijų proceso kaita, bendradarbiavimu tarp dėstytojų ir studentų, studijų ištekliais, fizinėmis ir edukacinėmis aplinkomis.
2. Į studentą orientuotos studijų kultūros tyrimo instrumento konstruktas įvertina studento, dėstytojo vaidmens, studijų turinio ir proceso, vertinimo tikslo ir proceso, studijų aplinkos ir išteklių pokyčius.

Literatūra

1. Europos Aukštojo mokslo erdvės kokybės užtikrinimo nuostatos ir gairės (2015).
2. Sajienė L., Tamulienė R. (2012). Studijų turinio kaita į studentą orientuotų studijų paradigmoje: teorinis aspektas/Profesinis rengimas: tyrimai ir realijos.
3. The European Higher Education Area in 2018 Bologna Process Implementation Report. https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/content/european-higher-education-area-2018-bologna-process-implementation-report_en
4. Valiuškevičiūtė A., Žiogevičiūtė R. (2006) Universitetų ir kolegijų personalo atsakomybė už aukštojo mokslo kokybės vadybą. Aukštojo mokslo kokybė, 3.

METHODOLOGICAL JUSTIFICATION OF INSTRUMENT FOR STUDENT-CENTRED LEARNING CULTURE RESEARCH

Summary

The article analyses a relevant scientific problem: what parameters should a theoretical model and a research instrument of a student-centred learning culture have, so that it can assess the development of a student-centred learning culture in a higher education institution objectively and systematically?

The aim of the article is to methodologically substantiate the instrument for the research of a student-centred learning culture. The first part of the article analyses the concept of student-centred learning culture and presents its theoretical model. The second part of the article is devoted to the methodological justification of the instrument's parameters.

The object of the research: modelling of the instrument for a student-centred learning culture research. Methods of the research: analysis of scientific literature and documents. The article presents a theoretical research, which is based on a detailed analysis of scientific literature and documents.

The methodological substantiation of the research instrument was performed and it was determined that the student-oriented study culture is an integral approach to the higher education system. The system is characterized by the following parameters: active learning and student involvement in the study process, changes in the study process, cooperation between teachers and students, learning resources, physical and educational environments. The construct of the student-centred learning culture research instrument evaluates changes of the student's and teacher's role, study content and process, assessment aim and process, learning environment and resources, which form optimal conditions for ensuring the quality of studies in higher education institution.

Keywords: student-oriented studies, study culture, study quality.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Giedrė Adomavičienė

Mokslo laipsnis ir vardas: socialinių mokslų (edukologija) daktarė, docentė

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegija, Taikomųjų tyrimų ir paslaugų komercializavimo skyriaus vadovė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: kiekybinių ir kokybinių tyrimų metodologija, studijų proceso kokybės tyrimai..

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 61157620; el.paštas: giedre.adomaviciene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Giedrė Adomavičienė

Science degree and name: Social Sciences (Educology) Doctor, Associate Professor

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Head of Department for Commercialisation of Applied Research and Services

Author's research interests: Methodology of Quantitative and Qualitative research, research of the Quality of the Study process.

Telephone and e-mail address: 8 61157620; giedre.adomaviciene@edu.ktk.lt

LOGISTIKOS PERSONALO VALDYMO GALIMYBĖS TAIKANT „MOODLE“ PLATFORMĄ

Saulius Lileikis, Arnas Puzinas
Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla

Anotacija

Šio straipsnio tikslas – nurodyti logistikos personalo valdymo galimybes taikant „Moodle“ platformą. Logistikos įmonėse diegiama „Moodle“ (angl. *modular object-oriented dynamic learning environment*) atviro kodo žiniatinklinė virtualaus mokymosi aplinka. Tai – visiems įmonės darbuotojams prieinama platforma, kurioje teikiami dokumentai, įvairi reikalinga atnaujinta informacija. Šio pobūdžio elektroninė veikla ypač aktuali pandemijos sąlygomis, siekiant užtikrinti logistikos darbuotojų motyvavimą, reguliarių jų kvalifikacijos tobulinimą, darbo drausmę ir greitesnį jų persiorientavimą dokumentų rengimo naujovių atžvilgiu. Straipsnyje analizuojamos logistikos personalo tobulėjimo galimybės aktualių besimokančios organizacijos ir žmogiškųjų išteklių vadybos mokslinių teorijų požiūriu ir atskleidžiamos „Moodle“ platformos taikymo galimybės personalo veiklos valdymo, t. y. planavimo, organizavimo, vadovavimo darbuotojams ir jų kontrolės funkcijų lygmeniu.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI: „Moodle“ platforma, logistika, personalas, valdymas.

Įvadas

Tyrimo problemos aktualumas. Besikeičiančioje verslo aplinkoje gali išlikti tik tos logistikos įmonės, kurios orientuojasi į dabartines pasaulio ekonomikos tendencijas. Įmonės turi ieškoti galimybių kurti valdymo sistemas, kurios užtikrintų jų išlikimą rinkoje (Kampf ir kt., 2018). Tenka pastebėti, kad logistikos įmonių darbuotojai nespėja laiku atnaujinti su jų darbo pobūdžiu susijusių žinių, informaciją gauna nesusistemintą, nėra galimybių elektroniniu būdu patikrinti, ar jie susipažino su aktualia informacija, taikyti elektroninį mokymą bei testavimą.

Todėl įmonėse paprastai diegiama „Moodle“ (angl. *modular object-oriented dynamic learning environment*) atvirojo kodo žiniatinklinė virtualaus mokymosi aplinka. Tai – visiems įmonės darbuotojams prieinama platforma, kurioje teikiami dokumentai ir įvairi reguliariai atnaujinama reikalinga informacija. Sistemos funkcionalumas apima komunikacijos valdymą, personalo darbo kontrolę bei apskaitą, garantinius reikalavimus, dokumentų valdymą, infrastruktūros įrašus, bendradarbiavimo koordinavimą, informacijos apie pasikeitimus teikimą (Nowacki ir kt., 2019).

Tokia elektroninė veikla ypač aktuali pandemijos sąlygomis, siekiant užtikrinti logistikos darbuotojų motyvavimą, reguliarių jų kvalifikacijos tobulinimą, darbo drausmę ir greitesnį jų persiorientavimą dokumentų rengimo naujovių atžvilgiu. Todėl tikslinga moksliniu lygmeniu analizuoti aktualias „Moodle“ platformos galimybes valdant logistikos personalą.

Tyrimo objektas – logistikos personalo valdymas taikant „Moodle“ platformą.

Tyrimo tikslas – nurodyti logistikos personalo valdymo galimybes taikant „Moodle“ platformą.

Tyrimo uždaviniai:

1. Analizuoti logistikos personalo tobulėjimo galimybes besimokančios organizacijos ir žmogiškųjų išteklių vadybos teorijų požiūriu.
2. Atskleisti „Moodle“ platformos galimybes planavimo ir organizavimo funkcijų lygmeniu.
3. Charakterizuoti „Moodle“ platformos galimybes vadovavimo ir kontrolės funkcijų lygmeniu.

Pagrindiniai *tyrimo metodai:* mokslinės literatūros analizė ir sintezė.

Tyrimo tipas – teorinis aprašomasis.

Straipsnio struktūra: Logistikos personalo tobulėjimo galimybės besimokančios organizacijos ir žmogiškųjų išteklių vadybos teorijų požiūriu; „Moodle“ platformos galimybės planavimo ir organizavimo funkcijų lygmeniu; „Moodle“ platformos galimybės vadovavimo ir kontrolės funkcijų lygmeniu.

Logistikos personalo tobulėjimo galimybės besimokančios organizacijos ir žmogiškųjų išteklių vadybos teorijų požiūriu

Logistikos personalo skyriaus veiklos procesą sudaro darbuotojų poreikio nustatymas, jų paieška, atranka, įdarbinimo procedūra, naujo darbuotojo mokymas, dokumentų valdymas, darbuotojų atleidimas. Išanalizavus šiuolaikines vadybos teorijas, galima teigti, kad logistikos įmonės personalo veiklos valdymo optimizavimui pagrįsti labiausiai taikytinos besimokančios organizacijos teorija, ypač kai naudojama „Moodle“ mokymosi platforma, ir žmogiškųjų išteklių vadybos teorija vykdant minėto proceso žmogiškųjų išteklių operacijas.

Siekdamos išlaikyti konkurencinį pranašumą, logistikos įmonės turi turėti specializuotą ir kompetentingą darbo jėgą. Žmogiškieji ištekliai šiuolaikiniame logistikos sektoriuje laikomi pagrindine

vertybe ir vienu iš pagrindinių šaltinių norint įgyti konkurencinį pranašumą versle, atsižvelgiant į greitai kintančias darbo rinkos sąlygas. Todėl logistikos įmonės, siekiančios būti pranašesnėmis už savo konkurentus, orientuojasi į konkurencinio pranašumo galimybes, ypač į išskirtines savo darbuotojų kompetencijas.

Konkurencingumo galimybių požiūriu žmogiškųjų išteklių valdymas įmonėje yra labai svarbus, nes veiklos rezultatai priklauso nuo įmonės personalo. Darbuotojų valdymo svarba yra ne tik susijusi su personalo samdymu, išlaikymu ir atleidimu, bet pirmiausia turi būti apskritai strateginis, nuoseklus ir visapusiškas logistikos įmonės požiūris į darbuotojų valdymą bei mokymą.

Žmogiškųjų išteklių valdymas gali būti apibūdinamas kaip praktinis darbas su žmonėmis, apimantis:

- darbuotojų veiklos analizę;
- darbo jėgos poreikio ir kandidatų įdarbinimo planavimą;
- atranką;
- naujų darbuotojų mokymą;
- darbo užmokesčio administravimą;
- darbuotojų išipareigojimų ugdymą;
- teisingą ir saugią darbo aplinką.

Tai koordinuotas požiūris į žmonių valdymą, kuriuo siekiama integruoti įvairias personalo veiklas, kad jos būtų suderintos tarpusavyje (Batarlienė ir kt., 2017).

Žmogiškųjų išteklių vadybos teorija skirta subalansuoti logistikos įmonės darbuotojų kompetencijas ir procesus, kad būtų galima geriausiu būdu pasiekti organizacijos tikslus ir strategijas, atsižvelgiant į darbo jėgos poreikius. Pagrindinis personalo skyriaus vadovo vaidmuo yra įvykdyti verslo operacijas ir strategijas, kartu efektyviai deleguojant darbą personalo specialistams (Ahammad, 2017).

Logistikos sektorius – daugialypis, nes apima daug pramonės šakų. Transportas gali būti klasifikuojamas į geležinkelių, sunkvežimių, laivų, oro linijų ir kt. Kadangi logistikos sektoriaus darbuotojų produktyvumas yra labai reikšmingas siekiant padidinti logistikos įmonių veiklos rezultatus, mokymasis tampa neišvengiamas.

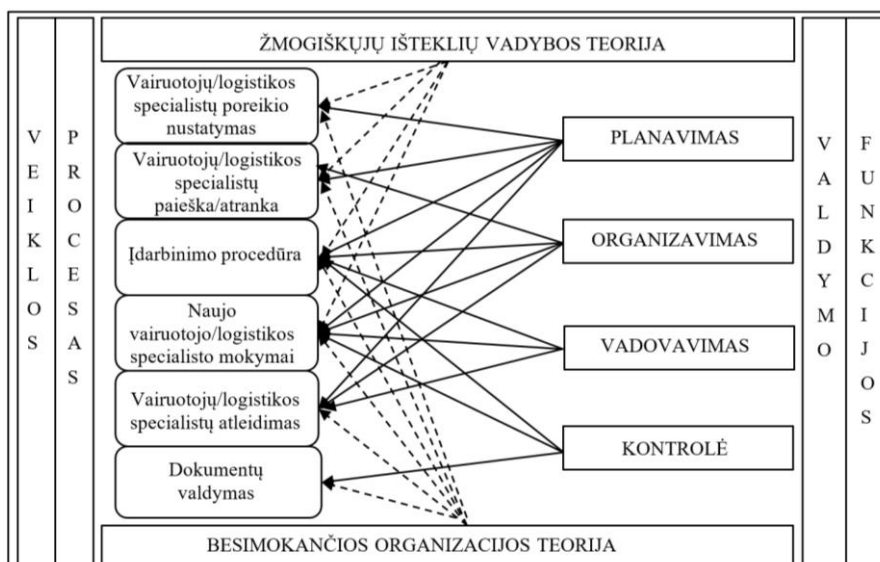
Besimokančios organizacijos veikla gali būti vertinama kaip klaidų atpažinimas ir jų taisymas. Tai atitinka požiūrį, kad tai yra veiksmų tobulinimo procesas aktualių žinių ir supratimo dėka. Tai gali būti pasiekama taikant „Moodle“ mokymosi platformą. Logistikos įmonių siūlomų paslaugų vertei daro įtaką darbuotojų įgytos kompetencijos, ypač susijusios su gebėjimu valdyti sudėtingas situacijas (Tende, Maru, 2019). Besimokanti organizacija yra kaip nuolatinis naujų tikslingų veiklos priemonių išbandymas, įvairios naujos reikalingos patirtys ir jų pavertimas žiniomis, prieinamomis visai organizacijai ir atitinkančiomis jos pagrindinį siekiamą tikslą. Besimokanti organizacija sukelia personalo požiūrio ir elgesio pokyčius, kurie padidina veiklos efektyvumą ir padeda pasiekti organizacijos tikslus. Įvairios organizacijos, besimokydamos ir kaupdamos reikalingas žinias, taiko atitinkamus metodus. Kad atsirastų besimokanti organizacija, reikia suformuoti organizacinių žinių pagrindą (Bai ir kt., 2021).

Organizacinėms veikloms būtinas darbuotojų produktyvumas. Logistikos įmonės, siekdamos konkuruoti, turi nuolat optimizuoti savo žmogiškuosius išteklius. Besimokančios organizacijos teorijos taikymas sudaro palankias sąlygas gerinti darbuotojų veiklos produktyvumą. Tobulinami įmonės darbuotojų gebėjimai, talentai bei įgūdžiai padeda jai įgyti konkurencinį pranašumą kitų įmonių atžvilgiu, kuriose personalo kompetencijų raidai daug dėmesio neskiriama. Norint padidinti darbuotojų produktyvumą, reikia orientuotis į darbuotojų motyvaciją, tikslingai kuriamą darbo aplinką, konstruktyvų administracijos dalyvavimą (Tende, Maru, 2019).

Logistikos personalo valdymas pagrįstas valdymo funkcijomis. Nors įvairioje mokslinėje literatūroje personalo valdymo funkcijų klasifikacijos skiriasi, daugelis mokslininkų laikosi nuostatos, kad pagrindinės valdymo funkcijos yra šios:

- planavimas kaip veiklos metodų ir priemonių plano tam tikram darbui atlikti sudarymas;
- organizavimas – žmonių ir išteklių darbui atlikti paskirstymas ir koordinavimas;
- vadovavimas motyvuojant darbą atliekančius žmones;
- kontrolė kaip faktinių darbo rezultatų palyginimas su lauktais rezultatais ir reikalingų veiklos pataisų įgyvendinimas (Anyangwe, 2017).

Tikslingai tobulėjančio logistikos personalo skyriaus veiklos procesas, sudarytas iš šešių operacijų, pagrįstas minėtomis valdymo funkcijomis ir šiuolaikinėmis vadybos teorijomis (1 pav.).



1 pav. Logistikos personalo skyriaus veiklos proceso, vadybos teorijų ir valdymo funkcijų sąsaja
Šaltinis: sudaryta autorių

Valdymo funkcijos taikomos valdant atskiras logistikos įmonės personalo skyriaus veiklos proceso operacijas, kurios progresyviai gali būti grindžiamos žmogiškųjų išteklių vadybos ir besimokančios organizacijos teorijomis. Atitinkamoms veiklos proceso operacijoms aktualias logistikos personalo valdymo funkcijas tikslinga atskleisti „Moodle“ platformos taikymo galimybių požiūriu.

„Moodle“ platformos galimybės planavimo ir organizavimo funkcijų lygmeniu

Personalo valdymo planavimas logistikos įmonėse vyksta sudarius planą, kuriame išsamiai numatoma, kaip įmonė ketina samdyti ir atrinkti potencialius darbuotojus. Plane yra įvairi informacija, įskaitant įmonei reikalingų darbuotojų skaičių, kiekvieno darbuotojo vaidmenį atsižvelgiant į įmonės organizacinę struktūrą. Į personalo valdymo planą įtraukiama informacija apie kiekvieną pareigybę ir kokios rūšies išmokas bendrovė suteiks darbuotojams. Plane išdėstomos idėjos, atitinkančios įmonės darbuotojų įdarbinimo politiką.

Personalo planavimas yra bendros planavimo sistemos dalis, todėl jis turi būti glaudžiai susijęs su kitomis planavimo sistemos dalimis – gamyba, finansais, rinkodara, investicijomis ir kt. Planuojant personalą, atsižvelgiama į šiuos personalo darbo aspektus:

- personalo poreikio nustatymą;
- samdymą ir laisvų darbo vietų užpildymą įskaitant mokymus;
- sprendimus dėl esamos nereikalingos darbo jėgos;
- darbo sąnaudas (Akhmetshin ir kt., 2018).

Personalo planavimas yra sistemiškas procesas atrenkant reikiamą personalą, siekiant gauti daugiau naudos ir galiausiai pelno, padidinus darbo našumą tenkinant logistikos įmonės klientų poreikius. Sprendimas samdyti naujus darbuotojus siejasi su esamomis dinamiškai besivystančios rinkos tendencijomis. Už ekonominę prognozavimą, personalo strateginį planavimą ir valdymą, darbuotojų įdarbinimą atsako personalo skyrius. Personalo planavimo procesas prasideda nuo darbuotojų poreikio nustatymo, analizuojant darbo rinką, ir naujo plano sudarymo. Iškeliama reikalavimai kandidatams, atliekama atranka, tinkami kandidatai įdarbinami. Naujam darbuotojui prasideda adaptacijos etapas.

Planavimas „Moodle“ platformoje reiškia mokymosi plano sukūrimą. Šis planas gali būti naudojamas kaip duomenų bazė, skirta įvesti ir išsaugoti išsamią informaciją apie logistikos įmonės personalo mokymosi iniciatyvą. Be to, planas gali būti naudojamas siekiant organizuoti ir įgyvendinti struktūruotą mokymąsi visoje logistikos įmonėje. Kiekvienas mokymosi planas grindžiamas personalo skyriaus ataskaitomis, kuriose nurodomi mokymai, reikalingi personalo skyriaus tikslams pasiekti, mokymų pradžios ir pabaigos datos, besimokančiųjų prisijungimo aktyvumas. Šio pobūdžio planas personalo skyriaus darbuotojams padeda greičiau sužinoti, ko iš jų reikalaujama, kurias žinias reikia įgyti, kokius įgūdžius patobulinti (Slyusarenka, Zadorozhnyia, 2021). „Moodle“ platforma turi kalendoriaus funkciją, leidžiančią planuoti įvykius kalendoriniame plane, kuris personalo skyriaus darbuotojams parodo visą numatomų mokymų, kursų, seminarų ir kitų logistikos įmonės įvykių laiko terminų išsklotinę.

Apskritai logistikos įmonės darbo jėgos planas – tai informacinė sistema, atspindinti planuojamus organizacijos personalo sudėties pokyčius, naujų pareigybių atsiradimą. Personalo planas kuriamas siekiant jį

taikyti logistikos įmonės skyriams. Žmogiškųjų išteklių planavimas tiesiogiai kyla iš aiškios logistikos įmonės misijos ir ją atitinkančios strategijos. Išsiaiškinus šiuos du strateginės reikšmės momentus, galima numatyti, kurias kompetencijas, kokią patirtį, kokius ryškesnius asmenybės bruožus turi turėti potencialūs darbuotojai, kurių ieškoma siekiant įgyvendinti įmonės strategiją, išgaunant didžiausią naudą organizacijai (Pamela ir kt., 2017).

Kita vertus, planavimas tai – ne tik išankstinis veiksmų eigos numatymas, išskiriantis logistikos įmonės personalo paiešką, atranką, įdarbinimą, mokymą, bet jis apima ir personalo darbuotojų vertybių, profesinio požiūrio, elgesio ir jų poveikių organizacijai prognozavimą (Kuzmenko ir kt., 2021). Planuojant logistikos personalo veiklą, iš karto aktualu priimti reikiamus veiklos organizavimo sprendimus.

Organizavimo dėka logistikos įmonė įgyja žmogiškuosius, finansinius, materialinius, informacinius ir kitus išteklius kasdienei savo veiklai užtikrinti. Organizavimas, kaip valdymo funkcija, apima organizacinės struktūros sukūrimą, žmogiškųjų išteklių paskirstymą, siekiant užtikrinti įmonės tikslų įgyvendinimą. Organizacinė struktūra yra sistema, kurioje koordinuojamos įmonės veiklos. Organizacinėje struktūroje sukuriama valdymo lygių hierarchija, aiškiai paskirstomos darbuotojų pareigos, teisės bei atsakomybė už atliekamo darbo rezultatus. Organizavimo veikla kartu apima personalo darbuotojų suskirstymą pagal pareigas ir įmonės skyrius bei įgaliojimų suteikimą pagal paskirtas užduotis ir atsakomybę (Anyangwe, 2017).

„Moodle Workplace“ organizacinę funkcijų derinį sudaro atitinkamas skyrius, pareigos ir darbai. Tai leidžia pagal skyrių ir pareigybių hierarchijas sukurti logistikos įmonės struktūrą ir apibrėžti visas ataskaitų eilutes, darbus priskiriant atitinkamo skyriaus darbuotojui, užimančiam konkrečias pareigas. Personalo skyriaus struktūros veiklos organizavimas personalo vadovui gali padėti atlikti šias veiklas:

- sukurti taisykles;
- parengti ataskaitas;
- surasti reikiamus atitinkamo skyriaus darbuotojus pagal jų pareigas;
- paskirti kai kuriuos darbuotojus sudarytų komandų vadovais (Moodle, 2021).

Duomenų bazę galima struktūruoti, į ją sukeliant atrinktus įrašus personalo skyriaus darbuotojams bet kuria su darbu susijusia tema. Duomenų bazėje gali būti internetinių nuorodų kolekcijos, knygos, bibliografiniai aprašai, veiklos taisyklės, dokumentų suskirstymas pagal į sistemą suvestas operacijas, dokumentai pagal atitinkamas dokumentų sritis, mokymosi testų klausimų grupės kiekvienai mokymosi temai, kad būtų galima juos peržiūrėti ir pakomentuoti.

„Moodle“ platformoje logistikos įmonės personalo vadovas gali darbuotojus priskirti atitinkamiems kursams. Darbuotojų grupių priskyrimas kursams gali būti vykdomas pagal jų žinių lygį. Jei darbuotojas – naujas, jis patenka į naujų darbuotojų mokymo grupę, kurioje jiems reikės susipažinti su logistikos įmonės reikalavimais, taisyklėmis, tvarka, funkcijomis ir kt. Kita mokymų grupė gali būti sudaryta iš tų įmonės personalo ar personalo skyriaus darbuotojų, kurie yra pažengę atitinkamoje srityje. Darbuotojus reikia priskirti prie tam tikrų kursų, kuriuose jie galės peržiūrėti pateiktą medžiagą, su ja susipažinti ir išlaikyti testus. Šiam tikslui naudojama „Moodle“ funkcija – *vartotojų įtraukimas į kursą* (Sherman ir kt., 2018).

Galima glaustai teigti, kad organizuojant logistikos įmonės personalo veiklą pagal atliekamas personalo skyriaus veiklos proceso operacijas (paiešką, atranką, įdarbinimą, mokymus, atleidimą, dokumentų valdymą), sudaromos organizacinės struktūros, padedančios racionaliai derinti įmonės veiklos procesus, funkcijas, būtinus išteklius. „Moodle“ platforma leidžia struktūruoti logistikos įmonės skyrius, darbuotojus ir jų veiklą. Sukūrus struktūrą, darbuotojams priskiriamas atitinkamas mokymosi kursas, su kuriuo jie turi susipažinti. Informacijos įrašų grupavimas platformos duomenų bazėje ne tik suteikia didesnę aiškumą jos vartotojams, bet ir palengvina naujų darbuotojų adaptaciją naujoje darbo vietoje.

„Moodle“ platformos galimybės vadovavimo ir kontrolės funkcijų lygmeniu

Vadovavimas – tai darbuotojų darbo rezultatų maksimizavimas siekiant logistikos įmonės tikslų. Vadovas turi užtikrinti darbuotojų vieningumą, aiškų ir lankstų komunikacijos procesą, kurti reikalingas strategijas ir metodikas, diegti aktualias naujoves, kurti personalo politiką, analizuoti ir identifikuoti personalo mokymosi poreikį (Kuzmenko ir kt., 2021). Visa tai vadovas gali įvykdyti gerai pažindamas savo darbuotojus. Pavaldinių pažinimas vadovui leidžia mažesnėmis pastangomis juos vienyti, stimuliuoti jų iniciatyvą, kreipti jų energiją logistikos įmonės reikalaujama linkme, skatinti pavaldinių lojalumą organizacijai. Vadovavimas personalo skyriaus veiklos proceso operacijų lygmeniu iš esmės sudaro darbuotojų motyvavimą. Vadovavimas personalui, kaip valdymo funkcija, apima darbuotojų skatinimą noriai ir efektyviai dirbti siekiant organizacijos tikslų. Šios funkcijos pagrindinis tikslas yra maksimaliai išnaudoti darbuotojų galias, ugdant jų motyvaciją, ir nukreipti darbuotojus vykdyti savo darbinės pareigas siekiant

įmonės tikslų. Vadovavimas logistikos įmonės skyriuose ypač siejasi su užsakymų priėmimu ir motyvuotu, tikslingu, efektyviu jų įvykdymu (Economics Discussion, 2021).

Vadovaudamas logistikos įmonės personalo skyriui, vadovas gali naudotis „Moodle“ platformos pokalbių ir susirašinėjimų funkcijomis realiu laiku. Šios funkcijos padeda sukurti internetinę diskusiją apie darbuotojų užduotis, keistis nuomonėmis apie darbo eigą, leidžiant personalo skyriaus darbuotojams užduoti klausimus ir į užduotus klausimus atsakyti. Vadovas „Moodle“ platformoje gali pateikti darbuotojams nurodymus, pakviesti privačiam pokalbiui, padidinti darbuotojų motyvaciją suteikdamas darbuotojams papildomų taškų atestacijai, suteikti galimybę gauti mokomąją medžiagą, pastabas (Aikina ir kt., 2020). Šios priemonės darbuotojams gali padėti greičiau įsisavinti reikiamą informaciją ir, gavus atitinkamas pastabas, pasidaryti asmenines išvadas suvokiant, kurių žinių jiems vis dar trūksta.

Ryškesniai veiksniai, didinantys darbinę motyvaciją „Moodle“ platformos dėka, yra automatinis testų tikrinimas, galimybė skelbti naujienas ir papildomą mokomąją medžiagą, nustatyti individualias užduotis, organizuoti mokymąsi bendradarbiaujant internete, analizuoti darbuotojų elgesį „Moodle“ platformoje (Voloshynov, Yurzhenko, 2020). Tačiau perteklinis darbuotojų stebėjimas ir bendravimas internete gali neigiamai paveikti darbuotojų ir vadovo tarpusavio santykius. Darbuotojai gali pradėti vengti diskusijų, jausdami psichologinį spaudimą dėl perteklinio stebėjimo.

Be to, motyvuoti darbuotojus „Moodle“ platformoje gali padėti elektroninė pagyrimų sistema, kur vietoje rašytinių pagyrimų naudojami skaitmeniniai ženklai. Jie platformoje matomi darbuotojo profilyje, kur demonstruojama atitinkamų jo įgūdžių bei žinių pažanga. Ženklai gali būti darbuotojui skiriami pagal įvairius pasirinktus kriterijus (Slyusarenka, Zadorozhnyia, 2021). Vadovas po darbuotojo įdarbinimo su juo susipažįsta geriau ir sužino, kokio jo pareiginio tobulėjimo reikia ir kokios būtų galimos jo darbinio motyvavimo priemonės. Pokalbiai ir susirašinėjimai „Moodle“ platformoje vadovui ir darbuotojui leidžia vienas kitą geriau pažinti. Vadovas gali teikti nurodymus darbuotojui ir kontroliuoti jo darbinį elgesį.

Personalo kontrolė suprantama kaip reguliavimas ir tikrinimas, ar viskas vyksta pagal patvirtintą planą, pateiktas instrukcijas, nustatytus kriterijus. Personalo skyrius paprastai kontroliuoja personalo politiką, komunikaciją, darbo įvertinimą, mokymąsi, išmoką darbuotojams (Lebedynska, 2019).

Efektyviai kontrolei būtini planai, nes planavimas numato reikiamus veiklos standartus. Kontroliuojant reikia aiškiai suprasti, kokia yra atsakomybė už nukrypimą nuo standartų. Du tradiciniai kontrolės metodai yra biudžeto ir veiklos auditas. Auditas apima įrašų, patvirtinančių dokumentų patikrinimą. Biudžeto auditas suteikia informaciją apie tai, kuriame lygyje yra organizacija pagal tai, kas buvo suplanuota biudžete. Veiklos audito metu nustatomi skaičiai, atspindintys faktinius rezultatus (Stanczyk, Stuss, 2018).

Logistikos įmonėse kontrolė yra viena svarbiausių žmogiškųjų išteklių valdymo funkcijų, nes ji padeda įvertinti personalo skyriaus veiklą, apima vertinimą, auditą, statistiką ir kt. Personalo kontrolė yra orientuota į žmogiškųjų išteklių valdymo efektyvumą ir sudaro motyvujančią funkciją, sukurdamą skaidrias planavimo bei stebėsenos procedūras ir nurodymus galimybes, kaip spręsti esamas problemas organizacijoje (Ahhammad, 2017). Kontrolė – tai ne tik faktinės informacijos tikrinimas, jos palyginimas su planais ir nukrypimų nustatymas, bet ir situacijos koregavimas. Personalo kontrolės priemonės gali sudaryti mokymo programų auditas, darbuotojų kaitos įrašų analizę, ataskaitų tikrinimas, apklausų vedimas ir kt.

Vadovas gali vykdyti personalo kontrolę „Moodle“ platformoje įvairiais veiksmais:

- pokalbiu;
- apklausa;
- nurodymu atlikti užduotį;
- sprendžiamo testo atsakymų tikrinimu;
- darbuotojų susipažinimo su dokumentais tikrinimu;
- darbuotojų veiklos platformoje tikrinimu;
- darbuotojų prieigos prie kai kurių pranešimų ribojimu (Sherman ir kt., 2018).

Kontroliuojant logistikos įmonės personalo veiklą, ypač darbuotojų įdarbinimo, mokymų ir dokumentų valdymo operacijų lygmeniu, personalo skyriaus vadovas gali darbuotojams sukurti savikontrolės testus, pavyzdžiui, naujas darbuotojas turi išlaikyti tris privalomus testus prieš pradėdamas darbą realioje darbo vietoje (norint pažymėti testą kaip užbaigtą, reikia būti gavus ne mažesnę, kaip 7 balų, įvertinimą ir tik tada darbuotojui taps pasiekiamas kitas testas; testo atlikimo bandymų skaičius – neribotas). Jei darbuotojui nepavyko išlaikyti testo, jis turi galimybę nagrinėti dokumentą iš naujo ir testą laikyti dar kartą (Voloshynov, Yurzhenko, 2020). Automatinės kursų tvarkymo ir testų vertinimo priemonės padeda kontroliuoti darbuotojų tobulinimąsi instrukcijų lygmeniu. Besimokančių darbuotojų stebėjimo priemonės galiausiai pateikiamos kaip ataskaitos apie darbuotojų lankytus kursus, išlaikytus testus, jų datą ir laiką.

Išvados

1. Besimokančios organizacijos teorija, naudojant „Moodle“ mokymosi platformą, ir žmogiškųjų išteklių vadybos teorija gali padėti logistikos personalui tobulėti. Kadangi logistikos personalo skyriaus veiklos procesą sudaro

darbuotojų poreikio nustatymas, jų paieška, atranka, įdarbinimo procedūra, naujo darbuotojo mokymas, dokumentų valdymas, darbuotojų atleidimas, personalo tobulėjimo prielaidas pirmiausia sukuria apskritai strateginis, nuoseklus ir visapusiškas logistikos įmonės požiūris į darbuotojų valdymą bei mokymą. Tai leidžia subalansuoti logistikos įmonės darbuotojų veiklos procesus, efektyviai deleguojant darbą personalo specialistams, kad būtų galima geriausiu būdu pasiekti organizacijos tikslus ir strategijas. Siekiant pagerinti logistikos įmonės veiklos rezultatus, mokymasis tampa ne tik neišvengiamas, tačiau visa besimokanti organizacija gali sukelti tikslingus personalo požiūrio ir elgesio pokyčius, didinančius veiklos efektyvumą ir padedančius pasiekti organizacijos tikslus.

2. Atskleidus „Moodle“ platformos galimybes planavimo ir organizavimo funkcijų lygmeniu, galima teigti, kad žmogiškųjų išteklių planavimas tiesiogiai kyla iš aiškios logistikos įmonės misijos ir ją atitinkančios strategijos. Numatomos kompetencijos, patirtis, asmenybės savybės, kurias turi turėti ieškomi potencialūs darbuotojai, kad būtų įgyvendinta įmonės strategija, išgaunama didžiausia nauda organizacijai. Planavimas kartu apima darbuotojų vertybių, profesinio požiūrio, elgesio ir jų poveikio organizacijai prognozavimą. Organizuojant logistikos personalo veiklą pagal atliekamas personalo skyriaus veiklos proceso operacijas, sudaromos organizacinės struktūros, padedančios racionaliai derinti įmonės veiklos procesus, funkcijas, išteklius. „Moodle“ platforma leidžia struktūruoti logistikos įmonės skyrius, darbuotojus ir jų veiklą. Sukūrus struktūrą, darbuotojams priskiriamas atitinkamas mokymosi kursas. Duomenų bazės informacijos grupavimas suteikia didesnę aiškumą ir palengvina naujų darbuotojų adaptaciją.

3. Charakterizavus „Moodle“ platformos galimybes vadovavimo ir kontrolės funkcijų lygmeniu, galima teigti, kad platformoje galima pateikti darbuotojams nurodymus, pakviesti juos pokalbiui, padidinant jų motyvaciją. Darbuotojai gali greičiau įsisavinti reikiamą informaciją ir suvokti, kurių žinių jiems dar trūksta. Platformos dėka gali didėti darbinė motyvacija, esant galimybei joje skelbti naujienas, papildomą mokomąją medžiagą, užduotis individualizuoti. Tačiau perteklinis darbuotojų stebėjimas gali paskatinti demotyvaciją. Personalo kontrolė „Moodle“ platformoje realizuojama pokalbiu, apklausa, nurodymu atlikti užduotis, sprendžiamo testo atsakymų tikrinimu ir kt. Kontroliuojant logistikos įmonės personalo veiklą, ypač darbuotojų įdarbinimo, mokymų ir dokumentų valdymo operacijų lygmeniu, darbuotojams sudaroma reikšminga galimybė mokytis atliekant savikontrolės testus.

Literatūra

1. Ahammad, T. (2017). Personnel management to human resource management (HRM): How HRM functions? *Journal of Modern Accounting and Auditing*, 13 (9), 412-420.
2. Aikina, T. Y., Bolsunovskaya, L. M. (2020). Moodle-based learning: Motivating and demotivating factors. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15 (2), 239-248.
3. Akhmetshin, E. M., Brager, D. K., Pokramovich, O. V., Andreyko, M. N., Aleynikova, M. Y. (2018). Modern theoretical and methodological approaches to personnel management in manufacturing enterprises. *Revista Espacios*, 39 (31), 11.
4. Anyangwe, X. (2017). *Strategic Human Resource Management. A Cross-Cultural Managerial Approach*. Centria University of Applied Sciences.
5. Bai, P., Wu, Q., Li, Q., Xue, C., Zhang, L. (2021). Mediating effect of organizational learning capacity on the relationship between relational embeddedness and innovation performance in freight logistics service. *Complexity*, 2021, 1-18.
6. Batarlienė, N., Čižiūnienė, K., Vaičiūtė, K., Šapalaitė, I., Jarašūnienė, A. (2017). The impact of human resource management on the competitiveness of transport companies. *Procedia Engineering*, 187, 110-116.
7. Economics Discussion. (2021). *Functions of Personnel Management: Managerial, Operative and General Functions*. Prieiga per internetą: <<https://www.economicdiscussion.net>>.
8. Kampf, R., Hitka, M., Ližbetinova, L. (2018). Direction of the corporate culture in Slovak and German transport companies from a top managers' perspective. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 47 (3), 213-219.
9. Kuzmenko, O., Kilderov, D., Babych, T., Breus, S., Stoyanov, P. (2021). Strategy of socially responsible enterprise personnel management. *Academy of Strategic Management Journal*, 20 (1), 1-7.
10. Lebedynska, O. (2019). Problems and prospects of controlling personnel in Ukraine. *Управління та Адміністрування*, 3 (70), 178-181.
11. Moodle. (2021). *Features*. Prieiga per internetą: <<https://moodle.org>>.
12. Nowacki, G., Piotrkowski, K., Masikowski, P. (2019). The vehicle fleet monitoring and personnel management system. *Archives of Transport System Telematics*, 12 (3), 34-39.
13. Pamela, A. C. J., Umoh, G. I., Worlu, G. (2017). Human resource planning and organizational performance in oil and gas firms in port Harcourt. *International Journal of Advanced Academic Research*, 3 (9), 110-129.
14. Sherman, M., Popova, H., Yurzhenko, A. (2018). Interactive course “Maritime English” in the professional training of future mariners. *Development Trends in Pedagogical and Psychological Sciences: The Experience of Countries of Eastern Europe and Prospects of Ukraine*, 603-620.
15. Slyusarenko, N., Zadorozhnyia, O. (2021). Usage of information and communication technologies in maritime educational institutions. *Proceedings of the International Conference on Economics, Law and Education Research*, 170, 257-262.
16. Stanczyk, I., Stuss, M. M. (2018). Personnel controlling – human capital management: Results of a selected company listed on the Warsaw stock exchange. *International Journal of Contemporary Management*, 17 (3), 241-260.

17. Tende, F. B., Maru, G. W. (2019). Organizational learning: A panacea for workers' productivity in the Nigeria transportation sector. *International Journal of Business Management and Finance Research*, 1 (1), 21-33.
18. Voloshynov, S., Yurzhenko, A. (2020). *The use of digital technologies while formation of professional competencies of future seafarers by means of LMS MOODLE*. Prieiga per internetą <<https://rep.ksma.ks.ua>>.

POSSIBILITIES FOR LOGISTICS PERSONNEL MANAGEMENT USING THE MOODLE PLATFORM

Summary

The purpose of this article is to highlight the possibilities for logistics personnel management using the Moodle platform. The modular object-oriented dynamic learning environment implemented in logistics companies is an open source web-based virtual learning environment. It is a platform accessible to all employees of the company, where updates of documents and various information are handled. This type of electronic activity is particularly relevant in a pandemic in order to ensure the motivation of logistics employees, regular improvement of their qualifications, work discipline, and faster reorientation of them with regard to document preparation innovations. The activity process of the logistics personnel department consists of determining the need for employees, their search, selection, recruitment procedure, training of a new employee, document management, and dismissal of employees. The main research methods, such as scientific literature analysis, and synthesis, were applied to the research. The type of the research is theoretical descriptive study. The structure of the article consists of three parts, i.e. possibilities for the development of logistics personnel in terms of the theory of a learning organization and human resource management, possibilities of the Moodle platform at the level of planning and organization, and possibilities of the Moodle platform at the level of leadership and control.

Keywords: Moodle platform, logistics, personnel, management.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Author's name, surname: Saulius Lileikis

Science degree and name: socialinių mokslų daktaras, docentas

Workplace and position: Lietuvos aukštosios jūreivystės mokyklos docentas

Author's research interests: jūrinė hodegetika, jūrų uosto antropologija ir vadyba

Telephone and e-mail address: +370 6 520 8106, s.lileikis@lajm.lt

Author's name, surname: Arnas Puzinas

Science degree and name: magistras

Workplace and position: Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla, ekspertas

Author's research interests: logistikos įmonės valdymas

Telephone and e-mail address: +370 6 520 8106, a.puzin@gmail.com

AUTHORS COVER LETTER

Author's name, surname: Saulius Lileikis

Science degree and name: Doctor of social sciences, associate professor

Workplace and position: Associate professor at Lithuanian Maritime Academy

Author's research interests: Marine hodegetics, seaport anthropology and management

Telephone and e-mail address: +370 6 520 8106, s.lileikis@lajm.lt

Author's name, surname: Arnas Puzinas

Science degree and name: Master degree

Workplace and position: Expert at Lithuanian Maritime Academy

Author's research interests: Management of a logistics company

Telephone and e-mail address: +370 6 520 8106, a.puzin@gmail.com

VARTOTOJŲ TEISĖS Į EKONOMINIŲ INTERESŲ APSAUGĄ UŽTIKRINIMO VEIKSMINGUMAS

Kęstutis Vitkauskas
Kauno technikos kolegija

Anotacija.

Vartotojų teisių apsauga įtvirtinta LR Konstitucijoje, todėl valstybė turi konstitucinę pareigą efektyviai ir veiksmingai jas saugoti. Šią pareigą valstybė įgyvendina, leisdama teisės aktus ir sukurdamą vartotojų teisių gynimo institucinę sistemą, organizuodama ir kontroliuodama institucijų veiklą.

Tyrimo tikslas - atskleisti, ar Lietuva, vykdydama savo konstitucinę pareigą ginti vartotojų teises, tinkamai pasirenka įgyvendinimo priemones, skirtas vartotojų interesams ginti. Straipsnyje buvo nagrinėjamas vartotojų *teisės* įsigyti saugias, tinkamos kokybės prekes, *teisės* į pažeistų teisių gynimą ir *teisės* į švietimą vartojimo srityje gynimo veiksmingumas.

Tyrimo rezultatai parodė, kad vartotojai Lietuvoje neturi pakankamai žinių kaip apsiginti pažeistas teises, nėra patenkinti vartotojų teises ginančių institucijų veikla, o institucijos nepakankamai sistemina ir analizuoja savo veiklos duomenis, taiko vartotojų poreikių neatitinkančias priemones,

Reikšminiai žodžiai: vartotojo teisės, ekonominiai interesai, vartotojų teisių apsauga.

Key words: consumer rights, economic interests, consumer protection.

Įvadas

Visuotinai pripažįstama, kad vartotojas - vienas iš svarbiausių rinkos dalyvių, jo interesai bei aktyvumas skatina ekonomikos augimą, stimuliuoja rinkos plėtrą, todėl vartotojų teisių apsauga - viena iš svarbiausių ES sričių ir prioritetinga kiekvienos valstybės ekonominės ir socialinės politikos dalis.

Vartotojų teisių apsaugos imperatyvas, įtvirtintas LR Konstitucijoje yra siejamas su sutarčių teisėje susiformavusia silpnesniosios sutarties šalies apsauga (Ambrazevičiūtė, 2012:15). Būtent šiuo pagrindu valstybė įgyja pareigą efektyviai ir veiksmingai saugoti vartotojų teises, nustatant atitiktus standartus į rinką patenkantiems produktams (paslaugoms), kontroliuojant, kaip šių nustatytų reikalavimų laikosi ūkio subjektai. Šią pareigą valstybė įgyvendina, leisdama teisės aktus ir sukurdamą vartotojų teisių gynimo priemones, suteikdama įgaliojimus valstybės institucijoms, organizuodama ir kontroliuodama priemonių įgyvendinimą.

Lietuvoje vartotojų teisių apsaugą reglamentuoja įvairūs teisės aktai, suderinti su ES direktyvomis: *LR Civilinis kodeksas* (toliau – CK), *LR Vartotojų teisių apsaugos įstatymas* (toliau – VTAĮ), *LR Nesąžiningos komercinės veiklos vartotojams draudimo įstatymas* (toliau – Draudimo įstatymas), *LR Reklamos įstatymas* (toliau – RĮ) ir kiti teisės aktai. VTAĮ įtvirtintos šios vartotojų teisės: 1) savo nuožiūra įsigyti ir naudoti prekes ir paslaugas (pasirinkti pardavėją, paslaugų teikėją); 2) įsigyti saugias, tinkamos kokybės prekes ar paslaugas; 3) gauti teisingą ir visapusišką informaciją valstybine kalba apie parduodamas prekes, teikiamas paslaugas; 4) gauti informaciją apie savo teisių įgyvendinimo ir gynimo tvarką; 5) į pažeistų teisių gynimą ir į turtinės ir neturtinės žalos (nuostolių) atlyginimą; 6) kreiptis dėl pažeistų teisių gynimo į ginčus nagrinėjančias institucijas ar teismą; 7) jungtis į vartotojų asociacijas; 8) į švietimą vartojimo srityje; 9) į ekonominių interesų apsaugą (VTAĮ 3 str.).

Teisinės bazės, institucijų veiklos bei vartotojų nuomonės tyrimai vartotojų teisių gynimo sferoje yra aktualūs kriterijai, vertinant ar Lietuvoje tinkamai įgyvendinama konstitucinė valstybės pareiga ginti vartotojų teises. Pažvelgus į valstybės pastangas teisėkūros priemonėmis užtikrinti vartotojų ekonominius interesus, skatinti vartotojų informuotumą bei motyvaciją ginti savo teises, pastebima intensyvi veikla: vartotojų teises užtikrina ir kontroliuoja beveik 100 institucijų, per metus vykdoma apie 10 000 švietimo priemonių ir pan. Vis dėlto apklausų rezultatai rodo, jog apie 50 proc. vartotojų nepakanka informacijos apie jų teises, 97 proc. gyventojų dėl pažeistų ekonominių interesų niekur nesikreipia (Tyrimas „Vartotojų teisės, 2021:4). Žiniasklaidoje, TV laidose dažnai pasirodo pranešimai apie vartotojų teisių pažeidimo atvejus. Pavyzdžiui, 2020 m. į Valstybinę vartotojų teisių apsaugos tarnybą (toliau -VVTAT) dėl galimų vartotojų teisių pažeidimų kreiptasi 34914 kartų, - dažniausiai dėl pramoninių prekių rinkos priežiūros, turizmo paslaugų arba bendros informacijos apie vartotojų teisių apsaugą klausimais. Dėl COVID -19 Lietuvoje paskelbus ekstremalią situaciją ir su ja susijusius apribojimus turizmo ir paslaugų sektoriuje (atšaukiami skrydžiai ir paslaugos, stabdomi renginiai ir kt.) šioje srityje pastebimai pagausėjo nusiskundimų dėl vartotojų teisių pažeidimo. Šios aplinkybės suponuoja probleminį klausimą, ar valstybė kintančioje socialinėje aplinkoje sugeba tinkamai ginti vartotojų ekonominius interesus.

Straipsnio *tikslas* – atskleisti, ar Lietuva, vykdydama savo konstitucinę pareigą ginti vartotojų teises, tinkamai pasirenka įgyvendinimo priemones, skirtas vartotojų interesams ginti.

Tiksliui įgyvendinti keliami *uždaviniai*: 1) atskleisti vartotojų teisių apsaugos sampratą socialinės valstybės principo kontekste; 2) išnagrinėti valstybės saugomos vartotojų teisės išgyti saugias, tinkamos kokybės prekes, teisės į į pažeistų teisių gynimą ne teismo tvarka ir teisės į švietimą vartojimo srityje veiksmingumas.

Lietuvos vartotojų teisių apsauga socialinės valstybės principo kontekste

LR Konstitucijoje (LRK 46 str. 1 d.) įtvirtintos asmens ūkinės laisvės ir iniciatyvos idėja atskleidžiama per sutarties laisvės principą (CK 6.156 str.), išreiškiantį civilinių teisinių santykių subjektų elgesio laisvę pasirinkti ir sudaryti geriausiai jų interesus atitinkančias sutartis. Tačiau praktikoje sutartinių teisinių santykių dalyvių padėtis dėl įvairių priežasčių (amžiaus, materialinės padėties, išsilavinimo, statuso skirtumų ir kt.) dažnai yra nelygiavertė. Lietuvos Aukščiausias Teismas (LAT) yra pažymėjęs, kad, „jeigu kuris nors šių santykių subjektas dominuoja kito atžvilgiu, gali kilti abejonių dėl sutarties šalių lygybės nustatant sutarties sąlygas, išskyrus atvejus, kai šios nustatytos imperatyviųjų teisės normų“ (LAT nutartis byloje Nr. 3K-3-579/2008). Tokiu atveju, siekiant apginti silpnesniosios sutarties šalies teises ir teisėtus interesus, minėtas principas gali būti valstybės ribojamas teisinio reguliavimo priemonėmis. Viena iš tokių priemonių - *vartotojų teisių apsaugos instituto* įtvirtinimas ir plėtojimas nacionalinėje teisėje. Instituto paskirtis - teisiniu reguliavimu saugoti silpnesniąją šalį ir įpareigoti pardavėją ar paslaugų teikėją atsižvelgti į vartotojo interesus. Taigi, vartotojo, kaip silpnesniosios sutarties šalies, teisėms ginti civilinėje teisėje susiformavo *silpnesniosios sutarties šalies apsaugos doktrina*, leidžianti valstybei įsikišti į verslo ir vartotojų sutartinius santykius ir, ribojant sutarties laisvės principą, nustatyti specialų vartojimo sutarčių teisinį reglamentavimą. LAT, pripažindamas teisinės diferenciacijos būtinybę šios srities teisiniuose santykiuose, pažymėjo, kad vartotojų teisių apsauga, būdama prioritetinga valstybės ekonominės ir socialinės politikos dalis bei konstitucinis valstybės ūkio valdymo principas, yra tiek civilinės, tiek ir viešosios teisės objektas, nes, nagrinėjant vartotojo teisių pažeidimą, problemos mastas gali paliesti ne tik asmens pažeistas teises, bet ir dalį visuomenės, o tai jau būtų viešasis interesas (LAT 2001 m. nutartis Nr. 3K-3-475).

Aukščiausiu lygmeniu vartotojo teisių apsaugos garantijos įtvirtintos LRK 46 str. 5 d., kuriame nustatyta, kad valstybė gina vartotojo interesus; ši konstitucinė nuostata yra vienas iš pamatinių Lietuvos ūkio tvarkymo principų, ji įgyvendinama per žemesnės galios teisės normų sistemą (LRK, 46 str. 5d). Ši konstitucinė norma išvedama iš Lietuvos socialinės valstybės principo, deklaruojančio vartotojų teisių gynimą dalimi valstybės socialinės politikos, kurios įgyvendinimą konstituciškai įpareigota užtikrinti valstybė (Ravluševičius, 2007:49). Socialinės valstybės sąvoka Konstitucijoje nėra apibrėžta *ex verbis*, tačiau konstitucinis socialinės valstybės principas konkretizuojamas per konstitucines normas, teismų praktiką bei valstybės socialinės politikos uždavinius ir tokiu būdu įtvirtina valstybės įsipareigojimus ginti žmonių ekonomines, socialines teises bei garantijas (Kūrys, 2002: 266-267). Konstitucinis Teismas, atskleisdamas socialinės valstybės principo turinį yra konstatavęs, kad „pagal Konstituciją Lietuvos valstybė yra socialiai orientuota, jos kiekvienas pilietis turi teisę į socialinę apsaugą [...] socialinės apsaugos priemonės išreiškia visuomenės solidarumo idėją, padeda asmeniui apsisaugoti nuo galimų socialinių rizikų. Taip socialinės valstybės principas pripažįstamas konstitucine vertybe (KT nutartis byloje Nr.9/02).

Apibendrintai galima teigti, kad socialinės valstybės paskirtis – teisiniu reguliavimu bei teismų praktika apsaugoti vartotojus nuo išnaudojimo rinkos ekonomikos sąlygomis užtikrinant šiai grupei specialų teisinį režimą. Taigi, valstybė, vykdydama konstitucinę pareigą ginti vartotojų teises, įsipareigoja užtikrinti VTAĮ įtvirtintas vartotojų teises: 1) teisę į ekonominių interesų apsaugą, 2) teisę į pažeistų teisių gynimą ir patirtų nuostolių atlyginimą, 3) teisę gauti išsamią informaciją apie savo teisių įgyvendinimą ir gynimą. Minėtos vartotojų teisės įgyvendinamos per atitinkamo teisinio reguliavimo ir institucinės sistemos sukūrimą.

Vartotojų teisių apsaugos užtikrinimo teisinės prielaidos Lietuvoje

Lietuvos vartotojų nacionalinę teisę iš esmės sudaro perkelta Europos Sąjungos (ES) vartotojų teisė. Lietuvai tapus ES nare nacionalinė teisė turi būti aiškinama taip, kad neprieštarautų ES teisei ir Europos Teisingumo Teismui (ETT) formuojamai praktikai. Siekiant suderinti valstybių narių nacionalinių teisės aktų nuostatas vartotojų teisių apsaugos srityje bei tokiu būdu padidinti vartotojų teisių apsaugos lygį, Bendrijos lygmeniu priimami antrinės teisės aktai – reglamentai ir direktyvos, kuriomis dažniausiai ir reglamentuojami vartotojų apsaugos klausimai. ES įtaka LR vartotojų teisių apsaugos politikai pasireiškia kaip nenutrūkstamas procesas, kadangi Bendrijos priimamuose direktyvose vartotojų teisių sampratos turinys plečiamas įtraukiant vis naujus šių teisių apsaugos aspektus. Pavyzdžiui, 2006 m. EB Reglamentu buvo

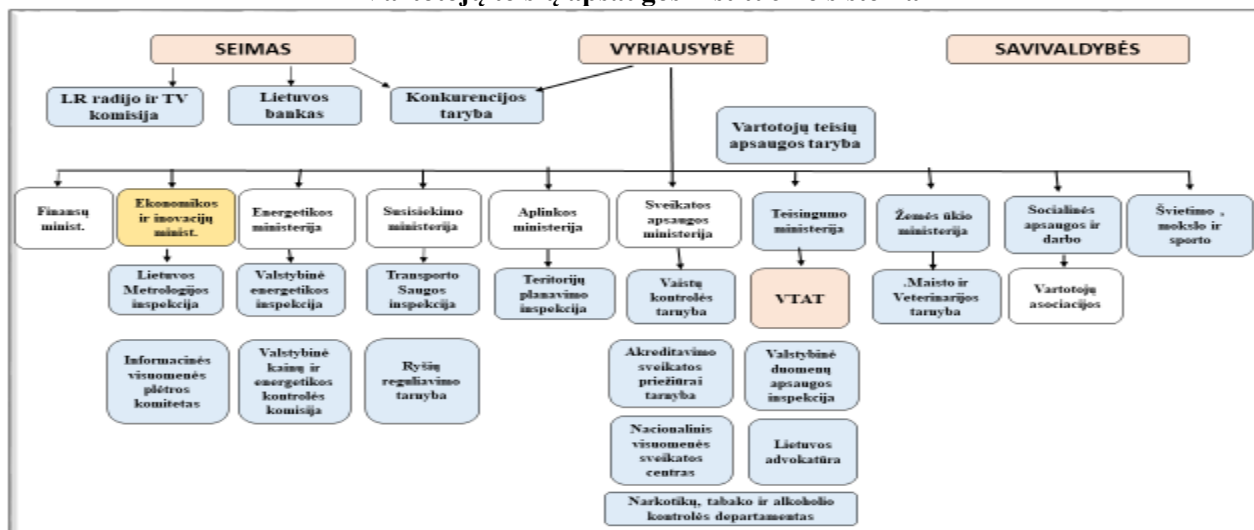
nustatytos tarpusavio bendradarbiavimo sąlygos valstybių narių kompetentingoms institucijoms, ginančios vartotojų interesus (Reglamentas Nr. 2006/2004/EB:1-11), 2019 m. ES *direktyva* valstybės narės buvo įpareigotos taikyti veiksmingas sankcijas už vartotojų teisių pažeidimus, buvo nustatyti papildomi informacijos reikalavimai ir sugriežtinta verslininkų atsakomybė (Direktyva 2019/2161/ES OL L 328). Vartotojų teisėms aktuali yra *Europos žaliojo kurso strategija*, kurios tikslas iki 2050 m. Europoje neutralizuoti neigiamą ūkio veiklos poveikį klimatui. Dokumente akcentuojamos vartotojų teisių gynėjų įvardijamos probleminės sritys: prekių ir paslaugų tvarumo didinimas, taršos problemų sprendimas, cheminių medžiagų ribojimas maisto produktuose ir vartojimo prekėse ir kt.. (Tyrimas „Vartotojo teisės“, 2019: 7). ES suteikia valstybėms narėms teisę savo nuožiūra parinkti pakankamas ir veiksmingas priemones, kaip apsaugoti vartotojus nuo nesąžiningos komercinės veiklos ir vartojimo sutarčių nesąžiningų sąlygų.

Lietuvoje vartotojų teisės įstatyminiu lygmeniu pradėtos formuoti 1994 m. priėmus *LR vartotojų teisių gynimo įstatymą*, (2007 m. nauja redakcija įstatymo pavadinimas pakeistas į VTAĮ), kuris apibrėžė iš vartojimo sutarčių kylančius teisinius vartotojų ir verslo atstovų santykius, nustatė vartotojų teisių apsaugos institucinę sistemą, vartotojų švietimą, jų teisių gynimo ne teisme tvarką ir atsakomybę už šių teisių pažeidimus. Vartotojų interesus komercinėje veikloje reglamentuoja CK, kuriame detalizuojamos nesąžiningos vartojimo sutarties sąlygos, įtvirtinta vartotojo teisė teismine tvarka reikalauti pripažinti tokias sutartis negaliojančiomis (CK, 2000: 6.228⁴ str.), *Draudimo įstatymas*, draudžiantis nesąžiningą komercinę veiklą, kuri neatitinka profesinio atidumo reikalavimų ir gali iš esmės iškreipti vartotojo ekonominę elgesį siūlomo produkto atžvilgiu (Nesąžiningos, 2008: 3 str.1d.). Už nesąžiningą komercinę veiklą įstatymas verslo subjektams numato baudą iki 3 proc. jų metinių pajamų praėjusiais finansiniais metais (bet ne didesnę negu 100000 Eur.), pakartotinai per vienus metus padariusiems pažeidimą - baudą iki 6 proc. jų metinių pajamų, bet ne didesnę negu 200000 Eur. (Draudimo įstatymas, 2008:13 str. 1d.).

Vartotojų teisių apsaugai užtikrinti sukurta institucinė sistema, kurią sudaro valstybės ir savivaldybių įstaigos bei vartotojų asociacijos (1 lentelė). *Vyriausybė* tvirtina priemones nacionalinėse plėtros programose, steigia Valstybinę vartotojų teisių apsaugos tarnybą (toliau- VVTAT) ir tvirtina jos nuostatus; įgalioja valstybės įstaigas tvirtinti atskirų paslaugų rūšių teikimo taisykles

1 lentelė

Vartotojų teisių apsaugos institucinė sistema



Šaltinis: Valstybinio audito ataskaita: Ar užtikrinama vartotojų teisių apsauga? Nr. VA-4 (2019), p. 49

Formuoti vartotojų teisių apsaugos politiką pavesta *Teisingumo ministerijai*. Šią politiką koordinuoja ir kartu su kitomis valstybės ir savivaldybių institucijomis bei vartotojų asociacijomis įgyvendina prie ministerijos įsteigta *Valstybinė vartotojų teisių apsaugos tarnyba* (toliau-VVTA). Vartotojų teisių apsaugą padeda užtikrinti ir 13 Lietuvoje veikiančių *Vartotojų asociacijų*, veiklai ir vykdomiems projektams gaunančių valstybės finansinę paramą (jei atitinka VTAĮ 13¹ str. 2 dalyje nustatytus reikalavimus, pvz. yra registruotos Juridinių asmenų registre, steigimo dokumente nurodytas veiklos tikslas ir kt.). Asociacijos atstovauja vartotojus ginčiuose ne teismine tvarka, įgyvendina informavimo ir konsultavimo programas, gina vartotojų ekonominius interesus valstybės ir savivaldybių institucijose. Iš viso Lietuvoje vartotojų teisių apsaugos politiką įgyvendina apie 100 institucijų: 10 ministerijų, 17 valstybės institucijų, savivaldybės ir 13 vartotojų asociacijų (Valstybės auditas, 2019: 12). Atskirose šios veiklos srityse dirba skirtingas institucijų

skaičius, pavyzdžiui, ekonominių interesų apsaugos srityje dirba 3 institucijos, vartojimo ginčų ne teismo tvarka - 6 institucijos, o vartotojų švietimą įgyvendina net 20 institucijų įskaitant ir visas savivaldybes ir vartotojų asociacijas (2 lentelė).

2 lentelė

Vartotojų teisių apsaugą vykdančių institucijų veikla pagal joms priskirtas veiklos sritis.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal VTAĮ ir Valstybės kontrolės 2019 m. audito ataskaitą

Lietuva, ES pavyzdžiu tobulindama įstatyminę bazę ir institucijų veiklą, siekia sukurti modernią ir efektyvią vartotojų teisių apsaugos sistemą. Pavyzdžiui, 2016 m. įtvirtinus ginčus nagrinėjančios institucijos sprendimų privalomumą (iki tol tokie sprendimai buvo tik rekomendaciniai), atsirado palankesnės sąlygos ginčus spręsti neteisimine tvarka (VTAĮ). 2019 m. *Draudimo įstatymo* pataisoms bei sugriežtinus *Produktų saugos įstatymo* nuostatas, gerokai padidintos maksimalios baudos už nesąžiningą komercinę veiklą ir už nesaugių produktų patekimą į rinką. (Tyrimas „Vartotojų teisės, 2019: 8). 2019 m. VVTAT suteikti nauji kontrolinių (slapto pirkėjo) pirkimų ir priegos prie interneto svetainių blokavimo įgaliojimai, numatyta daugiau galimybių ginti vartotojų kolektyvinius interesus ES mastu (VTAĮ, 2019: 49 str.). 2022 m. įsigaliojusiais CK pakeitimais siekiama detaliau reglamentuoti prekybos reikalavimus, susijusius su vartojimo sutarčių sudarymu, suvienodinti esmines vartojimo sutarčių teisės normas visose ES valstybėse narėse (CK: TAR (2021-07-14, Nr. 15844). Taip pat 2022 m. priimti VTAĮ pakeitimai, tikimasi, skatins verslo subjektus atsakingiau rengti vartojimo sutartis ir spręsti ginčus su vartotojais, nes už nesąžiningų sutarčių sąlygų naudojimą vartojimo sutartyse numatytos baudos (VTAĮ: TAR (2021-10-08, Nr. 21217).

2020 m. kilus COVID -19 pandemijai valstybė susidūrė su nauju iššūkiu – mažinti ekstremalios situacijos sukeltus neigiamus padarinių vartotojams. Tuo tikslu Teisingumo ministerijos iniciatyva buvo priimtas LR COVID-19 (koronaviruso infekcijos) paskelbto karantino sukeltų pasekmių poveikio vartojimo sutarčių dėl renginių organizavimo paslaugų teikimo vykdymui įstatymas skirtas reguliuoti vartojimo sutarčių dėl sporto bei kultūros renginių vykdymą, kai teikti tokias paslaugas yra neįmanoma arba sunkiau dėl karantino metu nustatytų ribojimų (COVID -19, 2020). Ekonomikos ir inovacijų ministerija, siekdama sureguliuoti gausėjančius turistinių kelionių organizatorių ir vartotojų konfliktus dėl žalos atlyginimo neįvykus kelionei, parengė CK 6.750 ir 6.751 straipsnių ir LR Turizmo įstatymo pakeitimus. VVTAT, reaguodama į ekstremalią situaciją, daugiau dėmesio skyrė prevencinei, o ne sankcijų taikymo funkcijai: per 2020 m. pateikė 623 rekomendacijas reklaminės bei komercinės veiklos subjektams, pradėjo įgyvendinti prekių, pasižymintį tariamai prevenciniu poveikiu nuo COVID-19, tikrinimo programą, kurios tikslas apsaugoti vartotojus nuo nesaugių ir sveikatai pavojingų prekių (Vartotojų apsaugos, 2020:6-7).

Taigi, stebint Lietuvos nuosekliai vykdomą teisinės bazės ir institucinės sistemos optimizavimą, atrodo, jog valstybė savo konstitucinę pareigą – užtikrinti vartotojų teisių apsaugą – įgyvendina panaudodama visas tam reikalingas priemones, tačiau, kai kurie institucijų pasirinkti teisėkūros ir teisės normų įgyvendinimo būdai gali būti įvardyti kaip priežastys, ribojančios valstybės pastangas sukurti efektyvią, nacionalinį koloritą atitinkančią teisės sistemą.

Viena iš tokių priežasčių - ES direktyvų „adaptavimo“ nacionalinėje teisėje praktika. Kadangi ES direktyvos yra privalomos tik siekiamo rezultato atžvilgiu ir nėra taikomos tiesiogiai, valstybės narės pačios pasirenka jų perkėlimo į nacionalinę teisę būdus. Tačiau šiame procese Lietuvos teisėkūrai trūksta nuoseklumo ir sistemiskumo: valstybės institucijos neatlieka teisinio reguliavimo analizės, todėl dažniausiai ES direktyvos į nacionalinę teisę perkeliamos tiesiogiai, neatsižvelgiant į nacionalinius ypatumus.

Visų Lietuvos vartotojų teisių apsaugą užtikrinti vienodomis priemonėmis trukdo VTAĮ įtvirtinta vartotojo sąvokos formuluotė, pagal kurią švietimo ir socialinėms paslaugoms, finansuojamoms iš valstybės ir savivaldybių biudžetų lėšų, asmens ir visuomenės sveikatos priežiūros paslaugoms VTAĮ nuostatos netaikomos (VTAĮ, 1994: 1str. 3d.). Toks reguliavimas vertintinas kaip valstybės nenoras visų vartotojų teisių pripažinti vienodai reikšmingomis. Pavyzdžiui, privačių mokyklų ar universitetų paslaugas gaunantys asmenys laikomi vartotojais, o analogiškų biudžetinių įstaigų – jau ne. Tokia paslaugas gaunančių asmenų diferenciacija atskleidžia vartotojų teisių apsaugos teisinio reguliavimo ydingumą ir yra piliečių teisinė diskriminacija

Siekiant veiksmingiau užtikrinti vartotojų teisių apsaugą, tikslinga pagrindines teises įtvirtinti įstatyminėmis normomis, nes vartotojo teisių reglamentavimas žemesnės juridinės galios aktais gali sudaryti prielaidas šių teisių siaurinimui bei verslo ir vartotojų interesų pusiausvyros pažeidimui. Pavyzdžiui, pagal CK 6.362 str., jeigu prekė yra tinkamos kokybės, pirkėjas turi teisę per 14 dienų ją pakeisti arba atgauti už ją sumokėtus pinigus. 2014 m. minėtas straipsnis buvo papildytas 4 punktu, pagal kurį Vyriausybė įgijo teisę nustatyti nekeičiamų ir negražinamų daiktų sąrašą. Tais pačiais metais Vyriausybė „*Mažmeninės prekybos taisyklėse*“ nustatė negražinamų prekių sąrašą (elektrotechnika, žaislai, baldai, kosmetika, knygos, apatiniai drabužiai ir kt.), į kurį patenkančios prekės, būdamos tinkamos kokybės, gali būti gražinamos *tik pardavėjui sutikus* (Mažmeninės, 2014:17 str.). Tokiu būdu, pirmiausiai, buvo sukurtas precedentas poįstatyminiu teisės aktu plėsti sąrašą, įtraukiant naujas prekes (tuo pačiu siaurinant vartotojo teisę gražinti pirkinį), antra, pardavėjui suteikta absoliuti diskrecija nuspręsti priimti prekę išvartotojo, ar ne (jokiomis teisės normomis pardavėjo sprendimas neregamentuojamas), trečia, pardavėjas nėra teisiškai įpareigotas informuoti vartotoją, ar jo perkama prekė yra įtraukta į minėtą sąrašą, todėl vartotojui lūkesčiai, susiję su galimybe gražinti netikusią prekę, gali būti neįgyvendinti, ketvirta, vartotojui praktiškai nesuteikiamas juridinis pagrindas šioje situacijoje ginčyti pardavėjo sprendimo. Taigi, manytina, kad toks teisėkūros būdas šiuo atveju labiau naudingas verslui, ką patvirtina VVTAT gaunamas didelis skaičius vartotojų skundų dėl prekių gražinimo.

Teisėkūros pagrindų įstatyme įtvirtintas teisėkūros subjektui reikalavimas prieš nustatant naują ar iš esmės keičiant esamą teisinį reguliavimą argumentuotai pagrįsti numatomo reguliavimo koncepciją, įvertinant galimą jo poveikį asmenims ar jų grupėms, kuriems šis reguliavimas bus taikomas. To nepadarius, normos veikimas gali tapti formaliu ir neduoti norimo efekto. Normos veiksmingumo požiūriu kelia abejonių 2021 m. priimtos *Mažmeninės prekybos taisyklių* nuostatos, nurodančios, kad gražinant prekes pardavėjui nebūtina pateikti rašytinį prašymą, vartotojo prašymas gali būti teikiamas žodžiu arba raštu (Vyriausybės, 2021: Nr. 697). Tačiau pardavėjui neatsakius į žodinį vartotojo kreipimąsi jokių teisinių pasekmių jam dėl to nekils ir vartotojas, norėdamas apginti savo teises, turės savo prašymą pakartoti raštu, nes to reikalaujama kreipiantis į vartojimo ginčus nagrinėjančias institucijas. Taigi, iš esmės naujasis reguliavimas negarantuoja vartotojui greitesnio ginčo sprendimo būdo, bet, atvirkščiai, šį procesą gali prailginti.

Vartotojų teises gali siaurinti vartotojų teisių apsaugos ir reklamos teisinio reguliavimo tarpusavio integralumo stoka, pasireiškianti įstaigų vidinių dokumentų ir įstatymų neatitikimu arba skirtingu jų taikymu. Pavyzdžiui, vartotojai dažnai skundžiasi negalintys gauti realaus žalos atlyginimo dydžio dėl nekokybiškai suteiktų Lietuvos pašto paslaugų. Problemos esmė ta, kad Lietuvos pašto tinklalapyje nurodyta, kad „LP Express paslaugoms įskaičiuota draudimo vertė iki 500 eurų, o sumokėjus papildomai – iki 1200 eurų“, tačiau dingus siuntai, Lietuvos paštas, sprenddamas žalos atlyginimo klausimą, vadovaujasi papildomomis tokiai kompensacijai taikomomis sąlygomis (kompensuojamos tik siuntos, perduotos kurjeriui arba paliktos pašte, ir siunčiamos tik šalies viduje), kurios nėra nurodytos tinklalapyje. Taip pat LP vidiniuose dokumentuose nėra apibrėžta, kokiais kriterijais nustatoma reali žalos vertė, kadangi 500 eurų yra maksimali vertė, kuri konkretizuojama kiekvienu atveju atskirai. Nesuderinti ir skirtingai traktuojami teisės aktai pažeidžia vartotojų teises bei riboja pažeistų teisių gynimo galimybes.

Vartotojų ekonominių interesų apsaugos užtikrinimo veiksmingumas

Realus vartotojų teisių užtikrinimas pasimato išsiaiškinus, kiek gyventojai atpažįsta galiojančioje teisėje ir institucijų veikloje savo interesus ir valdžios pastangas tuos interesus ginti. Kitaip tariant, žmonių jausmai, išgyvenimai, kuriuos jie patiria tiesiogiai susidurdami su valstybės teisine ir institucine sistema, ginančia ar siaurinančia jų teises yra pagrindinis kriterijus, vartotojų teisių užtikrinimo efektyvumą.

Teisės įsigyti saugias, tinkamos kokybės prekes ar paslaugas užtikrinimas. Gyventojų asmeninė patirtis sutartiniuose teisiniuose santykiuose, skundai dėl pažeistų ekonominių interesų, pasitikėjimas vartotojų teises ginančiomis institucijomis, informacijos apie vartotojo teises prieinamumas – tai pagrindiniai kriterijai, leidžiantys įvertinti valstybės pasirengimą ginti šią konstitucinę piliečių teisę.

Remiantis VVTAT užsakymu nuo 2003 m. kasmet atliekamos reprezentatyvios gyventojų apklausos „Vartotojų teisės“ rezultatais, asmenų, kurių vartotojų teisės vienaip ar kitaip buvo pažeistos, skaičius pastarąjį dešimtmetį iš esmės nemažėja, o pastaraisiais metais net linkęs didėti (3 lentelė).

3 lentelė.

Lietuvos gyventojų asmeninė patirtis vartotojo teisių pažeidimo ir nesąžiningos komercinės veiklos srityse.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Asmenų, kurių vartotojų teisės metų bėgyje buvo pažeistos (proc.)</i>	32%	-	25%	17%	25%	16%	-	10%	18%	22%	22%
<i>Teko įsigyti nekokybišką prekę (metų bėgyje)</i>	39%	38%	35%	35%	29%	24%	24%	23%	24%	32%	34%
<i>Buvo suteikta metų bėgyje nekokybiška paslauga</i>	26%	23%	19%	22%	22%	16%	16%	15%	15%	17%	21%
<i>Teko susidurti su nesąžininga komercine veikla (metų bėgyje)</i>	21%	22%	15%	18%	14%	21%	-	12%	21%	29%	31%

Šaltinis: Lietuvos gyventojų apklausa „Vartotojų teisės“ 2008-2020 m.

Atkreiptinas dėmesys, kad augant gyventojų, įsigijusių nekokybiškų prekių ar paslaugų, skaičiui, didėja atvejų, kai vartotojai metų eigoje su šia problema susiduria po keletą kartų, pavyzdžiui, jei 2020 m. nekokybiškas prekes kelis kartus įsigijo 11 proc. vartotojų, tai 2021 m. - 14 proc. Nekokybiškas paslaugas kelis kartus per metus 2020 m. buvo gavę 4 proc. gyventojų, o 2021 m. – jau 8 proc. (Tyrimas „Vartotojų teisės“, 2021: 12). Lyginant su kitomis valstybėmis, tai Lietuvos vartotojai dažniau nei ES susiduria su verslo atstovų nesąžiningumu, pavyzdžiui, 2016 m. su nesąžininga komercine veikla susidūrė 21 proc. Lietuvos vartotojų (ES vidurkis – 17 proc.), o su vartojimo sutarčių nesąžiningomis sąlygomis – 10 proc. vartotojų (ES vidurkis – 9 proc.)

Dėl galimai pažeistų vartotojų teisių atsakingoms už vartotojų teisių apsaugą institucijoms Lietuvos gyventojai 2020 m. raštu pateikė 14582 skundus ir prašymus, iš kurių 9928 buvo adresuoti VVTAT. Jau eilę metų dažniausiai skundžiamasi dėl nekokybiškų vartojimo prekių (46 -50 proc.), tačiau KOVID -19 pandemijos metu ženkliai išaugo nusiskundimų laisvalaikio paslaugų sektoriuje. Pavyzdžiui, jei 2017 - 2019 metais tokie skundai sudarė apie 5 proc. visų kreipimūsi, tai 2020 m. - jau 15 proc. (Vartotojų teisių apsaugos būklės, 2020: 9). Tokia situacija susiklostė Vyriausybei karantino metu įvedus apribojimus dėl kurių buvo suvaržytos arba atšauktos laisvalaikio paslaugos: kelionės, renginiai, sporto klubų veikla ir pan. Kita vertus, vartotojų nepasitenkinimą galimai sukėlė ir *Ekonomikos ir inovacijų ministerijos* inicijuoti CK 6.750 ir 6.751 straipsnių ir *Turizmo įstatymo* pakeitimai, kuriais kelionių organizatorių ir vartotojų konfliktas dėl žalos atlyginimo neįvykus kelionei buvo sprendžiamas pagrįdę atsižvelgiant tik į verslo interesus.

Vartotojų teisių pažeidimo kontekste svarbus yra gautų skundų legitimizavimo faktorius: institucija, patvirtindama skundo pagrįstumą, pripažįsta ir problemos egzistavimą vartotojų teisių apsaugos srityje. Pastebėtina, kad skundų pripažinimas pagrįstais atskirose institucijose labai skiriasi Pavyzdžiui, *Lietuvos bankas* iš gautų skundų dėl mokesčių taikymo (mokesčiu už nenaudojamą sąskaitą, paslaugų mokesčių didinimą, mokesčiu už pervedimus ir kt.), netinkamo kreditingumo įvertinimo ar atsisakymo skolinti pinigus, kasmet tik apie 2 proc. pripažįsta pagrįstais (4 lentelė).

4 lentelė

Valstybės institucijoms 2020 m. pateiktų skundų ir iš jų pripažintų pagrįstais skaičius

<i>Institucija</i>	<i>Gautas skundų skaičius</i>	<i>Pripažinta skundų pagrįstais</i>
VVTAT	9928	8646 87 proc.
Valstybinė maisto ir veterinarijos tarnyba	1937	500 26 proc.
Lietuvos bankas	1146	27 2 proc.
Valstybinė energetikos reguliavimo taryba	645	116 18 proc.
LR Ryšių reguliavimo tarnyba	608	10 2 proc.
Lietuvos transporto saugos administracija	317	154 49 proc.
Nacionalinis visuomenės sveikatos centras	221	73 33 proc.
Valstybinė duomenų apsaugos inspekcija	123	28 23 proc.
Narkotikų, tabako ir alkoholio kontrolės departamentas	99	49 49,5 proc.
Lietuvos metrologijos inspekcija	34	12 35 proc.
Valstybinė akreditavimo sveikatos priežiūros veiklai tarnyba	21	10 48 proc.

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal *Vartotojų teisių apsaugos būklės bei veiklos vartotojų teisių apsaugos srityje 2020 m. apžvalgą*

Ryšių reguliavimo tarnyba, gaunanti skundus paslaugų elektroninių ryšių srityje (paslaugų kokybė, žalos atlyginimo, kainų ir tarifų ir kt.) pagrįstais pripažįsta taip pat apie 2 proc. gautų skundų (Vartotojų teisių apsaugos būklės, 2020: 11 -18). Dažniausiai atsisakymą pripažinti skundo pagrįstumą įstaigos argumentuoja teisiniu reglamentavimu, užsienio valstybių praktika (pavyzdžiui, nustatant paslaugų įkainius,

baudų dydžius), „pensijų reformos sudėtingumu ir dažno jos sąlygų keitimu“, netinkamu skundo pateikimu, t. y. kai kreipiamasi pavėluotai, ne į tą instituciją, vartotojo „neįsigilinimu ar aplaidumu“ ir kt. (Vartotojų teisių apsaugos būklės, 2020:10 -15). Tokie argumentai, kaip „esamas įstatymas ar tokia tvarka“, vartotojo nekompetencija ir pan., autoriaus nuomone, rodo tam tikras teisinių prielaidų ar taikomų priemonių vartotojams apsaugoti nuo nesąžiningos komercinės veiklos veiksmingumo problemas.

Teisės į pažeistų teisių gynimą ne teismo tvarka užtikrinimas. Tinkamai funkcionuojanti vartojimo ginčų nagrinėjimo alternatyviu ginčo sprendimo būdu (AGS), t. y. ne teisme tvarka, sistema operatyviau gina pažeistas vartotojų teises bei mažina teismų darbo krūvį. Dėl to svarbu, kad valstybės plėtotų šios sistemos veiksmingumą, tobulindama AGS būdu sprendžiamų ginčų procedūras.

Lietuvoje, įgyvendinant *ES direktyvos* nuostatas (Direktyva, 2013: 8 str.), vartojimo ginčus AGS tvarka nagrinėti pavesta 5 institucijoms (2 lentelė), iš kurių 4 institucijos nagrinėja ginčus pagal sektorius joms priskirtose veiklos srityse, o VVTAT – visose kitose vartotojų teisių apsaugos srityse (5 lentelė).

5 lentelė

Institucijų ne teismo keliu 2020 m. išnagrinėtų bylų skaičius ir vartotojų naudai priimti sprendimai



Šaltinis: sudaryta autoriaus

VVTAT, spręsdama ginčus vartojimo prekių srityje (64 proc.), ypač dėl elektrotechnikos prekių, laisvalaikio ir poilsio srityje (18 proc.), 2020 m. priėmė 2560 sprendimų, iš kurių 45 proc. buvo priimti vartotojų naudai. Lietuvos bankas, spręsdamas ginčus, susijusius su ne gyvybės draudimu (56,7 proc.), mokėjimo paslaugomis (15,4 proc.), kreditavimo paslaugomis (5,28 proc.), atmetė net 89 proc. vartotojų reikalavimų. Tokia situacija verčia abejoti apie bankų teikiamų paslaugų priimtinumu vartotojams, kurie realiai gali negalėti šių paslaugų atsisakyti, kadangi įstatymai, pavyzdžiui, įpareigodami darbo užmokestį mokėti tik per bankus praktiškai vartotoją „priiškia“ prie banko. Tokiu būdu pažeidžiama vartotojo teisė savo nuožiūra įsigyti paslaugas, kas reikštų ir teisę tokių paslaugų apskritai nepriimti.

AGS sistemos veiksmingumą galima vertinti pagal vartojimo ginčams nagrinėti skirtus terminus ir jų laikymąsi. Optimalus ginčo nagrinėjimo laikas didina vartotojų pasitikėjimą institucijomis, motyvuoja jį aktyviau ginti savo teises, taip pat atspindi šio instituto teisinio reguliavimo bei institucijų veiklos efektyvumą. Lietuvoje vartojimo ginčas turi būti išnagrinėtas ir dėl jo priimtas sprendimas ne vėliau kaip per 90 dienų, skaičiuojant nuo institucijai dokumentų pateikimo dienos (VTAĮ, 22 (5) str. 1 d., 5 p.). Tai yra maksimalus terminas, kurį valstybėms narėms leido nustatyti *Direktyvos 2013/11/ES* reikalavimai. Pavyzdžiui, Vokietijos, Estijos, Nyderlandų ir kai kurių kitų valstybių nacionalinėje teisėje šis terminas yra 60 dienų, Lenkijoje - 50 dienų. Beje, Lietuvoje maksimalus terminas „dėl pagrįstų priežasčių“ dar gali būti pratęstas iki 30 dienų, tačiau jokiuose teisės aktuose šias priežastis lemiančios aplinkybės nėra atskleistos, todėl praktikoje institucijos ne retai 90 dienų terminą pratęsia, nenurodydamos pratesimo priežasčių. Pavyzdžiui, 2016 - 2018 m. keturiose ginčus nagrinėjančiose institucijose per ilgesnį nei 90 dienų terminą buvo išnagrinėta 8 proc. bylų, VVTAT - toks bylų skaičius siekė iki 44 proc. (Valstybės audito, 2019: 25). Žinant, kad VVTAT tenka apie 70 proc. visų bylų, toks tarnyboje terminų pratęsimo mastas negali likti

nepastebėtas. Terminų nesilaikymą VVTAT gali lemti tokie veiksniai, kaip nepakankami žmogiškieji išteklių, pavyzdžiui, esant akivaizdžiai besikreipiančiųjų į VVTAT vartotojų skaičiaus didėjimo tendencijai (2020 m., lyginant su 2016 m., vartotojų prašymų skaičius išaugo 51 proc., t. y. nuo 3076 iki 5919), tarnybos darbuotojų per tą laikotarpį sumažėjo apie 15 proc., todėl didėjo darbo krūvis dirbantiesiems ir ilgėjo ginčų nagrinėjimo laikas. Darbuotojų kompetencijos trūkumas, verčiantis kreiptis pagalbos į kitas institucijas, taip pat prisideda prie ginčo sprendimo trukmės. VVTAT veiklos ataskaitose pažymėta, kad institucijos darbuotojams labiausiai trūksta žinių sprendžiant ginčus dėl automobilių remonto ir techninės priežiūros paslaugų, nekilnojamojo turto įsigijimo, statybos ar remonto paslaugų, kurių tyrimas kasmet vidutiniškai sudaro 9 -11 proc. visų išnagrinėtų ginčų. (Valstybės audito, 2019: 27).

Vartotojų galimybes apginti teises AGS būdu riboja pasitaikančios teisinio reguliavimo spragos. VTAĮ 28 str. 1d. nustatyta, kad vartojimo ginčus nagrinėjančios institucijos sprendimas įsigalioja ir yra privalomas vykdyti, jeigu nė viena ginčo šalis per 30 dienų nuo sprendimo priėmimo nesikreipia į teismą, prašydama nagrinėti ginčą iš esmės. Tačiau Lietuvos banko įstatyme nustatytos kitokios institucijos sprendimų vykdymo taisyklės: jo sprendimas dėl ginčo esmės yra rekomendacinio pobūdžio ir teismui neskundžiamas. Bankui pavesta tik interneto svetainėje skelbti informaciją apie subjektus, nevykdančius Lietuvos banko sprendimų (LBĮ: 46 str. 5 d.). Skirtinga institucijų priimamų sprendimų teisinė galia reiškia, kad vartotojas, verslo atstovui neįvykdžius rekomendacinio pobūdžio sprendimo, neturi galimybės kreiptis į antstolį dėl priverstinio sprendimo vykdymo, tokiu būdu vartotojo teisės lieka neapgintos. Pavyzdžiui, 2015 - 2018 metais buvo neįvykdyta 16 proc. Lietuvos banko sprendimų, kuriuose buvo patenkinti vartotojų reikalavimai (Valstybės audito, 2019: 31). Atsižvelgiant į tai tikslinga būtų Lietuvos bankui nustatyti privalomą sprendimų, priimtų nagrinėjant vartojimo ginčus, teisinę galią.

ES *Direktyvoje 2013/11/ES* nustatyta, kad valstybės turi užtikrinti, jog AGS procedūra vartotojams būtų nemokama arba prieinama už nominalų mokestį, todėl Lietuva, tiesiogiai perkeldama direktyvos nuostatą į nacionalinę teisę, nustatė nemokamą vartojimo ginčų nagrinėjimo tvarką (kitos valstybės šį teisinį santykį reguliuoja gana įvairiai). Tokia tvarka neskatinoma verslo atstovų geranoriškai patenkinti vartotojų teisėtus reikalavimus, kol jie nesikreipdavo į ginčus nagrinėjančias institucijas, o institucijoms didino ginčų nagrinėjimo išlaidų kaštus. Sprendžiant šią problemą 2021 m. įstatymu įtvirtinta pardavėjo ar paslaugų teikėjo pareiga atlyginti ginčo nagrinėjimo išlaidas ginčą išnagrinėjusiai institucijai, priėmusiai sprendimą vartotojo naudai. Vartotojui atlyginti minėtas išlaidas pareigos nėra (VTAĮ, 1994: 27 str. 6 d.).

Vartotojų teisės į pažeistų teisių gynimą ne teismo tvarka užtikrinimo veiksmingumą išreiškia vartotojų pasitikėjimas šia sistema ir pasirengimas pasinaudoti jos suteikiamomis galimybėmis. Pasitikėjimą institucijomis didina pakankamas informuotumas apie jų teikiamas paslaugas. Tačiau, vartotojų apklausos rodo, kad Lietuvos gyventojų informuotumas apie galimybę ginti vartotojo teises AGS būdu nėra pakankamas ir, svarbiausiai, per pastarąjį dešimtmetį praktiškai nesikeičia (6 lentelė).

6 lentelė

Lietuvos vartotojų informuotumo kaita apie AGS sistemą 2011 -2020 m. m.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2018	2019	2020	2021
Žino apie AGS galimybes spręsti ginčus	28%	31%	34%	33%	39%	23%	20%	22%	26%	26%
Nežino apie AGS galimybes spręsti ginčus	58%	56%	49%	44%	41%	55%	57%	56%	58%	56%
Nesidomi	14%	13%	17%	23%	21%	22%	23%	22%	16%	17%

Šaltinis: Vartotojų teisės. Reprezentatyvi Lietuvos gyventojų apklausa (2020 m.). Vilmorus., p.32.

Tai, kad daugiau kaip pusė vartotojų nėra susipažinę su AGS sistemos procedūromis ir galimybėmis, leidžia įtarti valstybės institucijų vykdomoje vartotojų švietimo politikoje esant rimtų trūkumų. Pastebėtina, kad aukštąjį išsilavinimą turintys vartotojai dažniau žino apie galimybes ginti pažeistas teises ne teismo keliu (36%), su šia sistema labiau susipažinę ir 30 - 39 metų amžiaus grupės asmenys (35%). Reikšminga tai, kad tokie ginčų sprendimo procesai tik 4 proc. vartotojų padėjo lengviau spręsti ginčus su verslo atstovais, o 84 proc. respondentų nesinaudojo apskritai AGS sistemos procesais. Teigiamu AGS sistemos funkcionavimo poslinkiu galima laikyti tai, kad pastebima pasitikėjimo šia sistema didėjimo tendencija, pavyzdžiui, 2019 m. ja pasitikėjo 43 proc., o 2020 m. – 55 proc. vartotojų (Vartotojų teisės, 2020: 34).

Taigi, apibendrinant galima teigti, kad esama AGS institucinė sistema sukurta tinkamai neįvertinus didėjančio vartojimo ginčų skaičiaus ir institucijų pasirengimo (kompetencijos ir žmogiškųjų išteklių prasme) operatyviai spręsti vartotojų ginčus. Nepakankama informacijos apie AGS sistemos teikiamas procedūras sklaida neskatinama pasitikėjimo sistema ir taip apriboja vartotojų galimybes ginti pažeistas teises AGS tvarka

Teisės į švietimą vartojimo srityje užtikrinimas. Skatinant vartotojus aktyviau ginti savo ekonominius interesus, būtina veiksmingai įgyvendinti jų teisę į informaciją. Tik išmanantys savo teises vartotojai gebės aktyviai dalyvauti rinkoje ir efektyviai jomis naudotis. Jei vartotojams pateikiama objektyvi, neklaidinanti informacija, neiškreipianti jų ekonominio elgesio, jie pasirinks labiausiai jų poreikius atitinkančias prekes ir paslaugas.

Vartotojų švietimu laikomas procesas, kurio metu vartotojams sudaromos galimybės įgyti žinių ir gebėjimų, kurių reikės perkant ir naudojant prekes bei paslaugas asmeniniams, šeimos, namų ūkio poreikiams tenkinti, vartotojo teisėms įgyvendinti ir ginti (VTAĮ 17 str. 1d, 4 p.). VTAĮ taip pat įpareigoja atsakingas institucijas vartotojų švietimo priemones numatyti nacionalinėse plėtros programose (VTAĮ 17 str. 2p). *Valstybinėje vartotojų teisių apsaugos 2015–2018 metų strategijoje* (toliau – Strategija) numatytas tikslas – gerinti vartotojų švietimą ir didinti vartotojų asociacijų vaidmenį. Šiam tikslui pasiekti numatyti uždaviniai: šviesti vartotojus ir tobulinti jų kompetenciją, didinti vartotojų asociacijų vaidmenį, stiprinti vartotojų teisių apsaugą regionuose – sudaryti socialinę atskirtį patiriantiems vartotojams sąlygas tobulinti žinias vartotojų teisių apsaugos klausimais ir kt. (Strategija, 2015: 15)

Vartotojo teisės į švietimą vartojimo srityje gynimo veiksmingumą galima vertinti pagal vartotojų, žinančių savo teises ir gebančių jas ginti, skaičių, institucijoms priskirtų švietimo funkcijų apibrėžtumą ir tarpinstitucinį bendravimą bei švietimui skirtų priemonių pasirinkimo atitiktį švietimo poreikiams.

VVTAT užsakymu kasmet atliekamo sociologini tyrimo „*Vartotojų teisės: reprezentatyvi Lietuvos gyventojų apklausa*“ (toliau – Apklausa) duomenimis, Lietuvos vartotojų teisių apsaugos kontekste vartotojų informuotumas pastarąjį dešimtmetį palaipsniui gerėja (7 lentelė).

7 lentelė

Bendras Lietuvos vartotojų teisių apsaugos indeksas ir jo komponentai

	2012	2013	2014	2015	2016	2018	2019	2020	2021
Bendras vartotojų teisių apsaugos indeksas	+1,4	+2,6	+13,3	+13,3	+19,3	+13,4	+18,1	+21,7	+18,0
Vartotojų teisių pažeidimų indeksas	+40,5	+47,8	+50,6	+50,0	+62,9	+67,5	+62,1	+52,3	+49,4
Informuotumo apie vartotojų teises indeksas	+4,8	+5,8	+19,5	+20,9	+24,8	+21,3	+19,1	+24,6	+26,4

Šaltinis: Vartotojų teisės: Reprezentatyvi Lietuvos gyventojų apklausa 2021 m. gruodžio mėn., p.56

Gyventojų, laikančių save pakankamai informuotais vartotojų teisių apsaugos klausimais, dalis 2021 m., lyginant su 2008 m., išaugo nuo 31 proc. iki 49 proc. (Vartotojų teisės, 2020: 6). 2021 m, lyginant su 2010 m, nuo 65 proc. iki 67 proc. išaugo gyventojų, žinančių, kur kreiptis verslo atstovams atsisakius kompensuoti nuostolius ir nuo 77 proc. iki 79 proc. – girdėjusių apie VVTAT veiklą, dalis. Tiesa, atskirų socialinių grupių vartotojų informuotumas skiriasi, pavyzdžiui, 56 proc. pagyvenusių gyventojų dar nežino, kur reiktų jiems kreiptis nesutarus su pardavėju dėl žalos atlyginimo, 29 proc. nėra girdėję apie VVTAT paslaugas. Vartotojų žinias taip pat lemia išsilavinimas ir turtinė padėtis. Vartotojų informuotumą gali lemti ir informacijos gavimo kanalai, pavyzdžiui 85 proc. senjorų patogiausiu informacijos gavimo šaltiniu laiko respublikinę televiziją, 29 proc. – respublikinį radiją, tuo tarpu tik 6 proc. jaunimo domina radijas, pagrindiniu informacijos šaltiniu jaunimas pripažįsta socialinius tinklus (71 proc.). Beje, institucijų interneto tinklalapius, kaip tinkamą informacijos šaltinį, įvardija tik 31 proc. vartotojų (jaunesnio amžiaus, turinčių aukštąjį išsilavinimą ir aukštesnių pajamų grupėse šis rodiklis siekia 46 – 48 proc.), o vartotojų švietimui skirtuose teminiuose seminaruose, paskaitose pastarąjį dešimtmetį dalyvaudavo tik 4 - 6 proc. vartotojų (Vartotojų teisės, 2020: 20-26). Įvairiais kanalais perduodamos informacijos turinio ir metodų skirtumai gali įtakoti vartotojo informuotumą, todėl svarbu šią informaciją labiau koordinuoti ir rengti kryptingai, įvertinus skirtingų vartotojų grupių poreikius bei pasirengimą gauti informaciją iš atitinkamo šaltinio. Apibendrinant tyrimų rezultatus, galima konstatuoti, kad jie atskleidžia teigiamus poslinkius vartotojų švietime, tačiau, reikia pripažinti, kad šie rezultatai išreiškia subjektyvų respondentų asmeninių žinių apie vartotojų teises suvokimą, todėl jų nepakanka objektyviai įvertinti bendrą vartotojų švietimo politikos veiksmingumą.

Vartotojo žinios įgauna prasmę ir materializuojasi per jo aktyvumą ginant savo interesus ar pažeistas teises, todėl svarbus yra vartotojo gebėjimas mokėti tinkamai pasinaudoti įgytomis žiniomis. Šiame kontekste įdomu tai, kad kasmet daugiau kaip penktadaliui gyventojų pažeidžiamos vartotojų teisės, daugiau kaip trečdalis vartotojų kasmet išsityja nekokybiškų prekių ar paslaugų, ir nors pusė jų teigia žinantys savo teises, tačiau realioje situacijoje dažnai lieka pasyvūs ir nebando kovoti dėl pažeistų teisių (8 lentelė). Dažniausios priežastys, kodėl vartotojai nesikreipia dėl teisių pažeidimo yra nenoras gaišti laiko ieškant tiesos (61 proc.), nežinojimas, kur reikia kreiptis (17 proc.), įsitikinimas, kad vartotojų teises ginančių institucijų įgaliojimai nepakankami – 20%, kad tai brangiai kainuoja – 12% (Vartotojų teisės,2020:29). Toks akivaizdus vartotojų pasyvumas ginant savo ekonominius interesus akivaizdžiai rodo vartotojų švietimo politikos trūkumus, susijusius su šį švietimą vykdančių institucijų veikla.

Vartotojų, kurie kreipėsi į vartotojų teises ginančias įstaigas dėl teisių pažeidimo, dalis

Ar per pastaruosius metus teko kreiptis į atitinkamas įstaigas dėl vartotojų teisių pažeidimo?:	012	013	014	015	016	018	019	020	021
- Teko kreiptis vieną kartą	%	%	%	%	%	%	%	%	%
- Teko kreiptis keletą kartų	%	%	%	%		,2%	,3%	%	%
- Nesikreipė nė karto	3%	5%	6%	4%	7%	9%	7%	5%	7%

Šaltinis: Vartotojų teisės: Reprezentatyvi Lietuvos gyventojų apklausa 2021 m. gruodžio mėn., p.56

Venas iš galimai vartotojų švietimą komplikuojančių veiksnių - vartotojų švietimo institucinės sistemos funkcinis neapibrėžtumas. Organizuoti vartotojų švietimą, koordinuoti valstybės ir savivaldybių institucijų bei vartotojų asociacijų veiklą pavesta VVTAT, kuri, vadovaudamasi „Veiklos vartotojų teisių apsaugos srityje koordinavimo tvarkos aprašu“, institucijoms, ketinančioms vykdyti vartotojų švietimo veiklą, parengia šios veiklos planą pagal vartotojų švietimo prioritetines sritis (Aprašas, 2020: 12 p.). Tačiau teisės aktuose nedetalizuota, kokios institucijos turi vykdyti šią funkciją, todėl realiai dalis institucijų, ypač savivaldybės, šios funkcijos neatlieka arba apie tai neinformuoja VVTAT. Pavyzdžiui, 2018 m. apie vykdytas vartotojų teisių gynimo srityje priemones VVTAT informavo tik 43 savivaldybės, iš kurių net 39 vartotojų švietimo neorganizavo, motyvuodamos, kad *Vietos savivaldos įstatyme* ši funkcija nenumatyta (Valstybės auditas, 2019: 9). Informaciją apie vykdytą švietimą 2020 m. Tarnybai pateikė tik 10 institucijų (iš 20 šią veiklą turinčių vykdyti), pirminę teisinę pagalbą, susijusią su vartotojų teisių apsauga teikė tik 9 savivaldybių administracijos (Vartotojų teisių apsaugos būklės, 2020: 21). Kita vertus, švietimo funkciją vykdančių institucijų vertinimu, VVTAT nepakankamai koordinuoja vartotojų švietimą: institucijoms trūksta aiškių veiklos gairių ir metodinės informacijos, kaip šviesti vartotojus, bendradarbiavimo su VVTAT organizuojant vartotojų švietimą (Valstybės auditas, 2019: 36)

Vartotojų švietimo proceso veiksmingumui kenkia, kai švietimui skirtos priemonės pasirenkamos, neįvertinus vartotojų poreikių ir pasirengimo priimti siūlomą informaciją. Dažniausiai institucijos švietėjišką veiklą įgyvendina per informaciją tinklalapyje, pranešimus spaudoje, konsultacijas, socialinius tinklus, konferencijas ir kt.. Renkantis priemones ir informacijos turinį svarbu įvertinti vartotojų lūkesčius siūlomai informacijai, pavyzdžiui, Pavyzdžiui, 2021 m. gyventojai labiausiai pageidavo gauti informaciją apie vartotojų teises asmens sveikatos priežiūros srityje – 60 proc., elektros, dujų, šilumos tiekimą – 51 proc, ne maisto prekes – 46 proc, maisto prekes – 45 proc, elektroninių ryšių paslaugas – 43 proc (Vartotojų teisės, 2021: 7), tačiau dalis institucijų organizavo vartotojų švietimą neturėdamos aktualios informacijos, kokių žinių trūksta vartotojams, ir nesinėmė priemonių, kad būtų identifikuotos vartotojų grupės, kurioms labiausiai trūksta informacijos. Dauguma institucijų vartotojų švietimo organizavimą vertina pagal vienintelį kriterijų – kiek buvo įvykdyta suplanuotų priemonių. Toks kriterijus tinkamas, tačiau nėra pakankamas vartotojų švietimo veiksmingumui įvertinti.

ES valstybėse didžiausias vaidmuo šviečiant vartotojus tenka vartotojų asociacijoms, tačiau Lietuvoje yra atvirkščiai – pagrindinę veiklą atlieka valstybės institucijos. Nevyriausybinė organizacijų veiklos apimtys didele dalimi priklauso nuo narių skaičiaus, rėmėjų paramos ir valstybės finansavimo. Šiuo metu Lietuvoje veikia 13 vartotojų asociacijų, kurios vartotojus šviečia tik įgyvendindamos valstybės finansuojamus projektus (kasmet iš biudžeto skiriama apie 40 tūkstančių eurų). Asociacijų veiklą riboja silpni ryšiai su savivaldybėmis ir valstybės institucijoms, pavyzdžiui, savivaldybės, nors ir turėdamos teisę remti asociacijas, to nedaro, nes ne visada žino, kokios vartotojų asociacijos veikia savivaldybės teritorijoje, o pačios asociacijos į savivaldybę nesikreipia, dalis institucijų taip pat nelinkusios bendradarbiauti su vartotojų asociacijomis vartotojų švietimo klausimais (Valstybės auditas, p. 36).

Apibendrintai galima teigti, kad šiuo metu valstybės institucijų ir savivaldybių įgyvendinamos vartotojų švietimo priemonės nesukuria tinkamų prielaidų veiksmingam teisės į švietimą vartojimo srityje užtikrinimui. Tik aiškiai apibrėžus vartotojų švietimą vykdančių institucijų funkcijas bei santykį su koordinuojančia švietimo veiklą tarnyba, būtų sudarytos prielaidos sklandesniam tarpinstituciniam bendradarbiavimui, kuris reikalingas siekiant kryptingai suplanuoti ir rezultatyviai vykdyti vartotojų švietimą, atitinkantį vartotojų lūkesčius atskirose socialinėse grupėse.

Išvados

1. Vartotojų teisių apsauga, įtvirtinta Lietuvos Konstitucijoje, neatsiejama nuo konstitucinio socialinės valstybės principo ir siejama su sutarčių teisėje susiformavusia silpnesniosios sutarties šalies apsauga. Šie

teisiniai pagrindai įpareigoja valstybę efektyviai ir veiksmingai saugoti vartotojų teises. Valstybė savo konstitucinę pareigą užtikrinti vartotojų teisių apsaugą, įgyvendina nustatydamą tinkamą teisinį reguliavimą ir sukurdamą veiksmingą institucinę sistemą. Teisėkūra vartotojų teisių apsaugos srityje Lietuvoje nėra kompleksinis ir nuoseklus procesas, neatliekama išsami reguliavimo analizė, nebandoma normų sisteminti, labiau adaptuoti esamuose teisės aktuose. Viena iš priežasčių, neleidžiančių sukurti efektyvų, nacionalinį koloritą atitinkančių vartotojų teisių gynimo teisinį reglamentavimą Lietuvoje, susijusi su ES direktyvų „adaptavimo“ nacionalinėje teisėje praktika, kuriai būdinga ES direktyvų perkėlimas į nacionalinę teisę pilna apimtimi, t. y. neatsižvelgiant į nacionalinio vartotojo interesų ypatumus.

2. Siekiant sumažinti bylinėjimosi teisme apimtis, valstybė stengiasi užtikrinti veiksmingas ir greitas alternatyvaus ginčų sprendimo procedūras. Lietuvos praktikoje susiduriama su per ilgais vartojimo ginčų nagrinėjimo terminais, sąlygotais žmogiškųjų išteklių trūkumu institucijose. Dėl ilgai trunkančio ginčo nagrinėjimo didelė vartotojų dalis nesikreipia į šias institucijas, arba nežino į kokią iš jų turėtų kreiptis. AGS institucinė sistema neatitinka šiai dienai vartotojų ginčų skaičiaus ir darbuotojų kompetencijos. Neatlygintinas vartotojų ginčų nagrinėjimas, visiškai neskatina verslo subjektų geranoriškai patenkinti vartotojų teisėtų reikalavimų bei mažinti pažeidimų skaičiaus. VTAĮ įstatymo pataisos, numatančios verslo subjektams apmokėti bylos nagrinėjimo išlaidas, tikėtina duos laukiamą efektą bylų nagrinėjimo NGS tvarka procese.

3. Skatinant vartotojus aktyviau ginti savo ekonominius interesus, būtina jiems užtikrinti teisę gauti informaciją apie vartotojo teises. Tačiau Lietuvoje kasmet daugiau kaip penktadaliui gyventojų pažeidžiamos vartotojų teisės, daugiau kaip trečdalis vartotojų kasmet po vieną ar kelis kartus įsigyja nekokybiškų prekių ar paslaugų, tačiau situacijose kai pažeidžiami jų ekonominiai interesai, dažnai lieka pasyvūs ir nebando kovoti dėl pažeistų teisių, kadangi realiai jiems trūksta tikslinės informacijos, galinčios padėti apginti pažestasteises. Išskiriami šie vartotojų švietimą komplikuojantys veiksniai: vartotojų švietimo institucinės sistemos funkcinis neapibrėžtumas, koordinacijos tarp švietimą vykdančių institucijų ir VVTAT trūkumas, vartotojų poreikių neatitinkančios švietimui skirtos priemonės, nepakankamai aktyvus vartotojų asociacijų vaidmuo.

Literatūra

1. Ambrazevičiūtė K., ir kiti, „Teisės į nuosavybę, teisės į ūkinės veiklos laisvę ir iniciatyvą, vartotojų teisių užtikrinimo problemas“, Mokslo studija, *Teisės institutas*, (2012), p. 50.
2. Bublienė, D, *Vartojimo sutarčių nesąžiningų sąlygų kontrolė* (Vilnius: Registrų centras, 2009)
3. Europos Sąjungos Direktyva 2019/2161/ES OL L 328, 2019.
4. Europos Sąjungos Reglamentas *Dėl nacionalinių institucijų, atsakingų už vartotojų apsaugos teisės aktų vykdymą* Nr. 2006/2004/EB OL L 364, 2006, p. 1—11.
5. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2013/11/ES dėl alternatyvaus vartotojų ginčų sprendimo, kuria iš dalies keičiami Reglamentas (EB) Nr. 2006/2004 ir Direktyva 2009/22/EB, 8 str.
6. Europos žaliojo kurso strategija, <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_lt> [aplankyta 2021 12 06], mintis tekste: žr. išnašą 1: Tyrimas „Vartotojų teisės...“, p. 7.
7. *I.A.V. p. SP UAB „Karoliniškių būstas“*, LAT (2001, Nr. 3K-3-475); *A.K. p. UAB „Ribenos prekyba“*, LAT (2008, Nr. 3K-3-536).
8. Katuoka, Saulius ir kiti, / red. Katuoka, Saulius, *Vartotojų teisių apsauga Lietuvoje ir Europos Sąjungoje: kolektyvinė monografija* (Vilnius: Mykolo Riomerio universiteto Leidybos centras, 2006).
9. Kūris E., „Valstybės socialinė orientacija“, poskyris knygoje: Toma Birmontienė ir kiti, *Lietuvos konstitucinė teisė* (Vilnius: Lietuvos teisės universitetas, 2002), p. 266-267.
10. Lietuvos Respublikos Konstitucija, Lietuvos Aidas (1992, Nr. 220-0), suvestinė redakcija nuo 2019 09 01 d.
11. *Lietuvos Aukščiausiojo Teismo Civilinių bylų skyriaus teisėjų kolegijos 2008 m. gruodžio 1 d. nutartis, priimta civilinėje byloje Nr. 3K-3-579/2008*.
12. Lietuvos Respublikos Civilinis kodeksas, Žin. (2000, Nr. 74-2262), suvestinė redakcija nuo 2021-07-30.
13. Lietuvos Respublikos Konstitucinio Teismo 2005 m. vasario 7 d. nutartis „Dėl profesinių ligų socialinio draudimo išmokų byloje“ Nr. 9/02 // VŽ. 2005. Nr. 19-623.
14. Lietuvos Respublikos dėl COVID-19 (koronaviruso infekcijos) paskelbto karantino sukeltų pasekmių poveikio vartojimo sutarčių dėl renginių organizavimo paslaugų teikimo vykdymui įstatymas. TAR, 2020-05-12, Nr. 10169
15. Lietuvos Respublikos nesąžiningos komercinės veiklos vartotojams draudimo įstatymas, Žin. (2008, Nr. 6-212), galiojanti suvestinė redakcija nuo 2019-09-01.
16. Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas Dėl Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2001 m. birželio 11 d. nutarimo Nr. 697 „Dėl Mažmeninės prekybos taisyklių patvirtinimo“ pakeitimo (2021-02-10 Nr. 90, TAR, 2021-02-12, kodas 2021-02767, įsigalioja 2021-05-01).
17. Lietuvos Respublikos vartotojų teisių apsaugos įstatymas, Žin. (1994, Nr. 1833).
18. Lietuvos Respublikos vartotojų teisių apsaugos įstatymo Nr. I-657 12 ir 40 straipsnių pakeitimo ir Įstatymo papildymo 49–1 straipsniu įstatymas, TAR (2019-05-07, Nr. 7404).

19. Lietuvos Respublikos Valstybės kontrolė, Valstybinio audito ataskaita 2019-07-16 Nr. VA-4.
20. Novikovienė, Lina, *Kai kurie vartotojo sampratos aspektai/Vartotojų teisių apsaugos teisiniai aspektai Europos Sąjungoje* (Vilnius: Mykolo Riomerio universiteto Leidybos centras, 2011).
21. Ravluševičius P., „Vartotojų teisių apsaugos ypatumai Europos Sąjungos ir Lietuvos teisėje“, *Jurisprudencija* (2007, 9(99)), p. 49.
22. Teisės aktai, reguliuojantys VVTAT veiklą, susijusią su ūkio subjektų priežiūra, <<https://vvtat.lt/teisine-informacija/teises-aktai/29>>, aplankyta [2021 12 01].
23. Vartotojų teisių apsaugos būklės bei veiklos vartotojų teisių apsaugos 2020 m. apžvalga; <<https://www.vvtat.lt/data/public/uploads/2021/05/vartotoju-teisiu-apsaugos-bukles-apzvalga.pdf> >, [aplankyta 2021 12 05].
24. Vartotojų teisės. *Reprezentatyvi Lietuvos gyventojų apklausa (2020 m.)*. Visuomenės nuomonės ir rinkos tyrimo centras Vilmorus.
25. Vyriausybės 2015-03-18 nutarimas Nr. 281 „Dėl Valstybinės vartotojų teisių apsaugos 2015–2018 m. strategijos patvirtinimo“, TAR, 2015-03-25, Nr. 4264
26. Lietuvos Respublikos teisingumo ministro 2020 m. kovo 17 d. įsakymas Nr. 1R-82 „Dėl veiklos vartotojų teisių apsaugos srityje koordinavimo tvarkos aprašo patvirtinimo“, 12 punktas.

EFFECTIVENESS OF ENSURING THE RIGHT OF CONSUMERS TO THE PROTECTION OF ECONOMIC INTERESTS

Summary

The protection of consumer rights is enshrined in the Constitution of the Republic of Lithuania, therefore the state has a constitutional duty to protect consumer rights effectively and efficiently. The state implements this duty by enacting legislation and creating an institutional system for consumer protection, organizing and controlling the activities of institutions.

The purpose of the study is to reveal whether Lithuania, in fulfilling its constitutional duty to protect consumer rights, appropriately chooses implementing measures to protect consumer interests. The article examined the effectiveness of the protection of consumers' *right* to purchase safe, proper quality goods, the *right* to protection of violated rights and the *right* to consumer education.

The results of the research showed that consumers in Lithuania do not have enough knowledge on how to defend the violated rights, are not satisfied with the activities of consumer protection institutions, and institutions do not systematically analyze their activities, apply measures that do not meet consumer needs.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kęstutis Vitkauskas

Mokslo laipsnis ir vardas: mokslų daktaras, docentas

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

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmogaus teisės, edukologija

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

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kęstutis Vitkauskas.

Science degree and name: doctor, associated professor

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

Author's research interests: human rights, educology.

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

KONTEINERIŲ KROVOS ORGANIZAVIMAS UOSTO TERMINALE: MOKSLINĖS IR TEISINĖS PRIELAIDOS

Laurynas Gedmintas, Saulius Lileikis
Lietuvos aukštoji jūrėivystės mokykla

Anotacija

Šio straipsnio tikslas – iškelti aktualias konteinerių krovos darbų organizavimo uosto terminale mokslines ir teises prielaidas. Konteinerizacija globaliu mastu vis labiau tampa aktualesnė, kadangi konteineriai gali būti naudojami vežant įvairius krovinius. Tai patogus krovinių gabenimo būdas dėl greitų krovos operacijų bei saugumo. Klaipėdos valstybiniame jūrų uoste 2020 metais perkrautas didžiausias uosto istorijoje krovinių, įskaitant konteinerinius krovinius, kiekis. Didėjant krovos rodikliams, uosto konteinerių terminaluose pastebimos problemos, dėl kurių atsiranda poreikis analizuoti aktualias konteinerių krovos darbų organizavimo mokslines ir teises prielaidas taikant mokslinės literatūros ir dokumentų analizę bei sintezę. Konteinerių krovą reglamentuoja tarptautinės konvencijos ir Lietuvos Respublikos teisės aktai, kad būtų užtikrintas saugus ir efektyvus darbas. Konteinerių krovos darbų organizavimas gali būti optimizuojamas taikant situacinio valdymo ir darbo projektavimo mokslines teorijas.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI: konteineriai, krova, organizavimas, uostas.

Įvadas

Tyrimo problemos aktualumas. Globaliu mastu konteinerizacija tampa vis labiau aktualesnė dėl krovinių talpinimo konteineriuose, nes konteineriai gali būti naudojami gabenant įvairius krovinius, pavyzdžiui, automobilius, bitumą, akmenis, anglis, kviečius ir kt. Tai patogus krovinių gabenimo būdas dėl greitų krovos operacijų ir saugumo, ypač kai konteinerio turinys nežinomas vežėjams.

Lietuvos Respublikoje pastebima konteinerių krovos dažnėjimo tendencija. Klaipėda yra svarbus pramonės centras vakarų Lietuvoje, kurio svarba ir indėlis į Lietuvos ekonomiką yra reikšmingas (Liebuvienė, Čižiūnienė, 2020). Apskritai Europos Sąjungos šalių jūrų uostuose bendras perkrautų krovinių skaičius 2016–2020 metais sumažėjo 5,4 %, iš viso – 182,5 mln. t (Eurostat, 2021). Tačiau Klaipėdos valstybiniame jūrų uoste 2020 metais buvo perkrautas didžiausias uosto istorijoje krovinių, įskaitant konteinerinius krovinius, kiekis – 47,79 mln. t. Tai yra 19 % padidėjimas lyginant su 2016 metais (Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija, 2021).

Didėjant krovos rodikliams, uosto konteinerių terminaluose pastebimos problemos, pavyzdžiui, technikos atnaujinimo poreikio, konkretaus darbuotojų darbo paskirstymo, technikos automatizavimo. Todėl tikslinga analizuoti aktualias konteinerių krovos darbų organizavimo uosto terminale mokslines ir kartu aprioriškai būtinas teises prielaidas.

Tyrimo objektas – konteinerių krovos darbų organizavimas uosto terminale.

Tyrimo tikslas – iškelti aktualias konteinerių krovos darbų organizavimo uosto terminale prielaidas.

Tyrimo uždaviniai:

1. Analizuoti konteinerių krovos darbų organizavimo uosto terminale mokslines prielaidas.
2. Atskleisti konteinerių krovos darbų organizavimo uosto terminale teises prielaidas.

Pagrindiniai *tyrimo metodai:* mokslinės literatūros analizė, dokumentų analizė, sintezė.

Metodologinės nuostatos:

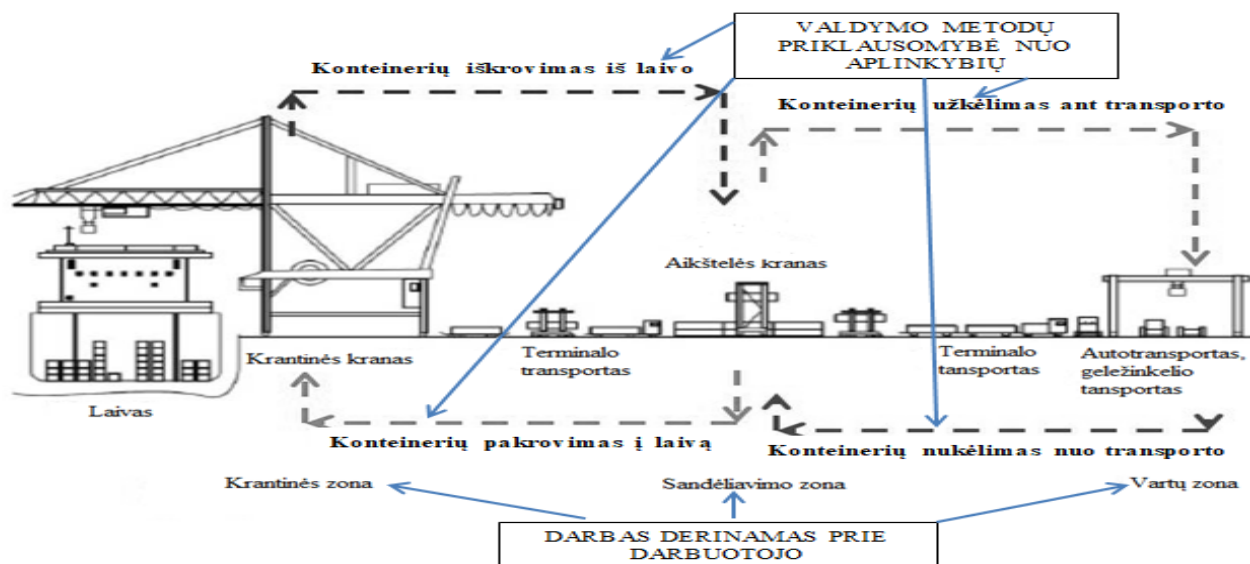
- situacinio valdymo teorija, teigianti, kad skirtingomis aplinkybėmis gali būti efektyvūs skirtingi valdymo metodai ir priemonės – vieno geriausio valdymo būdo nėra (Harney, 2016);
- darbo projektavimo teorija, nurodanti, kad ne darbuotojas turi būti derinamas prie darbo, bet darbas – prie darbuotojo pagal jo profesinę raidą, t. y. ką tik priimtas darbuotojas dirba mažiau atsakingą darbą nei ilgiau įmonėje dirbantys darbuotojai; tik vėliau, naujam darbuotojui įgijus reikiamas kompetencijas, jam gali būti skiriamas toks darbas, kuris reikalauja didesnės atsakomybės (Luenendonk, 2019).

Tyrimo tipas – teorinis aprašomasis.

Straipsnio struktūra: konteinerių krovos darbų organizavimo uosto terminale mokslinės prielaidos; konteinerių krovos darbų organizavimo uosto terminale teises prielaidos.

Konteinerių krovos darbų organizavimo uosto terminale mokslinės prielaidos

Darbo organizavimo samprata – plati, nes apima darbų paskirstymą, veiklos koordinavimą, atsivėlgiant į aktualias darbuotojų kompetencijas, veiklos operacijų atlikimo pobūdį, metodus bei priemones. Organizavimas padeda pasiekti įmonės veiklos tikslus, atitinkamai prisideda prie darbuotojų motyvacijos ugdymo arba jų demotyvacijos. Konteinerių krovos darbų organizavimą uosto terminale sudaro įmonės vidinių ir išorinių veiksmų sąveikos koordinavimas. Analizuojant konteinerių krovos darbų organizavimą svarbu jį sieti su mokslinėmis vadybos teorijomis (1 pav.).



1 pav. Konteinerių terminalo krovos organizavimo teorinis modelis

Šaltinis: Abdel-Fattah, A. K., El-Tawil, A. B., Harraz, N. A. (2013). An integrated operational research and system dynamics approach for planning decisions in container terminals. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 7 (10), 1983-1989.

Šiame tyrime tikslingai remiamasi situacinio valdymo teorija, kuri teigia, kad skirtingomis aplinkybėmis gali būti efektyvūs skirtingi valdymo metodai ir priemonės, o vieno geriausio valdymo būdo nėra (Harney, 2016). Vadovaujamosi ir darbo projektavimo teorija, kuri teigia, jog ne darbuotojas turi būti derinamas prie darbo, bet darbas – prie darbuotojo. Priėmus naują žmogų į darbą konteinerių terminale, darbo vieta derinama prie darbuotojo, t. y. jam skiriamas mažiau atsakingas darbas nei tiems darbuotojams, kurie įmonėje dirba ilgesnį laiką. Šis būdas leidžia darbuotojui patirti mažesnę psichoemocinę stresą ir lengviau susipažinti su jam naujomis krovos darbų proceso užduotimis (Luenendonk, 2019).

Kalbant apie konteinerių krovos organizavimo problemas, tikslinga paminėti, kad vis dar egzistuoja nepakankamas geležinkelių ir jūrų transporto suderinamumas tarptautinio susisiekimo kontekste. Pasitaiko riedmenų pažeidimų iškraunant vagonus uoste. Kadangi pažeisti vagonai nepakeičiami naujais, atsiranda riedmenų trūkumas.

Kita problema, atsirandanti organizuojant krovinių vežimą geležinkelių ir jūrų transportu, tai – geležinkelio vagonų prastovos uostų stotyse ir jų prieigose. Skirtingų transporto rūšių sąveikos problemos, perkraunant krovinius iš vienos transporto rūšies į kitą, kyla dėl daugelio technologinių ir organizacinių priežasčių. Paminėtina, kad kroviniui geležinkelių transportui trūksta našumo. To priežastis – nepakankama techninė ir administracinė sąveika, ir tai, kad mišraus eismo linijose keleiviniams traukiniams suteikiama pirmenybė. Lietuvos atveju daugiausia krovinių vežama tarp Europos Sąjungos šalių kelių transportu. Kroviniai į / iš Rytų šalių gabenami geležinkelių transportu, tačiau retai naudojama skirtingų transporto rūšių sąveika, ir tai nepakankamai užtikrina efektyvų krovinių vežimo procesą „nuo durų iki durų“ (Jarašūnienė, Čižiūnienė, 2019).

Bandoma išspręsti konteinerio svyravimų problemą, kurios atsiradimo priežastys kiekvienu atveju gali būti skirtingos. Kartais svyravimus sukelia krano mechanizmai, pavyzdžiui, variklis ar nelygus bėgių paviršius, kuriuo juda įrenginiai. Tačiau pasitaiko atvejų, kai svyravimų priežastys – kompleksinės. Jas gali sukelti sudėtinis poveikių rinkinys, veikiantis konteinerio plote ar pačiame konteineryje (Eglynas, 2017).

Dar viena krovos darbų organizavimo problema – ta, kad kiekvienas blokas, kuriame sandėliuojami konteineriai, sužymėtas raidėmis ir skaičiais. Tačiau ne visada vairuotojai tai pastebi. Ieškodami reikalingo bloko, siekdami konteinerį užkrauti ar nukrauti, vairuotojai kartais klaidžioja terminale, kol galiausiai suranda arba kol juos pakviečia krautuvo vairuotojas. Arba sumaišius pakrovimo ar iškrovimo vietas, vairuotojams priskiriamas jiems nepriklausantis konteineris, nes krautuvo vairuotojas nemato ir nežino, ar tai būtent tas vilkikas, kuriam reikalingas tas konteineris. Kylant šioms problemoms, sulėtėja terminalo darbas (Jonušas, 2018).

Be to, pasitaiko darbo krūvio paskirstymo problema. Ne visada pavyksta suplanuoti darbuotojus ir paskirstyti darbus taip, kad darbas jiems būtų priimtinas ir keltų entuziazmą. Pasitaiko dienų, kai darbo krūvis viršija galimybes ir darbuotojas fiziškai bei psichologiškai pervargsta. Pervargusio žmogaus darbas, kad ir kaip jis norėtų dirbti, efektyvus nebus. Juo labiau kad per didelis darbo krūvis labai kenkia darbuotojo sveikatai (Jaradat, 2018). Todėl vertėtų darbuotojų krūvį padalinti tolygiai visiems tuo metu dirbantiems terminalo darbuotojams.

Pagrindinė situacinio valdymo teorijos įgyvendinimo priemonė – tai darbo metodų parinkimas priklausomai nuo aplinkybių, šiuo atveju – konteinerių krovos darbų operacijų, kad būtų užtikrintas kokybiškas krovos darbų atlikimas. Parenkant darbo metodus nustatomos darbo procedūros ir numatomi jų vykdymo eiliškumas, darbuotojų skaičius, jų funkcijos, darbo krūvis, įrangos panaudojimo normatyvai.

Krovos darbai organizuojami atsižvelgiant į krovinio savybes bei krovos operacijas. Tai reiškia, kad skirtingiems kroviniams ir skirtingoms operacijoms reikia taikyti skirtingus darbo metodus (Harney, 2016).

Konteinerių krovos atveju:

- konteinerių iškrovimui iš laivo turi būti parinkti kranai bei jų operatoriai, vykdantys konteinerių paėmimą iš laivo; kranų skaičius vienam laivui parenkamas atsižvelgiant į konteinerių kiekį laive; be to, atsižvelgiant į konteinerių kiekį, turi būti priskiriami terminalo vilkikai su priekabomis, kad iškrautas konteineris būtų nugabentas iki sandėliavimo vietos; iškraunat laivą reikia ir pagalbinių darbuotojų, kurie radijo ryšiu padeda kranu operatoriui uždėti sprederį ant konteinerio, esančio triume, ir nuimti nuo konteinerio užsukamuosius užraktus;
- konteinerio užkėlimo ant transporto priemonės operacijai turi būti numatytas pakankamas aikštelės kranų arba automobilinių krautuvų skaičius, kadangi skirtingų laivybos linijų konteineriai išdėstyti skirtingose sandėliavimo vietose; į tai atsižvelgdami krovos darbų organizatoriai – stividoriai paskiria atitinkamą skaičių reikalingos technikos;
- konteinerio nukėlimo nuo transporto priemonės operacijoje darbo metodai parenkami panašiai, kaip ir užkėlimo ant transporto priemonės atveju;
- konteinerių pakrovimui į laivą parenkami panašūs darbo metodai, kaip ir iškrovimui.

Darbo projektavimo teorija teigia, jog darbas turi būti derinamas prie darbuotojo. Derinant darbą prie darbuotojo pirmiausia turi būti įvertinamos darbuotojo galimybės, jo turimos kompetencijos, žinios, įgūdžiai. Siekiant efektyviai organizuoti krovos darbus, priėmus naują darbuotoją, darbo vieta derinama prie darbuotojo, siekiant, kad jis susipažintų su krovos darbų procesu ir galėtų įvykdyti paskirtus darbus nepatirdamas didesnio psichoemocinio streso. Ilgainiui darbuotojas susipažįsta su konteinerių krovos operacijomis, įgyja kompetenciją tinkamai dirbti ir jam gali būti skiriami didesnės atsakomybės reikalaujantys darbai (Luenendonk, 2019).

Žinios ir profesinė patirtis padeda užtikrinti kokybišką konteinerių krovos darbų atlikimą:

- krantinės zonoje pagrindiniai dirba kranų operatoriai, kurie turi gebėti konteinerius iškelti iš laivo, uždėti ant terminalo vilkiko ir patalpinti juos į laivą; kranu operatorius turi dėmesingai sekti talmano nurodymus; šioje zonoje dirbantis talmanas turi pagal krovos planą nurodyti kranu operatoriui, kur patalpinti konteinerį, arba iš kurios pozicijos išimti konteinerį iš laivo; be to, talmanas turi gebėti adekvačiai sąveikauti su terminalo vilkikais, kurie konteinerius transportuoja į reikiamą vietą, bei aikštelės kranų operatoriais, kurie nukelia arba patalpina konteinerius į reikiamas vietas; pagalbiniai darbuotojai turi išmanyti, kaip švartuoti laivą, kada nuimti ar uždėti užsukamuosius užraktus ir padėti kranu operatoriui patalpinti konteinerius į triumus;
- sandėliavimo zonoje dirbantys aikštelės kranų operatoriai turi išmanyti konteinerių sandėliavimo sistemą, turi mokėti bendradarbiauti su dispečeriu ar pamainos vadovu, turi žinoti, kaip sandėliavimo blokai išdėstyti terminale;
- vartų zonoje dirbantiems darbuotojams reikia žinoti, kaip dirbti su automobiliniais krautuvais; šioje zonoje yra administraciniai pastatai, todėl reikia administracinių, vadybinių, ypač organizacinių bei planavimo kompetencijų.

Terminalų procesus būtina tinkamai valdyti, ypač organizuoti ir kontroliuoti. Transporto priemonės ir jų naudotojai terminaluose atlieka svarbų vaidmenį. Nuolat didėjant krovinių srautui terminaluose, tampa labai svarbi efektyvi ir tvari konteinerių terminalų sistema. Terminalo operacijos gali būti suprantamos ir kaip konteinerių gabenimas keliomis transporto priemonėmis. Norint saugiai ir greitai gabenti konteinerius į kitą logistinę grandinės etapą, nepakanka vien krovos operacijų, bet taip pat svarbu teikti pridėtinės vertės paslaugas, būtent – sandėliavimo, pakavimo ir terminalo vidaus transporto (Cao, 2020). Pagrindinis dėmesys konteinerių terminale skirtinas terminalo veiklos organizavimui ir kontrolei. Tai – esminės terminalo valdymo funkcijos, padedančios tobulinti veiksmus ir strategijas, užtikrinant optimalią veiklą.

Konteinerių krovos darbų organizavimo uosto terminale teisinės prielaidos

Konteinerių krovos organizavimo uosto terminale problemų požiūriu tikslinga nurodyti teisinį lygmenį. Vadovaujantis teisės aktais veikiama ir legaliai, ir didžiąja dalimi galima aprioriškai spręsti kylančias konteinerių krovos organizavimo problemas. Konteinerių tvarkymo operacijos turi būti planuojamos, organizuojamos ir atliekamos taip, kad sumažėtų rizika tiems, kurie dalyvauja šioje veikloje, įskaitant nuolatinius darbuotojus, laikinus darbuotojus, laivo įgulą ir visus kitus, kurie gali būti paveikti. Nors konteinerių krovos darbai didele dalimi yra rutininis darbas, gali būti susidurta su unikaliomis ar neįprastomis situacijomis su papildomais ar konkrečiais pavojais, todėl turėtų būti plėtojami rizikos valdymo būdai, siekiant išspręsti šias problemas arba sumažinti susijusią riziką iki minimumo. Dokumentacijoje turi būti saugomi duomenys ir sprendimai, pavyzdžiui: patekimo problemos, reikalavimai įrenginiams bei asmeninėms apsaugos priemonėms (Valstybinė darbo inspekcija, 2012).

Konteinerių krovą terminale reglamentuoja Tarptautinė konvencija dėl saugių konteinerių (angl. *Container Safety Convention*). Konvencija siekiama užtikrinti žmonių saugą konteinerių krovos procese bei supaprastinti tarptautinį krovinių gabenimą konteineriuose, taikant vienodas tarptautines saugumo nuostatas visoms transporto rūšims. Taip sprendžiamos problemos dėl skirtingų nacionalinio saugumo nuostatų. Vadovaujantis šia konvencija, pavyzdžiui, keičiant konteinerio transportavimo priemonę ar kertant kitos valstybės sieną, konteineriye esančio krovinio nereikia perkrauti į kitą konteinerį, nes krovinio gabenimo konteineriuose reikalavimai yra standartizuoti.

Nuo 2016 m. įsigaliojo Tarptautinės konvencijos dėl žmogaus gyvybės apsaugos jūroje (SOLAS) pataisa dėl konteinerio svorį patvirtinančio sertifikato. Pataisa nustato, kad kiekvienas konteineris privalo turėti patikrintos bendrosios konteinerio masės sertifikatą (angl. *Verified Gross Mass*), kuriuo remiantis galima organizuoti konteinerių išdėstymą laive, tiksliau apskaičiuojant kuro sąnaudas ir užtikrinant laivo bei krovinio saugumą (Patikrintos bendrosios konteinerio masės nustatymo tvarkos aprašas, 2016).

Visi dirbantys asmenys turi būti parengti ir įvertinti pamainos vadovo, ar jie tinkami teikiamai užduočiai atlikti. Visi darbuotojai, atliekantys darbą rankomis, turi būti supažindinti su adekvačia informacija, instrukuoti bei prižiūrėti. Tai yra labai svarbu, kai darbą atlieka nenuolatiniai darbuotojai, kurie iš esmės yra kompetentingi, bet neturi patirties konteinerių krovos darbuose bei krovinių tvarkyme rankomis. Visi darbuotojai, dalyvaujantys šiuose darbuose, turi tiksliai žinoti, kas vadovauja darbams. Šis faktas ypač svarbus nenuolatiniams darbuotojams, dirbantiems krantinėje. Prižiūrėtojai turėtų būti instrukuoti, kompetentingi ir patyrę saugiai atlikti susijusius darbus bei teikti kompetentingus patarimus darbuotojams. Atliekant kasdieninius krovos darbus, darbų planavimas ir organizavimas kiekvienai individualiai konteinerio kėlimo operacijai atlikti atitenka kėlimo įrenginių operatoriui. Asmuo, atliekantis šias užduotis, privalo turėti atitinkamų žinių ir patirties (Valstybinė darbo inspekcija, 2012).

Konteinerių terminale krovos darbų organizavimą būtų galima vadinti stividoriniais darbais. Stividoriniai darbai – organizacinių ir techninių priemonių visuma, užtikrinanti laivų iškrovimą ir pakrovimą jūrų uostuose nustatytu laiku. Laive atliekamas patikrinimas: prieš pradėdant pakrovimo darbus – krovinių patalpų ir perkrovimo priemonių būklė, o prieš pradėdant iškrovimo darbus – krovinių išdėstymas ir būklė; pakrovimo ir iškrovimo darbų organizavimas laive atitinkamai su pakrovimo darbų planu ir laivo technologine aptarnavimo schema, sudarant sąlygas našiam uosto krovikų ir perkrovimo mašinų darbui; laivo pakrovimui ir iškrovimui krantinėje vadovauja stividorius (LR susisiekimo ministro įsakymas, 2001).

Stividorius – asmuo, atstovaujantis uosto administracijai ir darbų vykdytojui laive, esančiame prie krovinių krantinės. Atsako už pakrovimo – iškrovimo darbų technologiją, už krovimo darbų plano, pamaininių paros užduočių ir laivų aptarnavimo grafiko vykdymą, už neplanines laivų ir krovinių įrenginių prastovas, už uosto darbininkų užimtumą. Nustačius darbų tvarkos pažeidimus laive, stividorius turi teisę sustabdyti darbą. Jis privalo visus operatyvinius klausimus, iškilusius darbų eigoje, suderinti su laivo kapitonu. Stividorius tvarko laivo stovėjimo laiko apskaitą, įrašus suderina su laivo kapitonu. Pasibaigus pamainai, pristato ataskaitą krovinio rajono budinčiajam dispečeriui (LR susisiekimo ministro įsakymas, 2001).

Organizuojant krovos darbus konteinerių sandėliavimo vietoje signalininkas neturi turėti kitų pareigų vykdant krovimo darbus. Signalininkas turi stovėti saugioje vietoje, kur jis gali matyti krovinio maršrutą ir taip pat būti tokioje vietoje, kad jį aiškiai matytų kranininkas, ypač tokiose situacijose, kai vykdomos kėlimo operacijos reikia naudoti rankų ženklus. Tokiose situacijose, kai signalininkas negali būti matomas, turi būti naudojamas radijo ryšys ar du signalininkai. Ten, kur signalininkas yra aktyviai įtrauktas į prikabinimo ir atkabinimo procesą, svarbu, kad krovimo metu signalininkas būtų susikontcentravęs į krovimo darbų vykdymą ir kranio operatorius neabejotų jo perduodamais ženklais (Valstybinė darbo inspekcija, 2012). Visos šio pobūdžio aktualios teisinės normos turi būti studijuojamos ir vykdomos organizuojant saugų ir efektyvų konteinerių krovos darbą uosto terminale.

Išvados

1. Išanalizavus konteinerių krovos darbų organizavimo uosto terminale mokslines prielaidas, galima teigti, kad konteinerių krovos darbų organizavimo problemas sudaro nepakankamas geležinkelių ir jūrų transporto suderinamumas tarptautiniame susisiekiame, geležinkelio vagonų prastovos uostų stotyse ir jų prieigose, skirtingų transporto rūšių sąveika, konteinerio svyravimai, sandėliavimo blokų žymėjimas vilkikų vairuotojų atžvilgiu, darbo krūvio paskirstymas. Šios problemos iš dalies galėtų būti sprendžiamos vadovaujantis mokslinėmis situacinio valdymo ir darbo projektavimo teorijomis.

2. Atskleidus konteinerių krovos darbų organizavimo uosto terminale teises prielaidas, galima teigti, kad konteinerių krova ir jos organizavimas aktualiai ir adekvačiai reglamentuojami tarptautinėmis konvencijomis ir Lietuvos Respublikos teisės aktais, siekiant užtikrinti saugų bei efektyvų konteinerių krovos darbų organizavimą uosto terminale. Vadovaujantis teisės aktais veikiama legaliai ir didžiaja dalimi galima spręsti kylančias konteinerių krovos organizavimo problemas.

Literatūra

1. Abdel-Fattah, A. K., El-Tawil, A. B., Harraz, N. A. (2013). An integrated operational research and system dynamics approach for planning decisions in container terminals. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 7 (10), 1983-1989.
2. Cao, L. (2020). Changing port governance model: Port spatial structure and trade efficiency. *Journal of Coastal Research*, 95, 963-968.
3. Eglynas, T. (2017). Jūriniame intermodaliniame terminale naudojamų išmaniųjų krovos technologijų kūrimas ir tyrimas. *Daktaro disertacija*. Technika.
4. Eurostat. (2021). *Database*. Prieiga per internetą: <<https://ec.europa.eu>>.

5. Harney, B. (2016). Contingency Theory. In A. Wilkinson, S. Johnstone (Eds.), *Encyclopedia of Human Resource Management*. Edward Elgar.
6. Jaradat, O. A. (2018). Trends in Container Terminal infrastructure and technology. *The Bridge*, 48 (2), 40-47.
7. Jarašūnienė, A., Čižiūnienė, K. (2019). Krovinių vežimo geležinkelių ir jūrų transportu sąveikos probleminių aspektų vertinimas Lietuvoje. *Darnios aplinkos vystymas*, 1 (16), 16-22.
8. Jonušas, M. (2018). LKAB „Klaipėdos Smeltė“ konteinerinių krovinių krovos technologinių procesų analizė. *Verslas, technologijos, biomedicina: inovacijų žvalgos*, 1 (9), 171-179.
9. Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija. (2021). *Uosto statistika*. Prieiga per internetą: <<https://www.portofklaipeda.lt>>.
10. Liebuviene, J., Čižiūnienė, K. (2020). Klaipėdos regiono transporto sektoriaus potencialo ekonominis vertinimas. *Darnios aplinkos vystymas*, 17, 32-41.
11. LR susisiekimo ministro įsakymas „Dėl darbų saugos taisyklių laivų krovos darbų įmonėse patvirtinimo“. (2001). *Valstybės žinios*, 45-1596.
12. Luenendonk, M. (2019). Understanding the Job Characteristics Model (including Job Enrichment). Prieiga per internetą: <<https://www.cleverism.com>>.
13. Patikrintos bendrosios konteinerio masės nustatymo tvarkos aprašas. (2016). *Teisės aktų registras*, 14685.
14. Valstybinė darbo inspekcija. (2012). *Saugus konteinerių krovos darbų vykdymas jūrų uostuose*. Prieiga per internetą: <<https://www.vdi.lt>>.

ORGANIZATION OF CONTAINER LOADING IN THE PORT TERMINAL: SCIENTIFIC AND LEGAL ASSUMPTIONS

Summary

Containerization is becoming increasingly important on a global scale, because containers can be used in order to transport a variety of cargoes. It is a convenient way of cargo transportation due to fast loading operations and their security. In 2020, Klaipėda State Seaport handled the largest amount of cargo, including containerized ones, in the history of the port. As cargo handling rates increase, problems are observed in the port's container terminals. These problems create a need to analyze the relevant scientific and legal assumptions for the organization of container loading. The mentioned analysis is the purpose of the article. The main research methods, such as scientific literature analysis, document analysis, and synthesis, were applied to the research. The type of the research is theoretical descriptive study. The methodological basis of the research is the principles of contingency and work design theories. The structure of the article consists of scientific assumptions for the organization of container loading in the port terminal, and legal assumptions for the organization of container loading in the port terminal. International conventions and legal acts of the Republic of Lithuania regulate container handling in order to ensure fundamentally safe and efficient work. The contingency and work design theories mentioned can help partially optimize the organization of containerized cargo loading.

Keywords: containers, loading, organization, port.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Laurynas Gedmintas

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla, UAB „Klaipėdos konteinerių terminalas“, talmanas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: konteinerių krovos organizavimas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 6 520 8106, lgedmintas@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Saulius Lileikis

Mokslo laipsnis ir vardas: socialinių mokslų daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos aukštosios jūreivystės mokyklos 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

AUTHORS COVER LETTER

Author's name, surname: Laurynas Gedmintas

Science degree and name: Master degree

Workplace and position: Lithuanian Maritime Academy; Klaipėdos Konteinerių Terminalas, UAB; Cargo accountant

Author's research interests: organization of container loading

Telephone and e-mail address: +370 6 520 8106, lgedmintas@gmail.com

Author's name, surname: Saulius Lileikis

Science degree and name: Doctor of social sciences, associate professor

Workplace and position: associate professor at 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

SĄSKAITŲ FAKTŪRŲ DUOMENŲ PERKĖLIMO VALDYMO SISTEMA

Jurij Tekutov^{1, 2, 3, 4}, Julija Smirnova¹

*Klaipėdos valstybinė kolegija, Technologijų fakultetas, Inžinerijos ir informatikos katedra¹
Klaipėdos universitetas, Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas, Informatikos ir statistikos katedra²
Lietuvos verslo kolegija, Technologijų katedra³
Socialinių mokslų kolegija⁴*

Anotacija

Užsakovui, dirbant su pardavimais keliose srityse ir turint daug įvairių klientų visus pardavimus bei atliktus pirkimus tenka laikyti „B1“ sistemoje. Turint vis daugiau produktų ir klientų, iškyla problema – kaip įmonė gali sudaryti ataskaitas apie produktus, klientus bei pardavimo sritis ir bandant sužinoti, kurios sritys, klientai ir produktai yra pelningi, o kurie ne. Sudarinėjant statistiką ne automatinio būdu, įmonės darbuotojai užtrunka nemažai laiko. Todėl kuriama sistema padėtų išspręsti ataskaitų sudarymo ir duomenų rinkimo problemą, atliekant automatinę informacijos perkėlimą iš „B1“ sistemos ir ataskaitų generavimą pagal reikiamus filtrus ir tipą. Sukurta sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistema, leidžianti generuoti reikalingas ataskaitas pagal pasirinktus kriterijus ir tipą, bei suteikianti galimybę peržiūrėti pardavimus ir juos sinchronizuoti iš „B1“ sistemos ir saugoti sukurtoje duomenų bazėje. Taip pat sistema turi grafinę sąsają atitinkamai pagal naudotojo rolę ir suteiktas teises.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. sistema, sąskaita faktūra, ataskaita, generuoti, duomenų gavimas.

Įvadas

Tyrimo aktualumas. Užsakovo prašymu reikia sukurti sistemą, kuri galėtų gauti informaciją iš „B1“ sistemos. Gavus informaciją sistema turėtų generuoti ataskaitas pagal kriterijus ir ataskaitos tipą. Sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistema leistų sugeneruoti reikiamas ataskaitas pagal pasirinktus kriterijus ir ataskaitos tipą, taip sutaupant laiko ir resursų, palyginus su ataskaitų sudarinėjimu ne automatinio būdu.

Problema. Užsakovui, dirbant su pardavimais keliose srityse ir turint daug įvairių klientų visus pardavimus bei atliktus pirkimus tenka laikyti „B1“ sistemoje. Turint vis daugiau produktų ir klientų iškyla problema – įmonė nebegali sudaryti ataskaitų apie produktus, pardavimo sritis bei klientus ir sužinoti, kurie klientai, sritys ir produktai yra pelningi, o kurie ne, netaikant neautomatizuotų būdų. Sudarinėjant statistiką ne automatinio būdu, įmonės darbuotojai užtrunka nemažai laiko, todėl kuriama sistema padėtų išspręsti ataskaitų sudarymo ir duomenų rinkimo problemą, atliekant automatinę informacijos perkėlimą iš „B1“ sistemos ir ataskaitų generavimą pagal reikiamus filtrus ir tipą.

Numatomas pritaikymas. Užsakovas nori kompiuterizuoti sąskaitų faktūrų duomenų surinkimą ir ataskaitų sudarymą, todėl bus kuriama sistema, leidžianti gauti informaciją iš „B1“ sistemos ir, pasirinkus norimą ataskaitos tipą bei filtrus, bus sugeneruojama ataskaita.

Objektas. Sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistema.

Tyrimo tikslas – sukurti sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistemą, leidžiančią automatizuoti ataskaitų generavimą, susinchronizavus informaciją iš „B1“ sistemos.

Siekiant įgyvendinti numatytą tikslą, keliami šie **tyrimo uždaviniai**:

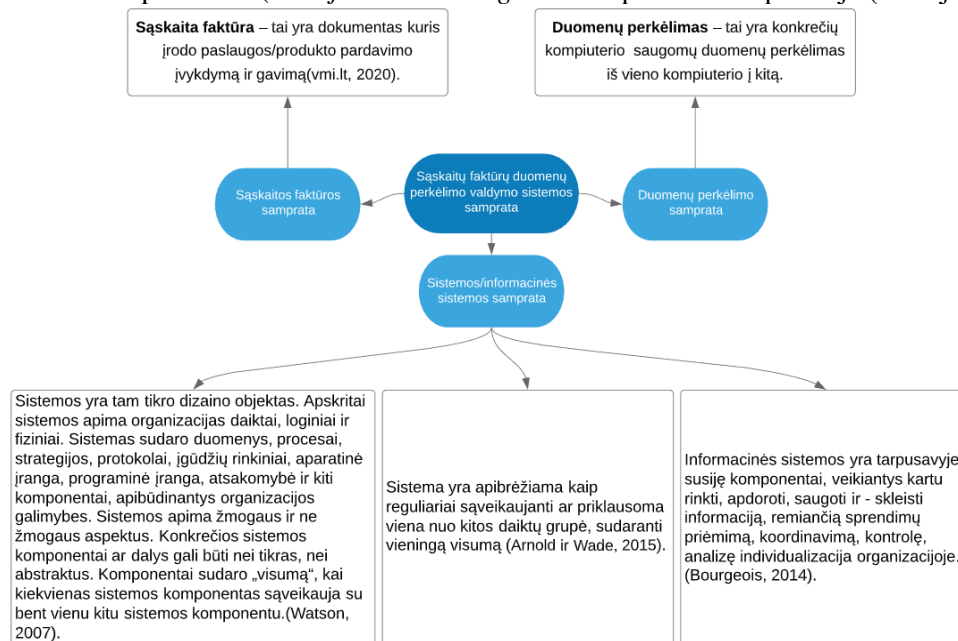
1. Aptarti sąskaitos faktūros, duomenų perkėlimo bei sistemos sampratas;
2. Apžvelgti ir palyginti alternatyvias sistemas, kurios suteikia integraciją su „B1“ sistema arba teikia automatinę ataskaitų generavimo funkciją;
3. Parengti sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistemos projektą;
4. Realizuoti ir ištestuoti sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistemą;

Metodika: informacijos paieška, informacijos sisteminimas, sistemos projektavimas, reikalavimų specifikacija, realizavimas bei testavimas.

1. Sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistemos sampratos

Apžvelgus sąskaitų faktūrų sampratą nustatyta, kad tai yra dokumentas, kuris įrodo paslaugos/produkto pardavimo įvykdymą ir gavimą (vmi.lt, 2022). Apžvelgus tris skirtingus literatūros šaltinius ir remiantis skirtingų autorių nuomone galima teigti, kad sistema/informacinė sistema informacinių technologijų srityje yra objektas/įrenginys sudarytas iš įvairiausių komponentų, kurie veikdami tarpusavyje gali saugoti, valdyti, manipuluoti, apdoroti bei panaudoti suteiktus duomenis (Arnold ir Wade, 2015; Bourgeois, 2014; Wątróbski ir Karczmarczyk, 2017). Išnagrinėjus duomenų perkėlimo sampratą nustatyta, kad tai yra konkrečių kompiuterio saugomų duomenų perkėlimas iš vieno kompiuterio į kitą (ims.mii.lt, 2022; Watson, 2014).

Siekiant apibendrinti išnagrinėtas sampratas buvo sukurtas minčių žemėlapis (angl. *Mind Map*). Minčių žemėlapiu buvo išreikšta ta pati informacija kaip ir nepertraukiamame tekste, tačiau panaudojus tik raktinius žodžius, taip grafiškai atskleidžiančius dėstomos informacijos esmę (Rustler, 2012). Konceptinis žemėlapis pateikiamas 1 paveiksle (*Mindjet MindManager ProTM* priemonės aplinkoje (Mindjet, 2022)).



1 pav. Dalykinės srities sampratų konceptinis žemėlapis

Šaltinis: sudaryta autorių remiantis (vmi.lt, 2022; Arnold ir Wade, 2015; Bourgeois, 2014; Wątróbski ir Karczmarczyk, 2017; ims.mii.lt, 2022; Watson, 2014)

Apibendrinat visas išnagrinėtas sampratas (žr. 1 pav.) galima teigti, kad kuriama sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistema yra paremta duomenų perkėlimu iš vieno kompiuterio į kitą bei duomenų manipuliavimu.

2. Panašių sistemų apžvalga ir palyginimas

Šioje dalyje buvo apžvelgtos trys skirtingos sistemos (B1, itax.lt, saskaita123.lt), kurios teikia integraciją su „B1“ sistema arba teikia automatinę ataskaitų generavimo funkciją. Apžvelgus visas šias sistemas išsiaiškinta, kad visos šios sistemos teikia ataskaitų eksportavimą/generavimą, tačiau nei viena neatitiko užsakovo reikalavimų ir ne visos išvardintos sistemos teikia galimybę gauti informaciją iš „B1“ (B1, 2022; itax.lt, 2022; saskaita123.lt, 2022).

Sistemų palyginimas pagal kriterijus pateikiamas 1 lentelėje.

1 lentelė

Sistemų apžvalga pagal kriterijus

Kriterijai	Apžvelgtos sistemos		
	B1	itax.lt	saskaita123.lt
Gauti informaciją iš „B1“ sistemos.	Nereikšminga.	Yra, galimybė importuoti sąskaitas faktūras sugeneruotas iš „B1“ sistemos.	-
Gautos informacijos saugojimas ir sinchronizavimas.	Nereikšminga.	Nėra.	-
Patogi prieiga prie sistemos.	Yra.	Yra.	-
Ataskaitų generavimas.	Generuoja ataskaitas, tačiau neatitinka užsakovo reikalavimų.	Generuoja ataskaitas, tačiau neatitinka užsakovo reikalavimų.	Generuoja ataskaitas, tačiau neatitinka užsakovo reikalavimų.
Pardavimų atvaizdavimas.	Yra.	Yra.	Yra.

Šaltinis: sudaryta autorių remiantis (B1, 2022; itax.lt, 2022; saskaita123.lt, 2022)

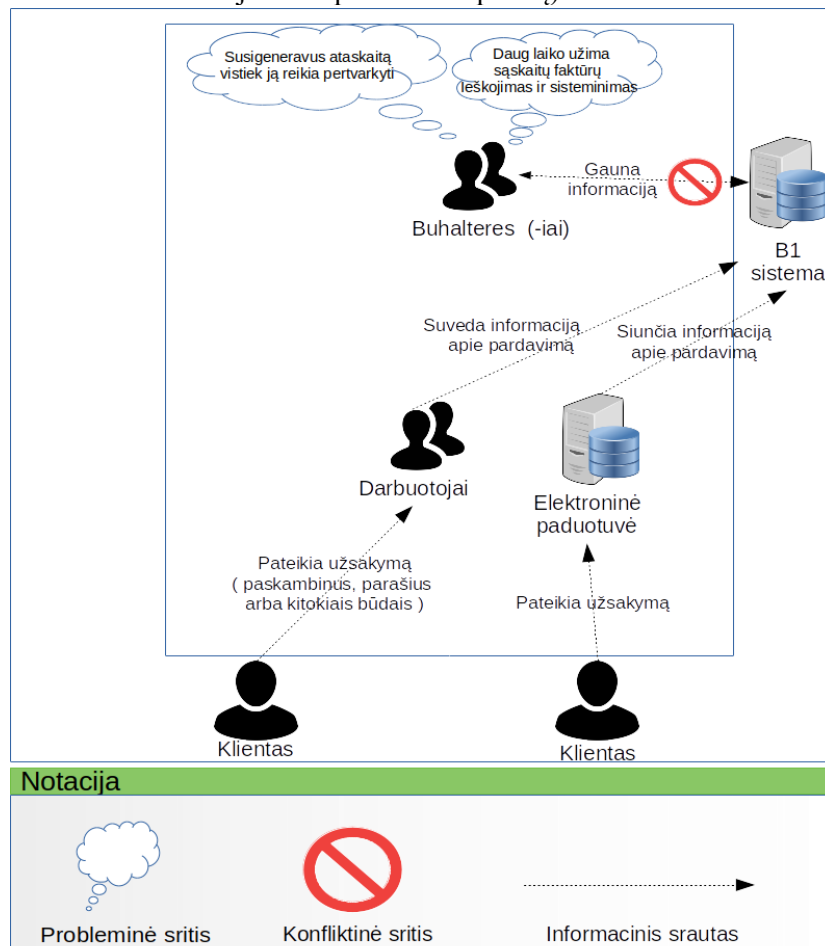
Atsižvelgiant į lentelėje pateiktus duomenis (žr. 1 lentelę) galima teigti, kad nei viena sistema neatitinka visų kriterijų. Vienintelė sistema, kuri atitiko daugiausiai reikalavimų yra B1, ji tenkina 4 iš 5 kriterijų. Tačiau šios sistemos ataskaitų generavimas nėra tinkamas užsakovui, todėl bus kuriama sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistema tam, kad būtų galima pridėti trūkstamą funkcionalumą.

3. Sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistemos projektavimas

Dalykinė sritis. Sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistemos dalykinė sritis – tai sistema, atsakinga už informacijos surinkimą iš vienos sistemos ir informacijos konvertavimą taip, kad būtų galima perkelti į kitą sistemą. Šiuo atveju surenkama informacija, sąskaitos faktūros iš sistemos „B1“, bus perkeliama ir saugoma kuriamoje sistemoje. Vėliau iš gautos informacijos bus generuojamos ataskaitos.

Probleminė sritis. Įmonės, kurios užsiima prekyba dažniausiai nori sekti ir stebėti pardavimų kiekius, pelną, klientus, kurie perka ir kiek perka, kokie produktai yra populiarūs ir atnešantys daugiausiai pelno. Taigi norint gauti tokias ataskaitas įmonės darbuotojai sudarinėja jas nenaudojant automatinių įrankių. Tokie darbai užtrunka daug laiko, jei įmonė turi ne vieną šimtą įrašų apie pardavimus, prekes ir klientus. Sistemos, kaip jau buvo minėtos „B1“, „sąskaita123.lt“ jau pradeda teikti šias paslaugas, tačiau ne visos jos ar jų ataskaitos tinka įmonėms, nes skirtingoms įmonėms gali reikėti skirtingų ataskaitų tipų pagal skirtingus kriterijus.

Probleminės situacijos pavaizdavimui naudojamas raiškūsis (vaizdusis) paveikslėlis (angl. *Rich Picture*). Šiuo laisvos formos paveikslėliu pavaizduoti dalykinės srities objektai, jų tarpusavio santykiai ir ryšiai. Išryškėja konfliktinės sritys ir jas sukeliantys veiksniai. Raiškūsis paveikslėlis pateikiamas 2 paveiksle (sukurta naudojant LibreOffice Draw atvirojo kodo priemonės aplinką).



2 pav. Sistemos probleminės srities raiškūsis paveikslėlis
Šaltinis: sudaryta autorių

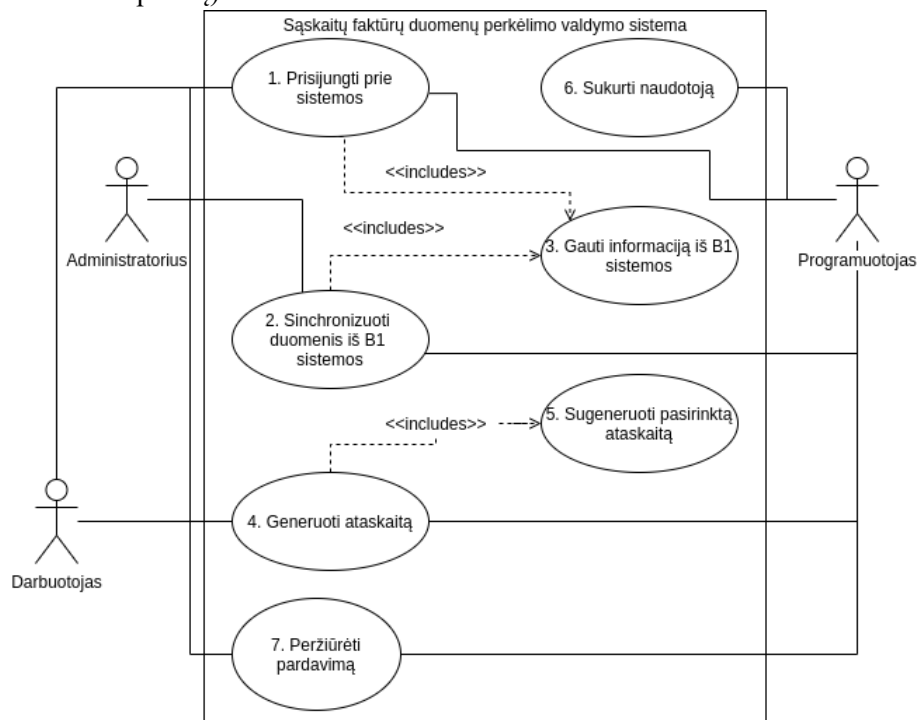
Probleminės srities raiškūsjame paveikslėlyje (žr. 2 pav.) vaizduojama, kad įmonė gali gauti užsakymus iš kelių vietų, t.y. klientas paskambina/parašo įmonės darbuotojams arba užsisako per internetinę parduotuvę. Po to pardavimas būna suvedamas į „B1“ sistemą, kur ir atsiranda pagrindinė konfliktinė vieta,

nes buhalterės (-iai) turi peržiūrėti pardavimus, pasirinkti informaciją ir ją susisteminti arba susigeneruoti ataskaitą naudojant „B1“ ir tuomet ją pertvarkyti pagal įmonės poreikius.

Taigi, kuriama sistema padėtų panaikinti konfliktines vietas ir paspartintų visą procesą bei suteiktų galimybę pridėti dar daugiau skirtingų ataskaitų statistikai rinkti.

Reikalavimų specifikacija sistemai. Kuriant informacinę sistemą reikia apibrėžti jos funkcinis reikalavimus. Net ir nekompiuterizuotų darbų projekte pirmiausia reikia išsiaiškinti įvairių darbuotojų funkcijas. Šiems reikalavimams / funkcijoms vaizduoti bus naudojama panaudojimo atvejų (angl. *Use Case*) diagrama (Pressman ir Maxim, 2014).

Sistemos panaudojimo atvejų diagrama yra pavaizduota 3 paveiksle (sukurta naudojant Creately.com (Creately, 2022) žiniatinklio aplinką).



3 pav. Sistemos panaudojimo diagrama

Šaltinis: sudaryta autorių

Paveiksle pavaizduota sistemos panaudojimo diagrama, kurioje matoma, kad darbuotojas, administratorius ir programuotojas turi prisijungti prie sistemos, jei nori ja naudotis. Toliau po prisijungimo bandoma gauti informacijos iš „B1“ sistemos ir jei neatsiranda nenumatytų klaidų yra gaunama informacija, kurią galima peržiūrėti. Prisijungę administratoriai ir programuotojai galima susinchronizuoti naujausius duomenis iš „B1“ sistemos, sukurti naujus sistemos naudotojus bei visi naudotojai gali generuoti ataskaitas.

Pagrindiniai sistemos funkcionalumai yra pažymėti PA1 – prisijungimas prie sistemos, PA2 – duomenų sinchronizacija iš „B1“ sistemos, PA3 – duomenų gavimas iš „B1“ sistemos“, PA4 – ataskaitų generavimas, PA5 – pasirinktos ataskaitos generavimas, PA6 – naudotojo sukūrimas, PA7 – pardavimų peržiūra.

Siekiant realizuoti užsakovo poreikius reikėjo iš prieš tai aprašytų panaudojimo atvejų išvesti funkcinis reikalavimus. Šių reikalavimų sudarymas apibrėžia, ką sistema turi daryti, kokios svarbios funkcijos turi būti atliekamos, kokiais duomenimis manipuluojama. Reikalavimai turi pilnai atspindėti numatomos kurti sistemos veiksmus (Pressman ir Maxim, 2015; Filipova ir Vilão, 2018).

Iš panaudojimo atvejų išvesti funkciniai reikalavimai:

FR1 – įmonės darbuotojas turi turėti galimybę prisijungti prie sistemos, atitinka PA1;

FR2 – sistema turi generuoti ataskaitas pagal pasirinktą tipą ir filtrus, atitinka PA4;

FR3 – įmonės darbuotojas prisijungęs prie sistemos turi galėti peržiūrėti pardavimus, atitinka PA7;

FR4 – administratorius/programuotojas turi turėti galimybę sukurti naują sistemos naudotoją, atitinka PA6;

FR5 – sistema turi turėti duomenų sinchronizacijos funkciją, kuri gauna visą naujausią informaciją iš „B1“ sistemos, atitinka PA2;

FR6 – sistema turi turėti funkciją, kuri aprašo duomenų gavimą iš „B1“ sistemos, atitinka PA3.

Detalesnis pirmojo funkcinio reikalavimo aprašas:

Reikalavimas #:	1	Reikalavimo tipas:	Funkcinis	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	1
Aprašymas:	Asmuo turi būti prieš tai užregistruotas sistemoje, kad galėtų prisijungti. Prisijungimas atliekamas įvedus savo prisijungimo vardą ir slaptažodį. Kadangi asmuo yra tik paslaugos naudotojas, jam yra suteiktos darbuotojo teisės.				
Pagrindimas:	Kiekvienas asmuo norėdamas naudotis sistemos teikiamomis paslaugomis turi prisijungti prie sistemos su savo duomenimis, kad sistema galėtų identifikuoti asmenį ir jis savo vardu galėtų atlikti reikiamus veiksmus.				
Šaltinis:	Darbuotojas, administratorius, programuotojas.				
Tikimo kriterijus:	Naudotojui yra suteikiamos prieigos teisės.				
Užsakovo tenkinimas:	5	Užsakovo netenkinimas:	5		
Priklausomybės:	Nėra.	Konfliktai:	Nėra.		
Papildoma medžiaga:	Nėra.				
Istorija:	Užregistruotas 2022 m. balandžio 10 d.				

Nefunkciniai reikalavimai:

NFR1 – sistema turi būti sukurta taip, kad joje esantys elementai būtų suprantami ir patraukiantys akį į tokius pagrindinius elementus, kaip meniu juostos punktus, mygtukus ir įvesties langus;

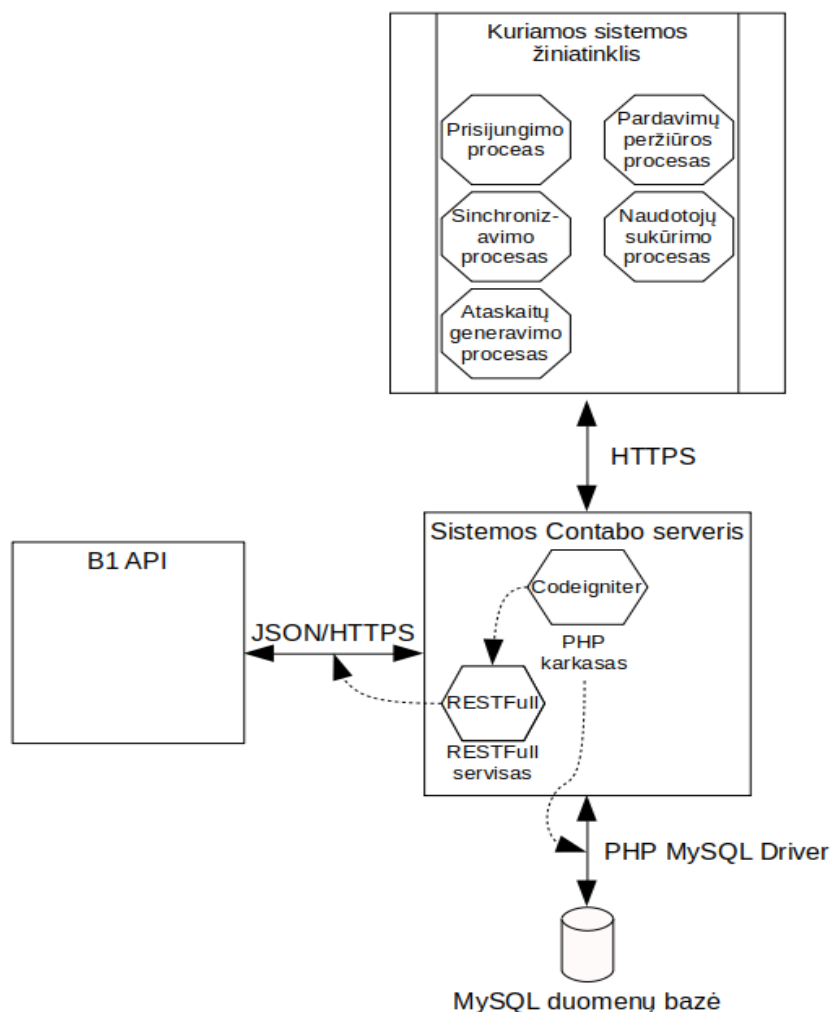
NFR2 – sistema turi būti patikima ir visi gauti, atvaizduojami ir sugeneruojami duomenys turi būti išsaugomi / atvaizduojami be klaidų;

NFR3 – sistema turi būti saugi, kad duomenys sistemoje nebūtų pasiekiami asmenis, kurie nėra įmonės darbuotojai arba neautorizuoti naudotojai.

Pavyzdžiui, pirmo nefunkcinio reikalavimo užpildyta lentelė:

Reikalavimas #:	1	Reikalavimo tipas:	Nefunkcinis	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	Visi
Aprašymas:	Novatoriška ir meniška sąsaja.				
Pagrindimas:	Reikalinga tam, kad naudotojas atkreiptų dėmesį į pagrindinius ir esminius elementus.				
Šaltinis:	Darbuotojas, administratorius, programuotojas.				
Tikimo kriterijus:	Naudotojas dažniau naudojasi išryškintais ar kitaip pateiktais elementais.				
Užsakovo tenkinimas:	5	Užsakovo netenkinimas:	5		
Priklausomybės:	Nėra.	Konfliktai:	Nėra.		
Papildoma medžiaga:	Nėra.				
Istorija:	Užregistruotas 2022 m. balandžio 5 d.				

Sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistemos architektūra. „B1“ sistema atvirai teikia savo sistemos API dokumentaciją bei suprantamais pavyzdžiais aprašo kaip siųsti ir gauti informaciją bei suteikia jau aprašytą „B1“ klasę, naudojant *PHP* kalbos programinį kodą. Ši duota klasė turi visas reikalingas funkcijas sudaryti užklausoms ir gauti klaidų pranešimus, pagal gautą informaciją iš „B1“. Užklausos bus siunčiamos naudojant *HTTP* protokolą bei visa informacija bus teikiama *JSON* formatu (*JSON*, 2022). Toliau yra pateikiama sistemos architektūra 4 paveiksle (sukurta naudojant LibreOffice Draw atvirojo kodo programą).

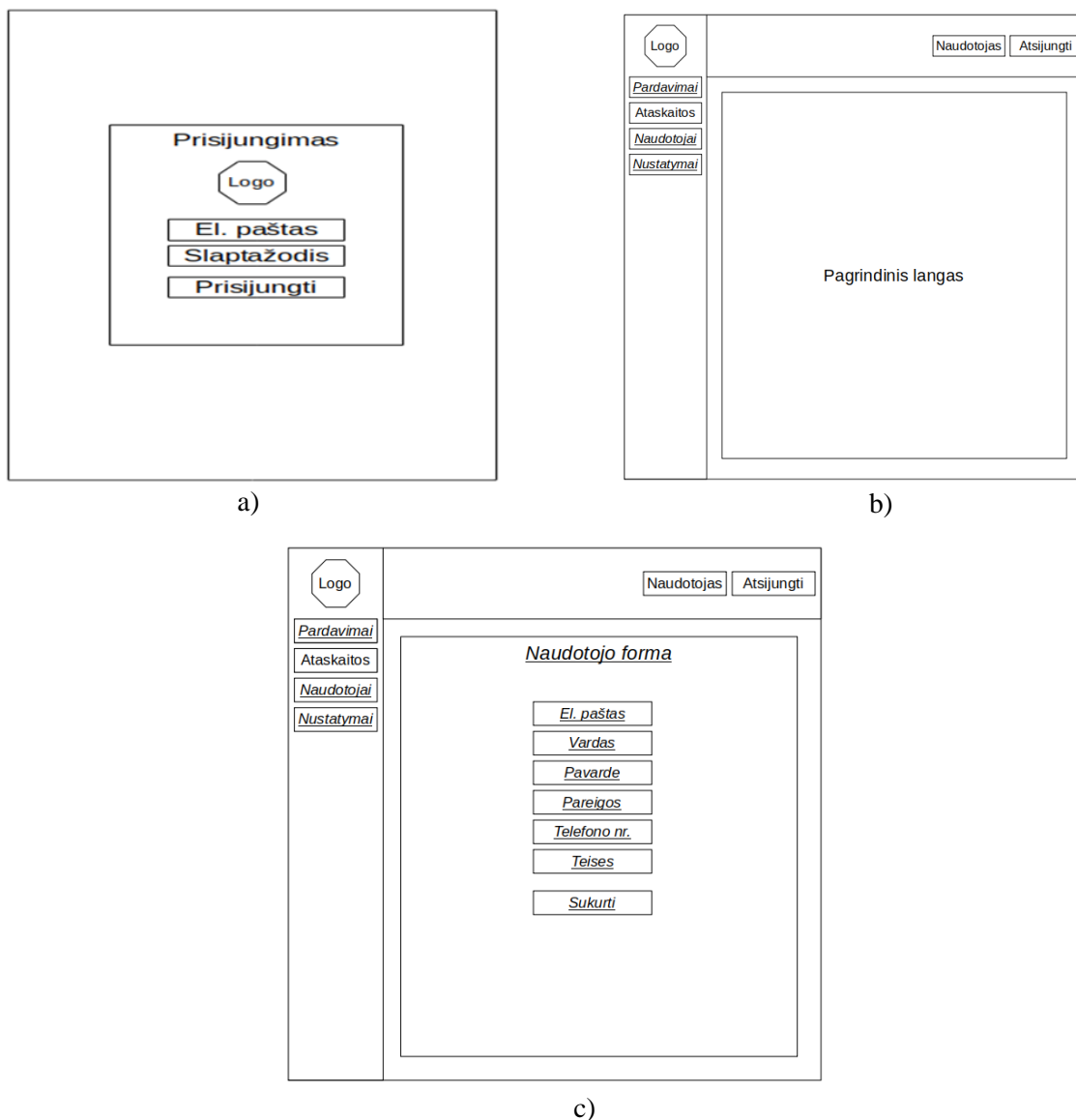


4 pav. Sistemos architektūros vaizdas
Šaltinis: sudaryta autorių

Paveiksle matome pateiktą detalesnę sistemos architektūrą. Joje matome, jog sistema naudos keletą skirtingų protokolų tam, kad veiktų duomenų gavimas, išsaugojimas, atvaizdavimas. Detalesnėje sistemos architektūroje matome, kad bus naudojamas *Codeigniter PHP* kalbos karkasas, su kuriuo bus sukuriama žiniatinklio vaizdas ir reikalinga logiką duomenų saugojimui, gavimui, atvaizdavimui bei ataskaitų generavimui (Codeigniter, 2022). Visi naudotojai ir sinchronizuota informacija iš „B1“ sistemos bus saugomi *MySQL* duomenų bazėje naudojant *PHP MySQL Driver* (Dbdiagram, 2022).

Pagrindinė architektūros prasmė yra gavus užklausą iš žiniatinklio, kurią suformuoja naudotojas pasinaudojęs atitinkama funkcija, serveriui pateikti užklausą ir gavus duomenis arba klaidos pranešimą grąžinti šiuos duomenis arba klaidos pranešimą į žiniatinklį bei atvaizduoti jį / juos. O sinchronizacijos metu žiniatinklyje yra grąžinamas pranešimas apie išsaugotų duomenų kiekį.

Sistemos vizija. Be viso to, dar reikia suprojektuoti ir preliminarą vaizdo viziją, kurioje bus atvaizduojamas meniu ir duomenys. Taip pat reikėtų vizualiai nurodyti, ką turėtų matyti administratorius/programuotojas ir ką turėtų matyti darbuotojas. Sistemos vizija yra pateikiama 5 paveiksle (sukurta naudojant LibreOffice Draw atvirojo kodo programą).



5 pav. Sistemos langai
Šaltinis: sudaryta autorių

Paveiksle matome sistemos vizijos langus ir jų išvaizdą. Pirmasis sistemos langas yra prisijungimo langas, kuriame yra atvaizduojamas įmonės logotipas po to eina prisijungimo langas ir mygtukas prisijungti. Jį galima pamatyti a) dalyje (žr. 5 pav.). Po prisijungimo naudotojas bus nukeliamas į pagrindinį langą, kuriame atvaizduojami pardavimai arba kita informacija priklausomai nuo puslapio. Pardavimo detalesnę informaciją galima matyti b) dalyje (žr. 5 pav.). Bendra grafinės sąsajos struktūra – kairėje pusėje atvaizduojama meniu juosta, kurioje bus surašyti meniu punktai, tačiau darbuotojo rolę turintis naudotojas nematys visų meniu punktų. Punktai, kurie yra pavaizduoti pasvirę ir pabraukti, yra matomi tik administratoriaus ir programuotojo. Paskutinis langas dalyje c) (žr. 5 pav.) yra naudotojo formos langas, kurioje galima pridėti naują naudotoją prie sistemos. Šį langą ir šį veiksma gali atlikti tik sistemos administratorius ir programuotojas.

Sistemos architektūros sprendimai išpildo suformuluotus reikalavimus:

1. Prisijungimo langas – elementas susijęs su FR1.
2. Pagrindinis langas – elementas susijęs su FR7, FR2, FR4.
3. Naudotojo forma – elementas susijęs su FR6.

4. Sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistemos realizacija ir testavimas

Serverio konfigūracija ir duomenų bazės kūrimas. Serverio konfigūravimas – šiam projektui įgyvendinti pasirinktas *Contabo* serveris, kuris yra patalpintas „serveriai.lt“. Nurodytas adresas suteiks prieglobą sistemai bei duomenų bazę. Tai buvo pasirinkta, nes sukūrus internetinę sistemą nereikės papildomų instaliacijų bei konfigūracijų kiekvieno darbuotojo kompiuteryje. Tai suteikia sistemai lankstumo

ir patogumo, nes prie jos galima prisijungti ir naudotis iš bet kur. Pagrindinė konfigūracija buvo susikelti reikalingus failus naudojimui pvz: *CodeGinter* karkasą ir sukonfigūruoti prisijungimą prie duomenų bazės.

Duomenų bazės kūrimas – viskas buvo sukonfigūruota „serveriai.lt“ darbuotoju reikėjo tik gauti prisijungimus. Gavus prisijungimus iš „serveriai.lt“ buvo prisijungta prie *phpMyAdmin*. Po prisijungimo prie *phpMyAdmin* aplinkos buvo sukurta duomenų bazė pavadinta „b1“, nes ten numatoma laikyti informaciją susinchronizuotą iš „B1“ sistemos.

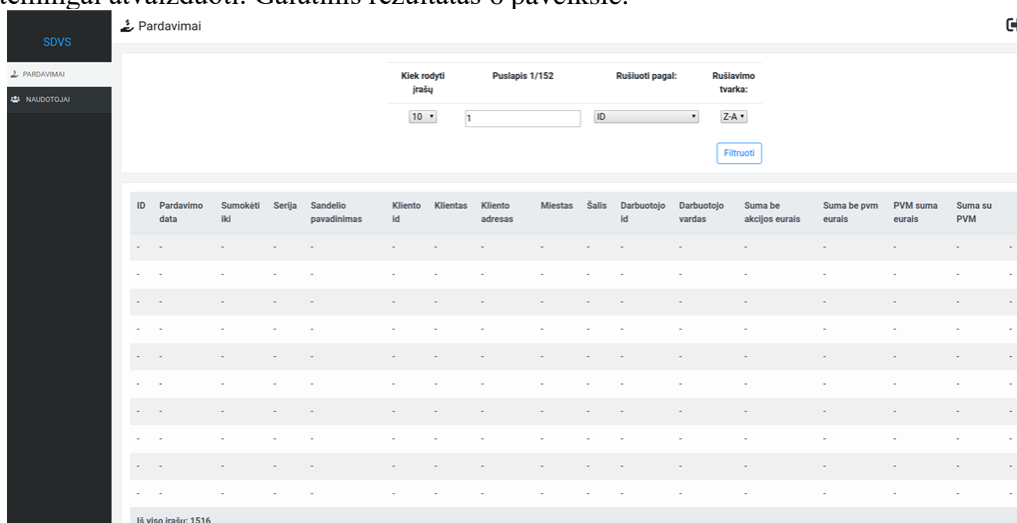
Naudotojo funkcijų kūrimas. Sukonfigūravus serverį bei susikūrus reikalingas duomenų bazės lenteles buvo galima pradėti kurti sistemą. Pirmiausia reikėjo sukurti prisijungimo formą. Kuriant visą šią sistemą bus laikomasi *SOLID* pirmojo principo, kad viena klasė gali turėti vieną atsakomybę (Hall, 2017). Iš pradžių reikėjo sukurti reikalingus naudotojo failus *MVC* struktūrai. Atsižvelgiant į minėtą karkasą ir kad jis naudoja *MVC* struktūrą, tai reiškia jog reikia sukurti tris atskirus failus, kurie turi atsirasti skirtinguose aplankuose. „model“ aplankale visi failai yra atsakingi už vienos duomenų bazės lentelės užklausas ir duomenų manipuliavimą, „controller“ esantys failai yra atsakingi už logiką ir duomenų apdorojimą, kuriuos gauna/siunčia į „model“ arba „view“. Failai esantys „view“ aplankale yra atsakingi už duomenų atvaizdavimą, kuriuos gavo iš controller“. Sukūrus reikalingus failus buvo galima pradėti rašyti reikalingas funkcijas naudotojo klasei. Algoritmai, kurie buvo sukurti naudotojui pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė

Naudotojo funkcijos-algoritmai

Funkcijos pavadinimas	Aprašymas
prisijungti()	Ši funkcija yra iškviečiama, kai naudotojas bando prisijungti. Funkcija gauna pateiktus duomenis ir patikrina ar iš suvestų duomenų toks naudotojas egzistuoja. Jei yra pajungiamas pagrindinis langas, jei ne yra gražinama klaida.
atsijungti()	Ši funkcija yra iškviečiama, kai naudotojas nori atsijungti nuo sistemos paspaudus atsijungimo mygtuką.
pridėti()	Ši funkcija yra iškviečiama, kai norima pridėti naudotoją užbaigus pildyti naudotojo formą.
istrinti()	Ši funkcija yra iškviečiama, kai naudotoją norima pašalinti iš sistemos paspaudus ištrynimo mygtuką.
redaguoti()	Ši funkcija yra iškviečiama, kai naudotojo informacija yra pakeičiama ir išsaugoma.
patikrinti_slaptazodi()	Slaptažodžio keitimo metu iškviečiama ši funkcija ir sulygina ar senasis slaptažodis buvo teisingas bei ar naujas slaptažodis yra kitoks.
atstatyti_slaptazodi()	Slaptažodžio atkūrimo funkcija iškviečiama kai administratoriui reikia atkurti naudotojo slaptažodį.
siusti_laiska()	Laiško siuntimo funkcija iškviečiama kai naudotojas yra sukuriamas arba atstatomas slaptažodis.

Kuriamas pagrindinis vaizdas – meniu ir naudotojo juostos. Šis vaizdas taip pat buvo kuriamas pagal suprojektuotą viziją ir šį kartą buvo papildomai naudojama *HTML*, *CSS*, *Bootstrap 4.3.1* ir *FontAwesome v5.7.1*. *Bootstrap* leido sukurti puslapio struktūrą rašant *HTML* kodą su tam tikromis klasėmis, kurios yra suteiktos *Bootstrap*, o *FontAwesome* leido pridėti piktogramas, naudotojo dėmesiui pritraukti į svarbius elementus ir lengvesniam supratimui. Žinant, kaip gauti duomenis iš „B1“ buvo galima pratęsti darbus prie duomenų atvaizdavimo. Ši dalis nebuvo sunki, nes visa logika duomenų gavimui jau buvo aprašyta tiesiog reikėjo sistemingai atvaizduoti. Galutinis rezultatas 6 paveiksle.



6 pav. Pagrindinis sistemos vaizdas
Šaltinis: sudaryta autorių

Buvo sukurtas nustatymų langas su visais sinchronizacijos pasirinkimais. Tai galima matyti 7 paveiksle.

Pavadinimas	Funkcija	Lentelės pavadinimas	Naujausias sinchronizuotas indeksas	Paskutinį kartą sinchronizuotas	Veiksmas
Gauti pardavimus	sync_sales	sales	1292	prieš 18 valandų	
Gauti klientus	sync_clients	clients	628	prieš 19 valandų	
Gauti produktus	sync_products	products	88	prieš 18 valandų	
Gauti parduotas prekes	sync_sold_products	sold_products	3001	prieš 18 valandų	

7 pav. Nustatymų langas
Šaltinis: sudaryta autorių

Veikimo testavimas. Šioje dalyje bus aprašomas veikimo testavimo eiga, kaip buvo atliktas testavimas kas buvo tikėtasi iš funkcijos ir kokie rezultatai buvo gauti.

Naudotojo funkcijos – pirmasis sistemos veikimo testavimas buvo pradėtas nuo naujo naudotojo sukūrimo, jo redagavimo, slaptažodžio atstatymo, prisijungimo ir galiausiai naudotojo ištrynimo. Visa tai buvo testuojama kaip ir buvo minėta nenaudojant automatinių įrankių. Testavimo rezultatai pavaizduoti 3 lentelėje.

3 lentelė

Naudotojo funkcijų testavimas

Pavadinimas	Numatyti rezultatai	Rezultatas
create_user	Užpildžius naudotojo formą ir paspaudus mygtuką išsaugoti, sistemos bus sukurtas naudotojas su įvesta informacija ir naudotojo informacija bei slaptažodis bus nusiųstas nurodytu el. paštu. Be to funkcija nesuveiks ir išmes klaidą jei el paštas nėra nurodytas.	Išbandant šią funkciją viskas veikė kaip numatyta, neįvedus el. pašto funkcija nesuveikė ir išmetė klaidą, o viską teisingai suvedus išsiuntė informaciją nurodytu el. paštu.
update_user	Paredagavus sukurtą naudotojo informacijai ir paspaudus išsaugoti, sistema atnaujina pasirinkto naudotojo duomenis.	Pasirinkus norimą naudotoją ir pakeitus naudotojo vardą po išsaugojimo pasirinktas naudotojas atsinaujino.
password_reset	Paspaudus mygtuką „Generuoti naują slaptažodį“ pasirinkto naudotojo el. paštu turi nukeliauti naujas slaptažodis ir senasis slaptažodis panaikintas.	Paspaudus mygtuką naujas slaptažodis buvo nusiųstas pasirinkto naudotojo el. paštu ir senasis slaptažodis buvo anuluotas.
user_login	Suvedus naudotojo prisijungimo duomenis, funkcija patikrina prisijungimo vardu ar naudotojas yra sukurtas sistemoje ir jei naudotojas rastas patikrina ar slaptažodis buvo įvestas teisingai. Jei viskas atitinka naudotojas prijungiamas prie sistemos, jei buvo suvesti klaidingi duomenys sistema išmeta klaidą.	Suvedus neteisingus duomenis buvo gauta klaida, o suvedus teisingus duomenis naudotojas buvo prijungtas prie sistemos.
delete_user	Paspaudus mygtuką ištrinti ir patvirtinus naudotojas iš sistemos yra pašalinamas.	Paspaudus mygtuką ir patvirtinus naudotojas buvo pašalintas.

Pateiktoje lentelėje matome visus pagrindines naudotojo funkcijas jų numatytą veikimą ir rezultatą. Atlikus naudotojo funkcijų testavimą, galima teigti, jog visos ištestuotos funkcijos veikė taip kaip ir buvo numatytos.

Grafinės sąsajos testavimas. Ištestavus sistemos veikimą buvo galima pereiti prie grafinės sąsajos testavimo. Kuriam buvo testuojamos grafinės sąsajos elementai, pasirinkus „Browser Stack“ aplinką, kuri turi galimybę testuoti įvairiuose operacinėse sistemose ir naršyklėse.

Pagrindinės aplinkos operacinės, kurios buvo ištestuotos, tai yra *Windows 10 Google Chrome 80* ir *Mac OS Safari 13*.

Išvados

1. Aptarus sąskaitos faktūros, duomenų perkėlimo bei sistemos sampratas nustatyta, kad sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistema yra kompiuterinių duomenų apdorojimas ir perkėlimas į kitą kompiuterį/sistemą. Apžvelgus skirtingas sistemas B1, itax.lt, saskaita123.lt buvo pastebėta, kad B1 labiausiai atitinka reikalavimus. Ji tenkino 4 iš 5 kriterijų, tačiau ši sistema netinka užsakovui, nes neteikia galimybės generuoti reikiamų ataskaitų. Dėl to kuriama sistema turės trūkstamą ataskaitų generavimo funkciją.

2. Projektavimo metu išsiaiškinta pagrindinė probleminė sritis, kurioje sistema bus naudinga. Išsiaiškinta naudotojų grupė – įmonės darbuotojas ir suprojektuotos sistemos rolės – programuotojas,

administratorius, darbuotojas. Sudaryta sistemos panaudojimų atvejų diagrama, funkciniai ir nefunkciniai reikalavimai nustatantys sistemos pagrindines veikimo funkcijas ir reikalavimus. Suprojektuotas sistemos architektūrinis sprendimas, keliais lygiais atskleidžiantis sistemos dalis ir naudojamas technologijas.

3. Realizacijos metu buvo sukurta sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistema, leidžianti susigeneruoti reikalingas ataskaitas pagal pasirinktus kriterijus ir tipą, bei leidžianti peržiūrėti pardavimus ir juos sinchronizuoti iš „B1“ sistemos ir saugoti sukurtoje duomenų bazėje. Taip pat sukurta grafinė sąsaja atitinkamai pagal naudotojo roles ir suteiktas teises.

4. Ištestavus sąskaitų faktūrų duomenų perkėlimo valdymo sistemos pagrindines funkcijas ir pačios sistemos veikimą buvo nustatyta, kad sistemos esminės ir reikalingiausios funkcijos veikia kaip ir buvo numatyta. Sistema sugeba gauti duomenis, atvaizduoti, išsaugoti ir sugeneruoti atitinkamas ataskaitas, nors ir buvo klaida atrasta su ataskaitomis, tačiau tai buvo pataisyta. Įsitikinus, kad daugiau klaidų nėra sistemoje galima teikti, kad sistema atitinka užsakovo poreikius ir yra tinkama praktiniam naudojimui.

Sistemos vystymosi ateities planai: sukurti prisijungimo istorija, kad būtų galima matyti iš kur naudotojai jungiasi ir kokiais įrenginiais, nes įvykus neautorizuotam prisijungimui, būtų galima matyti informacija apie prisijungimą. Planuojama ataskaitų istorijos ir saugojimą serveryje, nes skirtingiems darbuotojams gali prireikti tos pačios ataskaitos. Taip pat planuojama sutvarkyti grafinę sąsają, kad būtų galima naudotis telefonu arba kitu įrenginiu, kuris turi mažą ekraną.

Šis straipsnis prisideda prie Klaipėdos valstybinėje kolegijoje vykdomo taikomojo mokslinio tyrimo „Veiklos valdymo modelių taikymas žiniomis grindžiamoje informacinių sistemų inžinerijoje“ (veiklos sritis: darnios aplinkos vystymas; kryptis: inovatyvios technologijos; tematika (šaka): išmaniosios komunikacijų technologijos, TMV IF-027).

Literatūra

1. Arnold, R. D., Wade, J. P. 2015. *A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach*. Procedia Computer Science 44, 669-678.
2. B1, 2022. *B1 api dokumentacija* [interaktyvus], [žiūrėta 2022 m. vasario 10 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.b1.lt/doc/api>.
3. Bourgeois D. T., 2014. *Information systems for business and Beyond* [interaktyvus], [žiūrėta 2022 m. kovo 12 d.]. Saylor foundation. Prieiga per internetą: <https://bit.ly/2WZDrPH>.
4. Codeigniter, 2022. *Codeigniter dokumentacija ir paaiškinimas* [interaktyvus], [žiūrėta 2022 m. balandžio 12 d.]. Prieiga per internetą: <https://codeigniter.com/>.
5. Creately, 2022. *Creately oficialus puslapis* [interaktyvus], [žiūrėta 2022 m. vasario 12 d.]. Prieiga per internetą: <https://creately.com/>.
6. Dbdiagram, 2022. *Dbdiagram oficialus puslapis* [interaktyvus], [žiūrėta 2022 m. vasario 14 d.]. Prieiga per internetą: <https://dbdiagram.io>.
7. Filipova, O., Vilão, R., 2018. *Software Development From A to Z: A Deep Dive into all the Roles Involved in the Creation of Software*. Apress.
8. Hall, M. G., 2017. *Adaptive Code: Agile Coding with Design Patterns and SOLID Principles*. Microsoft Press; 2 edition.
9. ims.mii.lt, 2022. *Informatikos mokymo moksliniai metodai* [interaktyvus], [žiūrėta 2022 m. sausio 21 d.]. Prieiga per internetą: <http://ims.mii.lt/EK%C5%BD/enciklo.html?word=perkelti%20%E8ia>.
10. Itax.lt, 2022. *Oficalus itax.lt puslapis* [interaktyvus], [žiūrėta 2022 m. vasario 15 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.itax.lt/>.
11. JSON, 2022. *Introducing JSON* [interaktyvus], [žiūrėta 2022 m. sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.json.org/>.
12. Mindjet, 2022. *MindManager* [interaktyvus], [žiūrėta 2022 m. kovo 10 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.mindjet.com/mindmanager/>.
13. Pressman, R. S., Maxim, B. R., 2015. *Software Engineering: A Practitioners Approach* (8 laida). Boston: McGraw-Hill.
14. Rustler, F., 2012. *Mind Mapping For Dummies*. Chichester: John Wiley&Sons.
15. Sommerville, I., 2011. *Software Engineering: Ninth Edition*. New York: Pearson.
16. Sąskaita123.lt, 2022. *Oficialus saskaita123.lt puslapis* [interaktyvus], [žiūrėta 2022 m. vasario 22 d.]. Prieiga per internetą: <https://bit.ly/2AqTgHj>.
17. vmi.lt, 2022. *Pvm sąskaitų faktūrų rekvizitai ir prievolės, susijusios su pridėtinės vertės mokesčiu* [interaktyvus], [žiūrėta 2022 m. balandžio 12 d.]. Prieiga per internetą: <https://bit.ly/35ZKgVj>.
18. Watson, R. T., 2014. *Information systems. Orange Grove Texts Plus* [interaktyvus], [žiūrėta 2022 m. kovo 12 d.]. Prieiga per internetą: <https://bit.ly/3dWZvBp>.
19. Wątróbski, J., Karczmarczyk, A., 2017. *Application of the Fair Secret Exchange Protocols in the Distribution of Electronic Invoices*. Procedia Computer Science, 112, 1819-1828.

INVOICE DATA MIGRATION MANAGEMENT SYSTEM

Summary

In commercial and public buildings, the most commonly used technologies for detection and tracking of moving objects are used PIR and microwave motion sensors and security cameras. These technologies cannot automatically identify the captured moving object. For this reason, it is not possible to execute predetermined program logic for executing instructions using processed moving object data. After algorithms for data storage, administration and location violation checking of the objects movement control system for indoor environment realization found, that the system is able to check if the selected object is in the building, determine its location and simulate movement in a building plan. The system also allows you to view the history of object movement, to set restricted access areas indoors and provide access levels for moving objects. An Invoice Data Migration Management System was created, which allows to generate the required reports according to the selected criteria and type, as well as providing the possibility to view sales and synchronize them from the "B1" system and store them in created database. The system also has a graphical interface according to the role of the user and the rights granted.

Keywords: system, invoice, report, generate, data acquisition.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jurij Tekutov.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Inžinerijos ir informatikos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žiniomis grindžiami studijų proceso valdymo modeliai.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 618 54681, j.tekutov@kvk.lt.

Autoriaus vardas, pavardė: Julija Smirnova.

Mokslo laipsnis ir vardas: lektorė.

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Inžinerijos ir informatikos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: informacinės technologijos, taikomųjų tyrimų metodologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 618 54683, j.smirnova@kvk.lt.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Jurij Tekutov.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Klaipėda State University of Applied Sciences, Faculty of Technology, Engineering and Informatics Department associated professor.

Author's research interests: study process control knowledge based models.

Telephone and e-mail address: 8 618 54681, j.tekutov@kvk.lt.

Author name, surname: Julija Smirnova.

Science degree and name: lecturer.

Workplace and position: Klaipėda State University of Applied Sciences, Faculty of Technology, Engineering and Informatics Department lecturer.

Author's research interests: information technology, applied research methodology.

Telephone and e-mail address: 8 618 54683, j.smirnova@kvk.lt.

SUDĖTINIŲ SKAIČIŲ FAKTORIZAVIMO ALGORITMAS

Petras, Nefas, Rūta, Jankūnienė

Kauno technikos kolegija

Anotacija

RSA šifravimo algoritmo kriptografinis atsparumas grindžiamas tuo, kad neįmanoma per priimtina laiką išskaidyti didelį sudėtinį skaičių į pirmines dedamąsias. Straipsnyje nagrinėjama galimybė išskaidyti sudėtinį skaičių (viešą parametą) į pirminius dauginamuosius p ir q , atliekant išskaičiuotino parametro $k=q/p$ paiešką. Išanalizuota priklausomybė tarp RSA algoritmo kriptografinio atsparumo ir išskaičiuotino parametro k dydžio. Ištirtos išskaičiuotino parametro k savybės - nustatytas reikšmių intervalas, surinkta statistika ir sudarytas šio parametro tikimybinis skirstinys bei sukurtas jo paieškos matematinis modelis. Išvesta normalizuoto atstumo funkcija $\Delta_n = f(k)$ ir jai atvirkštinė funkcija $k = f(\Delta_n)$. Remiantis pateiktu matematinio modeliu sukurtas faktorizavimo algoritmas ir pateikta jo realizacija Java kalba. Nustatyta, kad algoritmas yra efektyvus, esant nedideliems atstumams tarp p ir q parametų. Šiuo požiūriu jis yra efektyvesnis nei elipsinių kreivių ir kvadratų sieto metodų algoritmas. Nustatyta, kad RSA algoritmas gali turėti saugumo spragą, jei atstumas tarp p ir q parametų yra mažesnis už 522.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Sudėtiniai skaičiai, faktorizacija, RSA, viešasis raktas, kriptografija.

Įvadas

RSA (angl. Rivest–Shamir–Adleman) yra viešojo rakto kriptosistema, plačiai naudojama saugiam duomenų perdavimui. Tai vienas seniausių algoritmų [7]. Viešojo rakto kriptosistemoje šifravimo raktas yra viešas ir skiriasi nuo iššifravimo rakto, kuris laikomas paslapyje (privatus). RSA vartotojas sukuria ir paskelbia viešąjį raktą, pagrįstą dviem dideliais pirminiais skaičiais kartu su pagalbine reikšme. Pirminiai skaičiai laikomi paslapyje. Pranešimus gali užšifruoti bet kas, naudodamas viešąjį raktą, bet iššifruoti gali tik tas, kuris žino pirminius skaičius [6]. RSA yra gana lėtas algoritmas. Dėl šios priežasties jis nėra dažnai naudojamas tiesioginiam vartotojo duomenų šifravimui. Dažniau RSA naudojama bendriems simetrinio rakto kriptografijos raktams perduoti, kurie vėliau naudojami masiniam šifravimui ir iššifravimui.

RSA saugumas priklauso nuo dviejų didelių pirminių skaičių sandaugos, arba kitaip „faktorizavimo problemos“. RSA šifravimo „nulaužimas“ žinomas kaip RSA problema. Ar tai taip pat sudėtinga, kaip ir faktorizavimo problema, dar yra atviras klausimas. Nėra paskelbtų dešifravimo tyrimų, kai naudojamas pakankamai didelis raktas.

Kiekvienas sudėtinis skaičius (dalinasi ne tik iš savęs, bet ir iš daugiau nei 2 kitų daliklių) vieninteliu būdu reiškiamas pirminių daugiklių sandauga. Tokio sudėtinio skaičiaus faktorizavimas priskiriamas NP (angl. Nondeterministic Polynomial Time) klasės sudėtingumo uždaviniams, t.y. laiko trukmė, reikalinga sudėtinio skaičiaus išskaidymui į pirminius dauginamuosius, išauga eksponentiškai didėjant pačiam skaičiui [8].

Kiekvienais metais pasirodo po kelias naujas publikacijas, skirtas šiai problematikai. Šiuo metu efektyviausiais faktorizavimo algoritmais laikomi Elipsinių Kreivių Metodas (angl. Elliptic Curve Method) bei Kvadratų Sieto Metodas (angl. Quadratic Sieve Method) [3].

Šiame darbe pristatomas naujas faktorizavimo algoritmas, kurio pagrindas - atstumo tarp sudėtinio skaičiaus n pirminių dauginamųjų p ir q aritmetinio vidurkio ir geometrinio vidurkio analizė. Skaičiaus n faktorizacija vykdoma atliekant išskaičiuotino parametro k paiešką.

Išskaičiuotino parametro k savybės

Tai straipsnio autorių įvestas parametras, kuris rodo RSA viešo rakto parametro n pirminių dauginamųjų santykio skaitinę reikšmę. Tegul viešas parametras $n = p \cdot q$, čia p ir q yra pirminiai skaičiai. Nors tradiciškai laikoma, kad $q > p$, bendroju atveju, formaliai išskaičiuojamasis parametras k nustatomas taip:

$$k = \begin{cases} q/p & \text{jei } q > p \\ p/q & \text{kitu atveju} \end{cases} \quad (1)$$

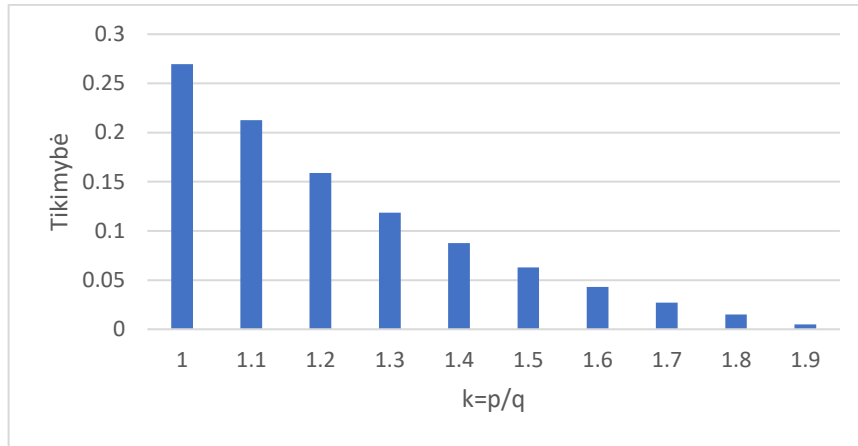
Parametras k priklauso realių skaičių klasei; jo reikšmių funkcija galimų reikšmių diapazone nėra tolydi, bet diskretiška, t.y. vienai skaičių p ir q porai atitinka tik viena k reikšmė, bet ne kiekvienai k reikšmei galima parinkti atitinkamą p ir q porą. Žinodami k reikšmę ir viešą parametą n , galime trivaliai apskaičiuoti p ir q :

$$p = \sqrt{n \cdot k}; \quad (2)$$

$$q = \sqrt{n/k}. \quad (3)$$

Taip pat svarbus kriterijus yra tas, kad n ir k sandauga yra sveikas skaičius.

Siekiant nustatyti galimą reikšmių diapazoną buvo atliktas eksperimentinis tyrimas. RSA parametro n ir pirminių dauginamųjų p ir q generavimo procedūra reglamentuota standartu FIPS PUB 186-4 [1]. Skaičiai p ir q - tai nepriklausomai vienas nuo kito sugeneruoti 1024 bitų ilgio pirminiai skaičiai. Jei jų sandauga yra 2048 bitų ilgio, tai ji priskiriama skaičiui n , priešingu atveju - generuojama nauja p ir q skaičių pora. Buvo sukurta Java aplikacija ir jos pagalba sugeneruota 1000000 atsitiktinių pirminių skaičių p ir q porų, kiekvienai jų apskaičiuotas parametras k , surinkta statistika ir sudarytas išskaičiuojamo parametro $k = q/p$ tikimybinis skirstinys (1 pav.).



1 pav. Parametro k tikimybinis skirstinys
Šaltinis: sudaryta autorių

Matyti, kad parametro k reikšmių intervalas yra nuo 1 iki 2, o jo tikimybinis skirstinys yra eksponentinis. Su tikimybe $P = 0,5$ $k < 1.2$, t.y puse visų sugeneruotų porų, parametro k reikšmė iš pirmojo penktadalio intervalo.

Parametro k paieškos matematinis modelis

Tegul $v = \frac{p+q}{2}$ pirminių dauginamųjų aritmetinis vidurkis. Kadangi p ir q pirminiai skaičiai ir nelyginiai bei įvertinus parametro k intervalą, tai aritmetinis vidurkis yra sveikas skaičius tokiuose režiuose:

$$[\sqrt{n}] \leq v \leq \frac{3}{\sqrt{2}}\sqrt{n} \quad v \in \mathbb{Z} \quad (3)$$

Tegul gv – tai pirminių skaičių q ir p geometrinis vidurkis:

$$gv = \sqrt{qp} = \sqrt{n}. \quad (4)$$

Δ atstumas tarp pirminių skaičių vidurkio ir geometrinio vidurkio:

$$\Delta = v - gv = \frac{p+q}{2} - \sqrt{n}. \quad (5)$$

Išreiškus $q = \sqrt{n/k}$ ir $p = \sqrt{n \cdot k}$, gaunama:

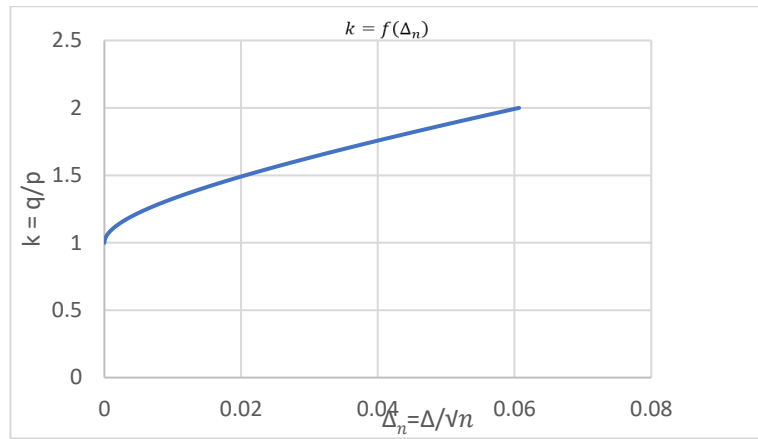
$$\Delta = \frac{\sqrt{n} \left(\sqrt{\frac{1}{k} + \sqrt{k}} \right)}{2} - 1. \quad (6)$$

Tegul $\Delta_n = \frac{\Delta}{\sqrt{n}}$ yra normalizuotas atstumas, tada

$$\Delta_n = \frac{\Delta}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{k} + \sqrt{k}}}{2} - 1. \quad (7)$$

Išvedus tiesioginę normalizuoto atstumo nuo išskaičiuotino parametro k $\Delta_n = f(k)$ funkciją, pasinaudojus MatLAB matematiniu paketu apskaičiuojama atvirkštinė funkcija $k = f(\Delta_n)$:

$$k = \frac{1}{8\Delta_n - (2\Delta_n + 2) \left(\Delta_n + \sqrt{\Delta_n^2 + 2\Delta_n + 1} \right) + 4\Delta_n^2 + 3}. \quad (8)$$



2 pav. Funkcijos $k = f(\Delta_n)$ priklausomybė nuo normalizuoto atstumo
Šaltinis: sudaryta autorių

Atkreiptinas dėmesys, kad esant mažoms Δ_n reikšmėms nedidelis Δ_n pokytis sukelia reikšmingus parametro k pokyčius (2 pav.).

FaktORIZAVIMO ALGORITMAS

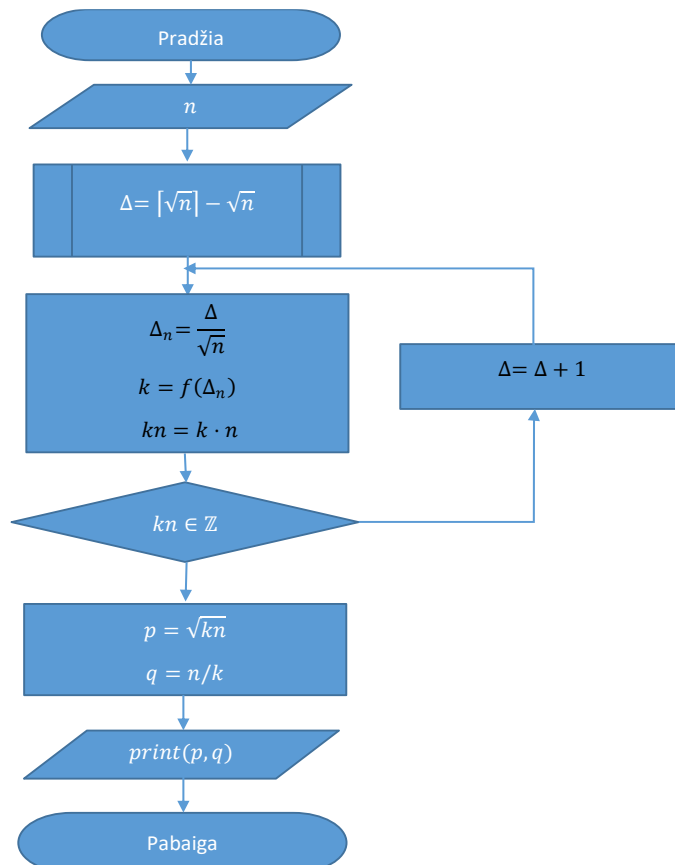
Remiantis aukščiau išdėstytais samprotavimais, sukurtas sudėtinio skaičiaus faktORIZACIJOS algoritmas. Pirmiausiai ieškomas minimalus atstumas tarp v ir gv :

$$\Delta = \lceil \sqrt{n} \rceil - \sqrt{n}. \quad (9)$$

Po to randamas minimalus normalizuotas atstumas (7). Pasinaudojus atvirkštine funkcija (8), randama išskaičiuoto parametro k reikšmė. Patikrinus, ar kn yra sveikas skaičius, apskaičiuojami pirminiai dauginamieji p ir q (2), (3).

Algoritmo blokinė schema pateikta 3 pav.

Jei parametras kn nėra sveikas skaičius, atstumas Δ padidinamas vienetu $\Delta = \Delta + 1$. Šis žingsnis kartojamas tol, kol kn taps sveiku skaičiumi (3 pav.).



3 pav. FaktORIZACIJOS algoritmo blokinė schema
Šaltinis: sudaryta autorių

Algoritmo realizavimas ir tyrimo rezultatai

Sukurta algoritmo programinė realizacija Java kalba dėl patogios *BigInteger* bibliotekos, skirtos darbui su dideliais skaičiais [5]. Programiniam kodui kompiliuoti panaudota *IntelliJ Idea* integruota kūrimo aplinka [2]. Sukurtos 5 Java klasės; pats programinis kodas turi 500 eilučių. Programos fragmentas pavaizduotas 4 paveikslėlyje.

Tyrimo rezultatai lyginami su faktorizacijos kalkuliatoriumi [4]. Šis kalkuliatorius naudoja elipsinių kreivių ir kvadratų sieto metodus (1 lentelė).

1 lentelė

Sudėtinio skaičiaus faktorizavimo trukmė, s

$\log_2 n$, skaičiaus n ilgis (bitais)	$\log_2(p - q)$, atstumas tarp pirminių skaičių (bitais)	Trukmė, s (sukurtas metodas)	Trukmė, s (ECM metodas)
2048	517,1673	1,3	0,5
2048	518,539	5,4	2,1
2048	518,796	6,8	2,1
2048	518,968	9,8	328
2048	519,189	10,6	>1000
2048	519,809	30,4	>1000
2048	520,552	66,5	>1000
2048	521,446	292,9	>1000
2048	521,985	801,1	>1000

Šaltinis: sudaryta autorių

```

public void faktorizingas(){
    BigDecimal sqrtn = new BigDecimal(n).sqrt(mc);
    BigDecimal poz0 = new BigDecimal(n.sqrt()).add(BigInteger.ONE).subtract(sqrtn);
    BigInteger countRiba = n.sqrt().divide(BigInteger.valueOf(16)); // kai intis 100 procentu
    BigInteger count = BigInteger.ZERO;
    boolean arTesti = true;
    var b1 = new BigDecimal( val: 1);
    var b2 = new BigDecimal( val: 2);
    var b3 = new BigDecimal( val: 3);
    var b4 = new BigDecimal( val: 4);
    var b8 = new BigDecimal( val: 8);
    while (arTesti){
        BigDecimal x = poz0.add(new BigDecimal(count)).divide(sqrtn,mc);
        var t1 = b2.multiply(x).add(b2);
        var t2 = x.multiply(x.add(b2)).sqrt(mc).add(x).add(BigInteger.ONE);
        k = b8.multiply(x).subtract(t1.multiply(t2)).add(b4.multiply(x).multiply(x)).add(b3);
        k = b1.divide(k,mc);
        BigDecimal nk = k.multiply(new BigDecimal(n));
        var mc1 = new MathContext( getPrecision: bituIlgis/2-1, RoundingMode.HALF_UP);
        nk = nk.round(mc1);
        if (isIntegerValue(nk)){
            arTesti = false;
            q = nk.toBigInteger().sqrt();
        }
    }
}
    
```

4 pav. Programos fragmentas

Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados

1. Vertinant galimą RSA algoritmo saugumo spragą, ištirta dviejų didelių pirminių p ir q skaičių sandaugos faktorizacija, kai šie skaičiai yra generuojami nepriklausomai vienas nuo kito. Tam buvo ištirtos išskaičiuotino parametro $k = p/q$ savybės, sukurtas k parametro paieškos matematinis modelis, išvesta šio parametro nuo normalizuoto atstumo funkcija $k = f(\Delta n)$.

2. Remiantis k parametro matematiniais modeliais, sukurtas iteracinis algoritmas parametro k paieškai. Esant tikimybei $P = 1$, algoritmo įvykdymui reikės ne daugiau, kaip $\frac{3}{2\sqrt{2}}\sqrt{n} - 1 (\approx 0,061\sqrt{n})$ žingsnių. Esant tikimybei $P = 0,5$, algoritmui pakaktų $\approx 0,0042\sqrt{n}$ žingsnių.

3. Buvo sukurta faktorizavimo algoritmo realizacija Java kalba. Atlikti bandymai parodė, kad algoritmas yra efektyvus, esant nedideliams atstumams tarp p ir q parametru, t.y. kai atstumas neviršija $\log_2(p - q) < 522$. Šiuo požiūriu jis yra efektyvesnis nei elipsinių kreivių ir kvadratų sieto metodų sukurtas algoritmas, kadangi šiam algoritmui, tam, kad faktorizuotų sudėtinį skaičių per priimtina laiką, atstumas tarp parametru turi būti nedidesnis nei 519.

4. Nustatyta, kad RSA algoritmas gali turėti saugumo spragą, jei atstumas tarp pirminių skaičių p ir q yra mažesnis už 522.

5. Kaip ir visiems iteraciniams paieškos algoritms, pasiūlyto autorių algoritmo paieškos trukmė eksponentiškai priklauso nuo paieškos lauko dydžio, todėl, autorių manymu, būtų perspektyvu pereiti prie kito tipo - euristinių paieškos metodų.

Literatūra

1. FIPS 186-4 Digital Signature Standard (DSS) <https://csrc.nist.gov/publications/detail/fips/186/4/final>
2. *Integruota kūrimo aplinka JetBrains Intelij IDEA* <https://www.jetbrains.com/idea/>
3. Krishna, Duggirala Meher and Ravi, Duggirala *Probability Analysis and Comparison of Well-Known Integer Factorization Algorithms* <https://arxiv.org/abs/2101.09151>
4. Online faktorizacijos kalkuliatorius <https://www.alpertron.com.ar/ECM.HTM>
5. *Online Java Oracle dokumentacija* <https://docs.oracle.com/en/java/javase/12/docs/api/java.base/java/math/BigInteger.html>
6. Rivest, R.; Shamir, A.; Adleman, L. (February 1978). "A Method for Obtaining Digital Signatures and Public-Key Cryptosystems" (PDF). *Communications of the ACM*. **21** (2): 120–126. [CiteSeerX 10.1.1.607.2677](https://doi.org/10.1145/359340.359342). doi:10.1145/359340.359342. S2CID 2873616.
7. Smart, Nigel (February 19, 2008). "Dr Clifford Cocks CB". *Bristol University*. Retrieved August 14, 2011.
8. Wigderson, Avi. "P, NP and mathematics – a computational complexity perspective" (PDF). Retrieved

ALGORITHM FOR FACTORISING OF COMPLEX NUMBERS

Summary

The cryptographic robustness of the RSA encryption algorithm is based on the impossibility of decomposing a large composite number into its prime factors in a reasonable time. This paper explores the possibility of decomposing a complex number (a public parameter) into prime factors p and q by searching for the parameter $k=q/p$ to be decomposed. The dependence between the cryptographic robustness of the RSA algorithm and the size of the parameter k to be extracted is analysed. The properties of the parameter k were investigated by determining the range of values, collecting statistics and constructing a probability distribution for this parameter and developing a mathematical model for its search. The normalised distance function $\Delta_n = f(k)$ and its inverse function $k = f(\Delta_n)$ are derived. Based on the mathematical model a factorisation algorithm is developed and its implementation in Java is presented. The algorithm is found to be efficient for small distances between the p and q parameters. In this respect, it is more efficient than the elliptic curve and square sieve methods. It has been found that the RSA algorithm may have a security gap if the distance between the p and q parameters is smaller than 522.

KEYWORDS: Complex numbers, factorisation, RSA, public key, cryptography.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Petras Nefas.

Mokslo laipsnis ir vardas: mokslų daktaras.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, Inžinerijos mokslų fakultetas, Elektronikos technikos studijų programos docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: telekomunikacinių tinklų ir duomenų perdavimo saugumas, kriptografija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 630 01115, petras.nefas@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Rūta Jankūnienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė.

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

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

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

AUTHORS COVER LETTER

Author name, surname: Petras Nefas.

Science degree and name: doctor.

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

Author's research interests: security of telecommunication networks and data transmission, cryptography.

Telephone and e-mail address: +370 630 01115, petras.nefas@edu.ktk.lt

Author name, surname: Rūta, Jankūnienė.

Science degree and name: doctor.

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

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

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

GAMYBOS PROCESO EFEKTYVAUS VALDYMO DUOMENŲ RŪŠIAVIMO ALGORITMŲ APŽVALGA

Urtė Radvilaitė

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Fundamentinių mokslų fakultetas, Informacinių sistemų katedra

Anotacija

Stambiaserijinės ar masinės gamybos metu naudojant pažangias gamybos technologijas yra taikomi duomenų analizės algoritmai leidžiantys efektyviai valdyti gamybos procesą. Šiame darbe yra charakterizuoti septyni duomenų rūšiavimo algoritmai, pateikti jų aprašymai ir pritaikomumas.

Reikšminiai žodžiai: algoritmų charakteristikos, duomenų rūšiavimas, pritaikomumas.

Ivadas

Šiuolaikinės pramonės vystymasis sąlygoja naujų technologijų diegimą (Atalay et al., 2013). Vyraujanti Pramonės 4 revoliucija skatina diegti ne tik sudėtingą įrangą jutiklių, valdiklių pagrindu, bet ir priverčia naudoti atitinkamus duomenų analizės metodus (Klingenberg et al., 2022). Toks simbiotinis ryšys tarp valdymo sistemos ir duomenų analizės sistemos realiu laiku užtikrina savalaikį gamybos procesų koregavimą (Li et al., 2021), kuris užtikrina mažesnę gaminamų gaminių broko tikimybę (Halkos et al., 2021).

Šiuolaikiniame preciziniame metalų apdirbime toks programinės įrangos taikymas leidžia ne tik spartinti gamybos procesą (Sujeesh et al., 2022), bet ir užtikrina jo kokybę (Geng and Bidanda, 2021). Dabartiniu metu esant stambiaserijinei ir masinei gamybai apdirbimo centrai nėra kaip gamybos vienetas (Xiong et al., 2022), o jie jungiami į linijas kur funkcionuoja ne tik pats detalių gamybos procesas, bet ir jo atitinkama kontrolė –matavimo staklių pagrindu (Hatayama, 2022). Tokia linija leidžia užtikrinti didesnę gamybos proceso efektyvumą, operatyviai reaguoti į gamybos metu atsirandančius trikdžius (Baptista, 2013). Todėl tampa svarbu parinkti tinkamus kontrolės metodus, kurie užtikrins tokios sistemos darbo efektyvumą. Kaip vienas svarbiausių šio parinkimo aspektų galima įvardyti duomenų rūšiavimo algoritmo parinkimą. Toks parinkimas gali būti naudojamas kaip centralizuotas – kai analizuojami visi gamybos linijoje esančių staklių gaminamos produkcijos duomenys, tiek ir decentralizuotas – kada kiekvieno gamybos linijos elemento (staklių) gaminamos produkcijos duomenys analizuojami atskirai. Labai svarbus aspektas vertinant stambiaserijinės ar masinės gamybos pobūdį yra duomenų apdorojimo (rūšiavimo) greitis, kuris lemia efektyvų gamybos proceso valdymą.

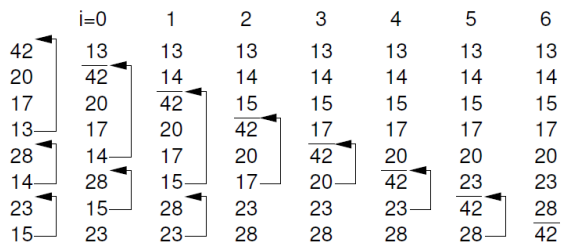
Šio straipsnio pagrindinis tikslas identifikuoti ir charakterizuoti duomenų rūšiavimo algoritmus, išskiriant jų pagrindines savybes turinčias įtakos spartesniam duomenų apdorojimui.

Burbulo algoritmas (angl. Bubble sort)

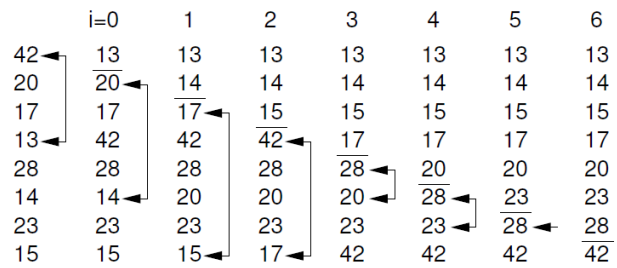
Šis algoritmas yra paprasčiausias iš visų žinomų rūšiavimo metodų (pvz. 1 pav.). Duomenys yra skaitomi nuo pirmojo iki paskutinio elemento duomenų aibėje $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_N\}$. Rūšiavimas vykdomas lyginant gretimų elementų porą (a_i, a_{i+1}) , $i = 1, \dots, N-1$: jei vykdomas rūšiavimas didėjimo tvarka, o lyginamų elementų pora yra $a_i > a_{i+1}$, tai elementai sukeičiami vietomis. Burbulo algoritmą sudaro $N-1$ žingsnis tikrinant elementus. Sudėtingumas yra $O(N^2)$ (Drozdek, 2013; Karumanchi, 2020; Shaffer and Shaffer, 2012).

Išrinkimo algoritmas (angl. Selection sort)

Kaip sufleruoja pavadinimas, šis rūšiavimo algoritmas išrenka elementą iš duomenų aibės $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_N\}$ ir patalpina jį į pirmąją vietą kaip surūšiuotą elementą $A^R = \{a^R_1\}$ (pvz. 2 pav.). Išrenkamas mažiausias arba didžiausias elementas, priklausomai nuo to, koks rūšiavimas vykdomas. Kitame žingsnyje nagrinėjami likę elementai $A = \{a_2, a_3, \dots, a_N\}$, iš kurių vėl išrenkamas mažiausias/didžiausias elementas ir talpinamas surūšiuotoje aibėje $A^R = \{a^R_1, a^R_2\}$. Išrinkimo algoritmą sudaro $N-1$ žingsnis, jo sudėtingumas $O(N^2)$ (Drozdek, 2013; Karumanchi, 2020; Shaffer and Shaffer, 2012).



1 pav. Burbulo algoritmo pavyzdys



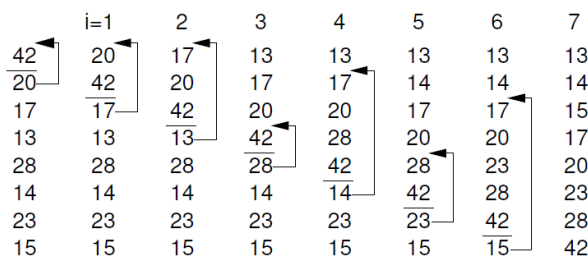
2 pav. Išrinkimo algoritmo pavyzdys

Įterpimo algoritmas (angl. Insertion sort)

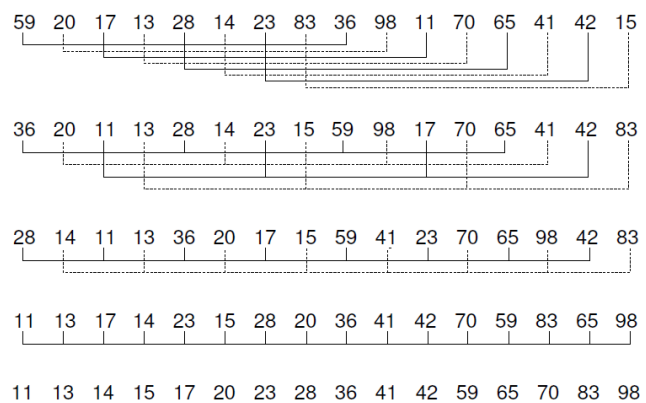
Šis rūšiavimas atliekamas paimant elementą iš duomenų aibės $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_N\}$ ir įterpiant jį į reikiamą vietą surūšiuotoje aibėje (pvz. 3 pav.). Rūšiuojant įterpimo algoritmu, laikoma, kad pirmasis elementas yra savo vietoje, o rūšiavimas pradamas nuo antrojo a_2 : jei a_1 ir a_2 netenkina rūšiavimo sąlygos, tada jie sukeičiami vietomis. Toliau imamas kitas elementas iš likusios nerūšiuotos aibės ir tikrinama jo pozicija. Rūšiavimas baigiamas kai nebelieka elementų, kurios būtų galima įterpti į surūšiuotą aibę, t.y. $A = \{\emptyset\}$. Įterpimo algoritmo sudėtingumas yra $O(N^2)$ (Drozdek, 2013; Karumanchi, 2020; Shaffer and Shaffer, 2012).

Šelo algoritmas (angl. Shell sort)

Šelo algoritmas veikia panašiai kaip įterpimo algoritmas, tačiau čia lyginami elementai nėra gretimi (pvz. 4 pav.). Šelo rūšiavimo idėja yra paimti du labiausiai nutolusius vienas nuo kito elementus ir juos palyginti. Kitame rūšiavimo žingsnyje imami arčiau esantys elementai, o galiausiai lyginami gretimi elementai. Taigi, rūšiuojant Šelo algoritmu, duomenų aibė $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_N\}$ yra dalijama į poaibius, kur kiekvienas iš jų yra surūšiuojami atskirai. Kiekviename žingsnyje yra mažinamas elementų kiekis poaibiuose. Šelo algoritmo sudėtingumas priklauso nuo atstumo, naudojamo sudalinti pradinę duomenų aibę į poaibius. Originalus atstumas, pasiūlytas Šelo algoritmo kūrėjų, yra aibės dalijimas per pusę $\lfloor \frac{N}{2^k} \rfloor$. Vėliau buvo pasiūlyta kitokių atstumo parinkimo metodų, kurie pagerina Šelo algoritmo sudėtingumą (Drozdek, 2013; Karumanchi, 2020; Shaffer and Shaffer, 2012).



3 pav. Įterpimo algoritmo pavyzdys



4 pav. Šelo algoritmo pavyzdys

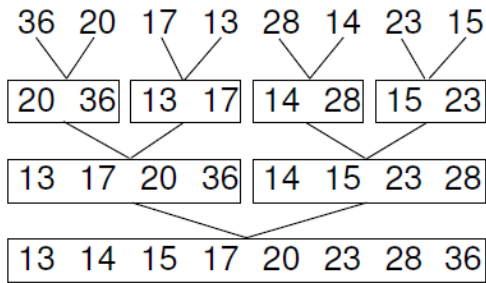
Suliejimo algoritmas (angl. Merge sort)

Suliejimo algoritmas naudoja *skaldyk ir valdyk* principą: pradinę duomenų aibę dalija per pusę ir rekursiškai atlieka rūšiavimą su kiekviena dalimi atskirai (pvz. 5 pav.). Turint pradinę duomenų aibę $A[p]$, kur $p = 1 \dots N$, surandamas vidurio indeksas q ir aibė dalijama į du poaibius $A[1 \dots q]$ ir $A[q+1 \dots N]$. Rekursiškai kiekvienas iš šių poaibių vėl dalijami per pusę. Dalijimas vykdomas tol, kol poaibių sudaro tik vienas elementas. Tuomet atskiri poaibiai yra apjungiami į surūšiuotą didesnę poaibį. Tokio rūšiavimo sudėtingumas yra $O(N \log_2 N)$ (Drozdek, 2013; Karumanchi, 2020; Shaffer and Shaffer, 2012).

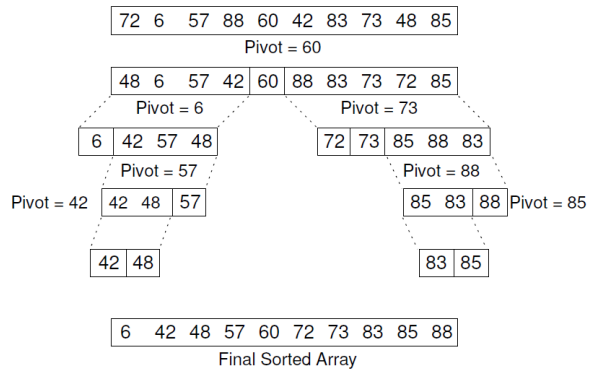
Greito rūšiavimo algoritmas (angl. Quick sort)

Greito rūšiavimo algoritmas, kaip ir suliejimo algoritmas, remiasi *skaldyk ir valdyk* principu. Greitas rūšiavimas irgi naudoja pradinės duomenų aibės dalijimą, tik šiuo atveju dalijimas vyksta kitaip nei suliejimo algoritmu (pvz. 6 pav.). Taikant šį rūšiavimo algoritmą, parenkamas centrinis elementas (*angl. pivot*), pagal

kurį vyksta dalijimas į du poaibius. Kiekvienas elementas yra lyginamas su centriniu elementu ir talpinamas į vieną iš dviejų poaibių: kairiajame poaibyje bus elementai mažesni už centrinį elementą, o dešiniajame – didesni už centrinį elementą. Rekursiškai dalijimo procesas kartojamas tol, kol poabį sudaro tik vienas elementas. Dalijimo metu elementai jau buvo surūšiuoti, todėl atskirus poaibius belieka sujungti į vieną surūšiuotą duomenų aibę. Algortimo sudėtingumas vdtiniu atveju yra $O(N\log N)$, tačiau jis gali priklausyti nuo centrinio elemento parinkimo (Drozdek, 2013; Karumanchi, 2020; Shaffer and Shaffer, 2012).



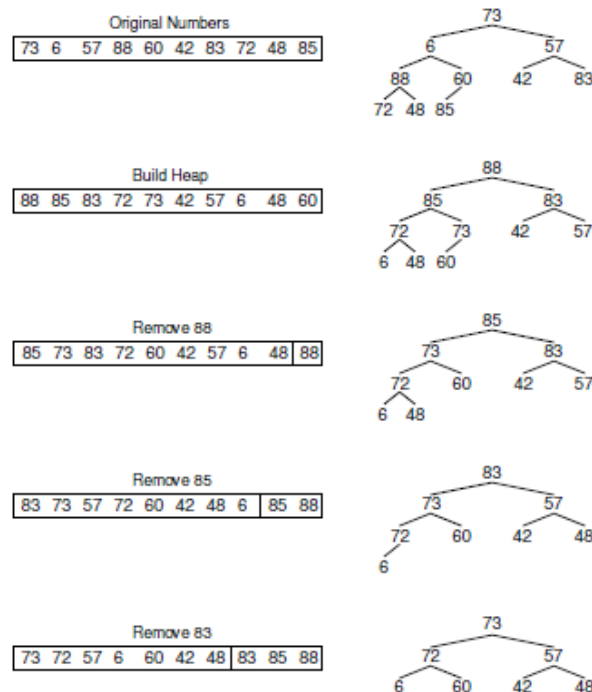
5 pav. Suliejimo algoritmo pavyzdys



6 pav. Greito rūšiavimo algoritmo pavyzdys

Piramidės algoritmas (angl. Heap sort)

Piramidės algoritmas naudoja papildomą duomenų struktūrą – piramidę (pvz. 7 pav.). Rūšiuojant duomenų aibę, pirmiausiai iš šių duomenų sudaroma piramidės struktūra. Piramidė duomenų struktūra – tai pilnas dvejetainis medis, kurio visoms viršūnėms galioja toki sąlyga: viršūnės-tėvo reikšmė yra didesnė/mažesnė nei viršūnės-vaiko reikšmė. Sudarius tokią duomenų struktūrą, paimamas pirmasis struktūros elementas ir patalpinamas į surūšiuotą duomenų aibę. Po pašalinimo, likę elementai gali nebesudaryti piramidės struktūros, todėl reikia patikrinti ir iš naujo sudaryti piramidę. Vėl šalinamas pirmasis elementas iš piramidės ir talpinamas surūšiuotoje duomenų aibėje. Toks procesas kartojamas tol, kol nebelieka elementų piramidėje, o surūšiuota duomenų aibė pasidaro pilna. Tokio algoritmo sudėtingumas yra $O(N\log N)$ (Drozdek, 2013; Karumanchi, 2020; Shaffer and Shaffer, 2012).



6 pav. Piramidės algoritmo pavyzdys

Išvados

Apibendrinant Burbulo, įterpimo ir išrinkimo algoritmai yra lėčiau iš visų aptartų, todėl jie nenaudotini rūšiuojant dideles duomenų aibes. Šelo, suliejimo, greito rūšiavimo ir piramidės algoritmai yra greitesni nei burbulo, įterpimo ar išrinkimo, tačiau reiktų vertinti ir kitus parametrus. Taikant suliejimo ar

piramidės algoritmus reikalinga papildoma duomenų struktūra. Nors greito rūšiavimo algoritmas yra greičiausiai iš žinomų rūšiavimo algoritmų, tačiau jo vykdymo greitis priklauso nuo centrinio elemento parinkimo.

Literatūra

1. Atalay, M., Anafarta, N., Sarvan, F., 2013. The Relationship between Innovation and Firm Performance: An Empirical Evidence from Turkish Automotive Supplier Industry. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 75, 226–235. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.04.026>
2. Baptista, C., 2013. Interaction processes in long-term relationships in the metal mining industry: Longitudinal case studies of capital equipment buying. *Ind. Mark. Manag., Maximizing Buyer-Supplier Relationships in the Digital Era* 42, 969–982. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2013.03.009>
3. Drozdek, A., 2013. Data structures and algorithms in C++, Fourth edition. ed. Cengage Learning, Boston, MA.
4. Geng, Z., Bidanda, B., 2021. Geometric precision analysis for Additive Manufacturing processes: A comparative study. *Precis. Eng.* 69, 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2020.12.022>
5. Halkos, G., Moll de Alba, J., Todorov, V., 2021. Analyzing manufacturing sector and selected development challenges: A panel data analysis. *Energy* 235, 121253. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121253>
6. Hatayama, H., 2022. The metals industry and the Sustainable Development Goals: The relationship explored based on SDG reporting. *Resour. Conserv. Recycl.* 178, 106081. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106081>
7. Karumanchi, N., 2020. Data structures and algorithms made easy: concepts, problems, interview questions. CareerMonk, Madinaguda, India.
8. Klittingberg, C.O., Borges, M.A.V., Antunes, J.A. do V., 2022. Industry 4.0: What makes it a revolution? A historical framework to understand the phenomenon. *Technol. Soc.* 70, 102009. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102009>
9. Li, G., Yuan, C., Kamarthi, S., Moghaddam, M., Jin, X., 2021. Data science skills and domain knowledge requirements in the manufacturing industry: A gap analysis. *J. Manuf. Syst.* 60, 692–706. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.07.007>
10. Shaffer, C.A., Shaffer, C.A., 2012. Data Structures and Algorithm Analysis in C++, Third Edition. Dover Publications, Newburyport.
11. Sujeesh, V.A., Chandran, A.P., Natarajan, R., 2022. Implementation of precision manufacturing control for processing of sheet metal. *Mater. Today Proc., Second International Conference on Engineering Materials, Metallurgy and Manufacturing* 62, 1143–1145. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.336>
12. Xiong, J., Zhang, Z., Chen, X., 2022. Multidimensional entropy evaluation of non-uniform distribution of assembly features in precision instruments. *Precis. Eng.* 77, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2022.04.012>

OVERVIEW OF DATA SORTING ALGORITHMS FOR EFFECTIVE MANAGEMENT OF PRODUCTION PROCESS

Summary

During large-scale or mass production, using advanced production technologies, data analysis algorithms are applied, allowing efficient management of the production process. In this paper, seven data sorting algorithms are characterized, their descriptions and applicability are presented.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Urtė Radvilaitė.

Mokslo laipsnis ir vardas: Technologijos mokslų daktarė.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Fundamentinių mokslų fakulteto `Informacinių sistemų katedros docentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, modeliavimas, informacinės sistemos.

Telefonas ir el. pašto adresas: (8 5) 274 4829, urte.radvilaite@vilniustech.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Urtė Radvilaitė

Science degree and name: PhD of Technological Sciences.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Fundamental Sciences Faculty Department of Information Systems Associated Professor.

Author's research interests: Mechanics, modeling, information systems.

Telephone and e-mail address: (8 5) 274 4829, urte.radvilaite@vilniustech.lt

ISSN 2029-9303

INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS TECHNOLOGIJOS
2022 Nr. 1

Lietuvių kalbos redaktorė **Sonata Paulauskienė**
Užsienio kalbos redaktorė **Judita Štreimikienė**

Tiražas 70 egz. 159 psl. Parengimo spaudai data 2021-11-30
Išleido Kauno technikos kolegija, Tvirtovės al. 35, LT-50155 Kaunas

www.ktk.lt

El.p. ktk@edu.ktk.lt

Spausdino KTU spaustuvė/leidykla „Technologija“, Studentų g. 54, LT-51424 Kaunas

<http://ktu.edu/lt/leidykla>

El.p. leidykla@ktu.lt