

# TECHNOLOGIJOS IR MENAS

# TECHNOLOGY AND ART

2012 / 3

TYRIMAI IR AKTUALIJOS  
RESEARCH AND TOPICALITIES



VILNIAUS TECHNOLOGIJŲ IR DIZAINO KOLEGIJA  
VILNIUS UNIVERSITY OF APPLIED ENGINEERING SCIENCES

---

VILNIUS 2012

## REDAKCINĖ KOLEGIJA

### Nariai:

- prof. dr. Jonas Butkevičius**  
(Vilniaus Gedimino technikos universitetas),
- prof. dr. Rimantas Pranas Deksnys**  
(Kauno technologijos universitetas),
- prof. Albertas Gurskas**  
(Vilniaus dailės akademija),
- prof. habil. dr. Roma Rinkevičienė**  
(Vilniaus Gedimino technikos universitetas),
- prof. habil. dr. Vladas Vekteris**  
(Vilniaus Gedimino technikos universitetas),
- prof. habil. dr. Vilija Targamadžė**  
(Vilniaus universitetas),
- prof. dr. Vaiva Zuzevičiūtė**  
(Vytauto Didžiojo universitetas),
- dr. Daiva Bukantaitė**  
(Vytauto Didžiojo universitetas, Lietuvos muzikos ir teatro akademija).

**Sudarytojas dr. Andrius Gulbinas**  
(Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija)

## EDITORIAL BOARD

### Members:

- prof. dr. Jonas Butkevičius**  
(Vilnius Gediminas Technical University),
- prof. dr. Rimantas Pranas Deksnys**  
(Kaunas University of Technology),
- prof. Albertas Gurskas**  
(Vilnius Academy of Arts),
- prof. habil. dr. Roma Rinkevičienė**  
(Vilnius Gediminas Technical University),
- prof. habil. dr. Vladas Vekteris**  
(Vilnius Gediminas Technical University),
- prof. habil. dr. Vilija Targamadžė**  
(Vilnius University),
- prof. dr. Vaiva Zuzevičiūtė**  
(Vytautas Magnus University),
- dr. Daiva Bukantaitė**  
(Vytautas Magnus University, Lithuanian Academy of Music and Theatre).

**Composed by dr. Andrius Gulbinas**  
(Vilnius University of Applied Engineering Sciences)

# TURINYS

## MENO MOKSLŲ TYRIMAI

|  |    |
|--|----|
| <i>Dovilė Pociūtė</i> . VTDK Grafinio dizaino katedros veikla plėtojant tiflografikos ir taktilikos technologijas .....  | 6  |
| <i>Jolanta Kanapickaitė</i> . Dizainerių, fotografų technologų, inžinierių, komunikacijos, sveikatos priežiūros, vadybos specialistų profesinės nuostatos..... | 10 |

## SOCIALINIŲ MOKSLŲ TYRIMAI

|   |    |
|---|----|
| <i>Gražina Strazdienė</i> . Kirkpatrick modelio taikymas imitacinės verslo įmonės verslumo ugdymo(si) veiksmingumo nustatymui.....            | 16 |
| <i>Valentinas Dubinas, Rita Strazdienė</i> . Tarptautinių ekonominių santykių transformacija šiuolaikinėmis sąlygomis: Lietuvos atvejis ..... | 24 |

## TECHNOLOGIJOS MOKSLŲ TYRIMAI

|  |     |
|--|-----|
| <i>Rūta Puzienė, Asta Anikėnienė</i> . Dabartinių vertikaliųjų Žemės plutos judesių tyrimas, taikant skirtingas geodidriklių grupes .....  | 32  |
| <i>Elžbėta Jonceva</i> . Geležinkelių eksploatacijos dalykų mokymo metodinė strategija .....   | 40  |
| <i>Rimantas Matuliauskas</i> . Toroidinių KS magnetinių laukų modeliavimas.....  | 44  |
| <i>Saulius Tamošaitis, Dovilė Sevelevičiūtė</i> . Modulinio autotraukinio panaudojimo Lietuvoje tyrimas .....  | 47  |
| <i>Jūratė Liebuviienė, Sigutė Ežerskienė</i> . Alternatyviųjų degalų panaudojimo šalies autotransporte tyrimas.....  | 52  |
| <i>Alfредas Rimkus, Mindaugas Melaika, Valdas Valiūnas</i> . Suslėgtų gamtinių dujų ir vandenilio degalų mišinio panaudojimo Vilniaus miesto viešajame transporte efektyvumo tyrimas ..... | 59  |
| <i>Darius Ulbinas</i> . Plieninių arkinių ir arkinių kombinuotųjų pėsčiųjų tiltų konstrukciniai sprendimai ir įrašų analizė.....   | 65  |
| <i>Virginija Urbonienė, Povilas Milius, Vytautas Norvila, Edvard Ulevič</i> . Slėgio nuostolių vamzdynuose eksperimentinis tyrimas .....   | 70  |
| <i>Viačeslav Petrenko</i> . Traukos riedmenų patikimumo tyrimas Lietuvos geležinkelyje .....   | 76  |
| <i>Renaldas Baranauskas</i> . Benzininių ir dyzelinių maitinimo sistemų valymo priedų „VALVOLINE“ įtakos variklio darbo charakteristikoms tyrimas.....                                     | 80  |
| <i>Jozsef Gal, Tamas Koncsek</i> . Development of a Transport Enterprise in Hungarian Environment .....  | 86  |
| <i>Barbara Więch, Robert Jankowski</i> . Behaviour of steel columns under impact .....   | 90  |
| <i>Natalia Majewska, Robert Jankowski</i> . Modal analysis of a steel grandstand.....  | 94  |
| <i>Tomasz Falborski, Łukasz Piszczyk, Michał Strankowski, Robert Jankowski, Arkadiusz Kwiecień</i> . Experimental examination of an elastomeric polymer .....                              | 98  |
| <i>Daniel Burkacki, Robert Jankowski, Tomasz Falborski</i> . Experimental determination of dynamic properties of cylindrical steel tank model filled with liquid.....                      | 102 |





# MENO MOKSLŲ TYRIMAI

# VTDK GRAFINIO DIZAINO KATEDROS VEIKLA PLĖTOJANT TIFLOGRAFIKOS IR TAKTILIKOS TECHNOLOGIJAS

Dovilė Pociūtė

*Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius*

**Anotacija.** Straipsnyje aptariamos pagrindinės problemos, kurios atsiranda dėl reginčiųjų ir silpnaregių skirtingo požiūrio į meną. Apžvelgiama knygų iliustracijų akliems ir silpnaregiams gamybos istorija Lietuvoje. Trumpai apžvelgiama pasaulinė patirtis ir pasiekimai integruojant akluosius ir silpnaregius į dailę. Aptariami svarbiausi atradimai, kurie keičia visuomenės požiūrį į silpnaregius ir jų meninės veiklos poreikį. Pristatoma VTDK Grafinio dizaino katedros veikla, kuriant aklujų ir silpnaregių knygų iliustracijų technologijas.

**Pagrindinės sąvokos:** Tiflografika, Taktilika, aklujų spauda.

## Įvadas

Tiflografika (graikiškai tyflos – aklas, plius grafika) akliems skirtos visos grafinės medžiagos visuma. Tiflografikos terminą, kuris sujungia reljefinio piešinio ir brėžinio sąvokas, sukūrė tarybinis tiflopedagogas Nikolajus Semevskis (1898–1971). Tiflografikos terminas Lietuvoje prigijo ir tebevertojamas iki šiol.

Taktilika iš angliškojo „tactile graphics“ – čiuopiamoji, reljefinė grafika.

Cinkografijos metodas – iškiliosios spaudos rūšis; piešiama rūgštims atspariu laku ant cinko plokštės, vėliau plokštė ėsdinama rūgštimi, kai pasibaigia rūgščių veikimas, lieka įgilintos linijos, kurios, pašalinus laką, sugeria dažą, o vėliau atsispaudžia lakšte.

Brailio raštas – aklujų raštas sukurtas Lui Brailio (Louis Braille) 1829 m. Paryžiaus aklujų institute, nuo 1878 m. Brailio raštas priimtas visame pasaulyje. Kiekvienas rašmuo ar „elementas“ sudarytas iš šešių taškų, išdėstytų po tris taškus dviejuose stulpeliuose.

Termoforminės iliustracijos – reljefinės iliustracijos dar vadinamos plastmasiniais reljefiniais piešiniais, padarytos vakuuminėmis formavimo mašinomis.

Šilkografinė spauda – trafaretinės spaudos rūšis.

Brailio grafika – piešiniai, susidedantys iš taškų, kurie daromi Brailio spausdintuvu.

Mikrokapsulinis popierius – išsipučiantis popierius, pašildytas popierius išsipučia tose vietose, kur yra padengta juodais dažais.

**Tikslas.** Įvertinus besikeičiantį visuomenės požiūrį į aklujų ir silpnaregių meninius gebėjimus bei poreikius vaizduojamajam menui ir šių gebėjimų bei poreikių tenkinimo galimybes, pristatyti Grafinio dizaino katedros indėlį, kuriant aklujų iliustracijoms technologijas.

## Uždaviniai

Aptarti tiflografikos raidą Lietuvoje;

Apibendrinti tiflografijos ir taktilikos pasaulinius pasiekimus;

Pristatyti VTDK Grafinio dizaino katedros indėlį kuriant aklujų ir silpnaregių knygų iliustracijų technologijas.

**Problema, temos aktualumas.** Vis dar manoma, kad akumas ir vaizduojamasis menas tarpusavyje ne-

dera. Šią mintį paneigti gali žmonės, kurie daug metų dirba su aklaisiais ir silpnaregiais. Taip pat kaip mūsų visuomenėje vieniems žmonėms moralinį pasitenkinimą teikia sportas, kitiems – darbas sode, o trečius traukia vaizduojamasis menas, taip pat ir aklieji bei silpnaregiai jaučia tokius pat poreikius. Jie jaučia pasitenkinimą apžiūrinėdami meno paveikslus, patys tapydami ar piešdami. Tik pats pasaulio suvokimas yra kitoks nei likusių visuomenės narių. Todėl stengiantis integruoti šiuos žmones į visuomeninį gyvenimą, reikia patiems pasikeisti požiūrį į akluosius ir silpnaregius bei žmones, turinčius regėjimo sutrikimų. Apie tai rašė Elisabeth Salzhauer Axel, Nina Sobol Levent knygoje „Menas anapus regėjimo“. Jos parodė, kiek svarbus ir reikšmingas yra vaizduojamasis menas akliems žmonėms. Knyga padeda suprasti, ką reiškia būti akluoju, o mes, suvokę „kitokį“ pasaulį, galime kurti technologijas, kurios padėtų akliems tenkinti vaizduojamojo meno poreikį bei supažindinti su reginčiųjų pasauliu.

## Tiflografikos raida Lietuvoje

Lietuvoje aklujų ir silpnaregių integravimu į visuomenę pradėta domėtis senokai. Dažniausiai tai buvo daroma garso pagalba. Apie akliems ir silpnaregiams skirtas knygas ir piešinius daugiausiai informacijos yra išlikę iš tarybinio laikotarpio. Patį tiflografikos terminą, kuris sujungia reljefinio piešinio ir brėžinio sąvokas, sukūrė tiflopedagogas Nikolajus Semevskis (1898–1971). 1933 metais jis pradėjo dirbti Maskvos aklujų institute ir visą gyvenimą paskyrė aklujų mokymui piešti ir braižyti. Jis net sukūrė prietaisą, skirtą mokyti akluosius atlikti reljefinius brėžinius ir piešinius vaškuotose planšetėse arba popieriuje. Tiflografikos terminas Lietuvoje prigijo ir tebevertojamas iki šiol.

Knygos Brailio raštu su reljefinėmis iliustracijomis Lietuvoje pradėtos leisti po Antrojo pasaulinio karo. Tuo metu padaugėjo dėl karo apakusių vaikų ir suaugusiųjų, Lietuvos aklieji pradėjo siekti aukštojo mokslo, o Brailio rašto knygų, ypač iliustruotų, labai trūko. Šį poreikį pradėjo tenkinti 1958 m. vasario 10 d. Kaune, Valstybinės pedagoginės literatūros leidykloje, įsteigta vadovėlių akliems redakcija. Tų pačių metų liepos 21 d. Kaune buvo įsteigta knygų Brailio raštu spaustuvė, o 1963 m. gegužės 15 d. – Lietuvos aklujų draugijos leidykla.

Pirmoji Lietuvoje iliustruota reljefiniais piešiniais knyga Brailio raštu buvo išleista 1958 metais. Tai buvo A. Čiplio ir S. Pupeikio elementorius I–II klasei „Saulutė“. Šią reginčiųjų knygą parengė spausdinti aklujų raštu ir tikrino korektūras dvi redaktorės – akloji A. Poznanskienė ir reginčioji jaunesnioji redaktorė Z. Onuškevičienė. A. Čiplio ir S. Pupeikio elementorių „Saulutė“ reikėjo pritaikyti aklujų mokyklos I–II klasei. „Tada ir susimąstėme: o kaip jį redaguoti, kaip piešinius, iliustracijas perteikti? Juk tai turėjo būti pirmoji iliustruota knyga Brailio raštu“, – rašo prisiminimuose A. Poznanskienė. Patirties semtis teko Rygoje, kur jau seniai buvo leidžiamos tokios knygos. Į talką buvo pakviesti dailininkai L. Rymeikis, S. Juknienė, M. Papluskienė. Visiems tai buvo visiškai nauja sritis. Buvo visokių klaidų, pavyzdžiui, korektūroje visos iliustracijos buvo atvirkščios. „Saulutė“ buvo išspausdinta 1958 m. spalio mėnesį gana dideliu 50 egz. tiražu, inžinieriaus J. Boreikos sukonstruota originalia mašina (Gendvilienė A. 2007).

Išėjusi „Saulutė“ greit susilaukė ir palankaus įvertinimo, ir kritikos. Pasirodė taisytinios vietos, tokios kaip iliustracijų tekstūra. Reginčiųjų grafikoje suprantami taškai ir brūkšniai buvo nesuvokiami akliems. Dažnai mokiniai nesuprasdavo, kas pavaizduota. Neregys žurnalistas Alvydas Valenta prisimena: „Gera atsimenu vieną savo susidūrimą su reljefiniais piešiniais. Kartą mokykloje tikrino, kaip suvokiame Brailio iliustracijas. Kiškį dar šiaip taip atpažinau, bet vos tik jam „užmovė“ kelnes, žvėrelis virto nežinia kuo“ (Gendvilienė A. 2007).

1964 m. išleistas „Žiburėlis“, dar vienas akliems vaikams skirtas elementorius, iliustruotas reljefiniais piešiniais. Ypač daug vaizdinių priemonių išleista 1965–1972 metais, kai prie LAD spaustuovės veikė dailininkų tifloteknikų grupė. Tuo metu buvo išleistas pirmasis Lietuvos TSR reljefinis žemėlapis. Atsirado nauji, iki tol nematyti reljefiniai leidiniai: atvirutės, žymių mokslininkų ir valstybės veikėjų portretų komplektai, tiflografiniai žemėlapiai, spalvinimo ir karpymo sąsiuviniai.

Nuo įsisteigimo 1963 m. gegužės 15 d. iki 1979 m. sausio 1 d. LAD leidykla Brailio raštu išleido 981 pavadinimo knygas, sudarančias 10 908 leidybinius lankus (Gendvilienė A. 2007).

Didžiulį darbą ieškant tinkamos technologijos aklujų piešiniais kurti nuveikė Petras Navalinskas. Jis aprašė reljefinio piešinio rūšis – kontūrinius piešinius, bareljefus, aplikacijas ir perspektyvos taikymo akliems skirtose iliustracijose aspektus; klišių, pagamintų cinkografijos būdu, privalumus. Taip pat pristatė daikto formos perteikimo būdą netolygiu taškavimu, brūkšniavimu, sąjunginiame seminare tiflografijos klausimais 1978 m. Vilniuje.

Kol veikė LAD leidykla, akliems netrūko iliustruotų knygų ir kitokių vaizdinių priemonių. Daugiausia iliustracijų buvo pagaminama cinkografijos metodu, kuriuo išgaunamas aiškus reljefinis kontūrinis piešinys, tačiau, deja, vienos spalvos. Be cinkografijos, dailininkai pradėjo naudoti kitą iliustracijų gamybos būdą – mikrokapsulinį (terminį) popierių: tokios iliustracijos buvo

įdomesnės silpnaregiams, nes be reljefo, buvo ir juodais dažais atspausdintas kontūrinis piešinys.

1990 m. kovo 11 d. Lietuvai paskelbus nepriklausomybę, Lietuvos aklujų draugijai lėšos daugiau nebebuvo skiriamos tiesiogiai iš valstybės biudžeto, bet atėdavo per įvairias programas. Dėl finansinių sunkumų LAD leidykla buvo uždaryta 1991 m. gruodžio 31 d.

Grožinių knygų su reljefinėmis iliustracijomis leidyba Lietuvoje buvo atgaivinta tik 2000 metais UAB „Brailio spauda“ pastangomis. Senasis cinkografijos metodas iliustracijoms gaminti pasirodė per brangus, todėl buvo pasirinktas pigesnis būdas – Brailio grafika – spausdinti taškines iliustracijas Brailio popieriuje. Tokias iliustracijas dabar piešti gali kiekvienas, naudodamasis nemokama kompiuterine programa „BrlPaint“, kurią sukūrė „Brailio spaudos“ techninis redaktorius Sergejus Mechas. Tokios iliustracijos yra labai paprastos, nespalvotos, ne visada pakankamai išraiškingos. Todėl nuolat vyksta tinkamesnės technologijos, kuri būtų daug išraiškingesnė, patrauklesnė ir pakankamai pigi, paieška.

### „Tactus“ organizacijos pasiekimai

Lietuvoje vis dar vyrauja nuomonė, kad akliems ir silpnaregiams nebūtinai meninis švietimas, ypač toks kaip tapyba. Žmonės iš nuogirdų sprendžia, ką sutrikusio regėjimo asmenys gali ir ko negali. Jie paprastai mano, kad akluosius ir silpnaregius mažai domina menas, todėl nesudaro galimybės susipažinti su jų kūriniais. Retas kas galvoja, kad dailininkas gali turėti vienokių ar kitokių regėjimo sutrikimų.

Didžiulį darbą tam, kad visuomenė pakeistų tokią nusistovėjusią nuomonę, padarė Elžbieta Zalchauer Aksel, „Meninio aklujų švietimo“ organizacijos steigėja ir direktorė, savo veikla bei knyga „Menas anapus regėjimo 2003“.

Pastarųjų dešimtmečių psichologijos tyrimai įrodė, kad aklieji turi stiprų įgimtą suvokimą suprasti reljefinius atvaizdus. Paaikškėjo, kad regėjimo dovanos neturintys žmonės sugeba ne tik atpažinti, skirti bei įsivaizduoti meno kūrinius, bet ir su specialiomis priemonėmis gali patys kurti reljefinius piešinius. Vis dėlto reikia pripažinti, kad šioje srityje daugiau pasiekę silpnaregiai dailininkai. Jų pasaulyje yra nemažai, be to, šie menininkai gali didžiulius savo išskirtine tapyba.

Daugelis menininkų, pasinaudodami savo sergančių akių privalumais, kūryboje perteikia savotišką pasaulį – tai suteikė jų kūriniams išskirtinumo. Paminėsiu kelis visiems žinomus menininkus. Klodas Mone (1840–1926) savo geriausius kūrinius nutapė paveiktas kataraktos, Mary Cassat (1844–1926) sirgo katarakta ir dėl to apako, Edvardas Munkas (1863–1944) – dėl sutirštėjusio stiklakūnio jam prieš akis plaukiodavo kristalai, primenantys varnas, Edgaras Dega (1834–1917) visai nematė viena akimi, o kitoje turėjo akipločio ištrūkį, Kamilis Pisaro (1830–1903) sirgo ašarų maišelio infekcijomis, dėl to neišėdavo iš namų, įtariama, kad Vincentas Van Gogas (1853–1890) sirgo glaukoma. Tačiau tikriausiai esminis darbų išskirtinumas susijęs su spalvų neskyrimu – daltonizmu. Meno istorijoje, pasirodo, būta ir tokių dailininkų, pvz.: Fernard

Leger (1881–1955), Charles Mergon (1821–1868), Paul Manship (1885–1966) ir Mark di Suvero (g. 1933). Regėjimo sutrikimų senatvėje turėjo Rembrantas (tikrasis Rembrantas Harmensas van Reinas 1606–1669), o Albrechtas Diureris (1471–1528) buvo žvairas.

Tokių žmonių yra ir šiandieną tarp mūsų studentų, tik ne visi iš jų studijuodami prisipažįsta turintis kokią regėjimo problemą. Reikia pastebėti, kad kai kam pavykdavo tą nuslėpti nuo reiklių pedagogų. Šiuos trūkumus studentai kartais paversdavo privalumais ir jų darbai buvo vertinami gerai. Tik po kelių metų jie prisipažindavo turėję problemų.

Šiuo metu pasaulyje veikia organizacija „Tactus“ (pavadinimas kilęs iš angliško žodžio tactile graphics čiuopiamoji, reljefinė grafika), kuri vienija viso pasaulio aklųjų leidyklas. Šios organizacijos tikslas – ieškoti naujų spaudos technologijų aklųjų ir silpnaregių knygutėms iliustruoti, dalintis pasiekimais su panašiomis organizacijomis ir platinti knygas akliems. Lietuvos aklųjų biblioteka prie šios organizacijos projekto „Tiflo-Tactus“ prisijungė 2000 m. kaip asocijuotas narys, o 2009 metais vykusiame konkurse lietuviška taktilinė knygelė „Avytė“, sukurta Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos Grafinio dizaino studentės Editos Cvirkaitės laimėjo III vietą. Šią knygutę nutarta tiražuoti ir išleisti keliose leidyklose Prancūzijoje.

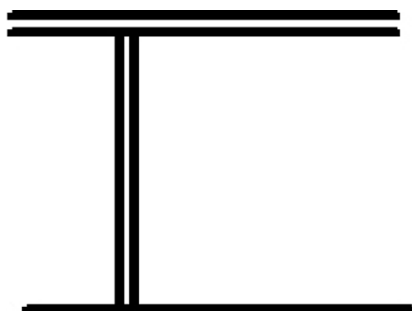
### VTDK Grafinio dizaino katedros indėlis kuriant aklųjų ir silpnaregių knygų iliustracijų technologijas

Nėra paprasta suprasti aklojo ar silpnaregio žmogaus pasaulio suvokimą. Visi žino pasakojimą apie tris akluosius ir dramblį, kai nori papasakoti apie skirtingą žmonių požiūrį į gyvenimą, į fragmentišką atskirų dalių įtaką suvokimui. Regintis žmogus retai teisingai supranta šį pasaulį. Mums nekyla klausimų, kaip didelį medį galima matyti pro nediduką langą, neregiiui – tai klausimas. Jam ilgai tenka aiškinti perspektyvą, kol jis tą supranta. Neregį reikia mokyti, kad jis sugebėtų suprasti reginčiųjų pasaulį. Neregiai, galintys piešti, nupiešia savo gyvenimo daiktus, o mums sunku atspėti, kas tai, taip pat nesuprantamas atrodo neregiiui mūsų pasaulis.

Tai aklos mergaitės piešinys. Pabandykite atspėti, kas čia pavaizduota.

Regintys žmonės visai kitaip įsivaizduoja neregijų pasaulį. Pateiksiu kelias Lietuvos fotografų nuotraukas iš internete skelbto konkurso, „Ar gerai matai“.

2009 metais VTDK prisijungė prie tarptautinio



1 pav. Aklos mergaitės piešinys.

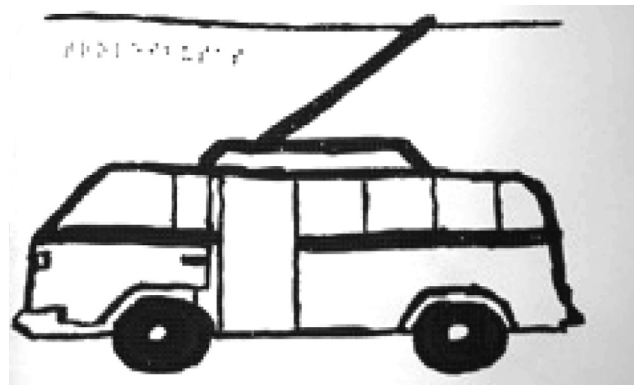
projekto Tiflo-Tactus pagal „ES Kultūra – 2000“ programą kaip Lietuvos aklųjų bibliotekos partnerė. Studijuodami spaudos ir grafikos technologijas, studentai pagamino taktilines knygeles. Dažniausiai taktilinės knygelės kuriamos tokiomis technikomis: papjė maršė, arba išraižomi medinėse lentelėse, koliažo būdu (tokias knygas lengviausia tiražuoti), šilkografijos



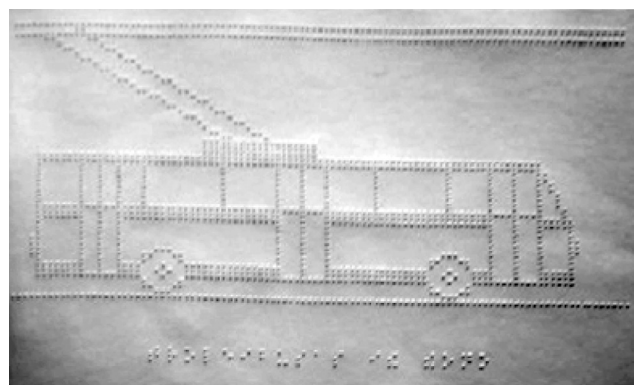
2 pav. Vėtrė Antanavičiūtė „Maldaknygė“



3 pav. Artūras Artušėna „Ar susimąstom, kaip pasaulį mato kiti?“



4 pav. VTDK studentų darbas „Aklos mergaitės piešinys“

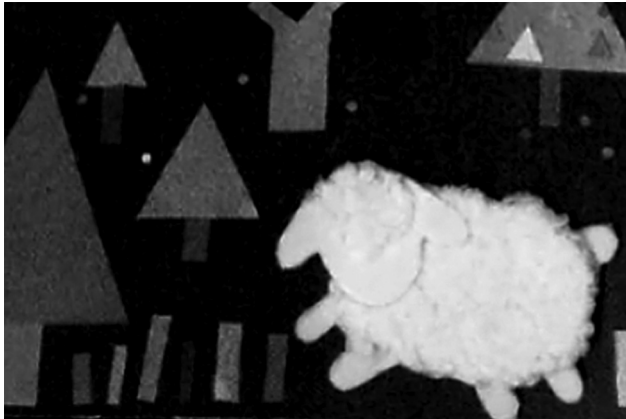


5 pav. VTDK studentų darbas „Troleibusas“



būdu, termofominiu būdu, Brailio grafika (piešiniai susidedantys iš taškų), piešiniai ant mikrokapsulinio popieriaus. VTDK studentai iš minėtų būdų naudojo koliažą, Brailio grafiką ir kūrė knygeles naudodami kombinuotą techniką.

Per pastaruosius trejus metus VTDK grafinio dizaino katedra Lietuvos aklųjų bibliotekai padovanojo daugiau nei 100 taktilinių knygelį.



6 pav. VTDK studentų darbas „Avelė“ šiuo metu yra tiražuojamas.



7 pav. VTDK studentų darbas „Uodas“



8 pav. VTDK studentų darbas „Juostos“

## Išvados

Apžvelgus tiflografikos raidą Lietuvoje, galima teigti, kad jau daugiau nei 50 metų dailininkai, pedagogai ir kiti specialistai stengiasi surasti tinkamas technologijas tam, kad akluosius ir silpnaregius žmones supažindintų su matančiųjų pasauliu, nes supranta tokios veiklos prasmingumą.

Pasaulyje vis daugiau dėmesio skiriama aklųjų vizualiojo meno poreikiams tenkinti, naikinama klaidinga nuomonė apie tai, kad dailininkas negali turėti regėjimo sutrikimų.

VTDK studentai, susipažindami su spaudos technologijomis, skirtomis akliesiems, sukuria naudingą visuomenei produktą ir praplečia savo pasaulėžiūrą.

## Naudoti informacijos šaltiniai

1. SalzHauer Axsl E., Sobol Levent N. *Menas anapus regėjimo. Žinynas apie meną, kūrybą ir regėjimo sutrikimus*. Vilnius: LAB, 2006. ISBN 9955-17-789-6.
2. *Tiflografika aklųjų bibliotekose, Tactus ir Lietuvos aklųjų bibliotekos tarptautinis seminaras, pranešimai*. Vilnius: LAB, 2006. ISBN 9955-17-687-3.
3. Gendvilienė A., *Tiflografikos raida Lietuvoje, 1958–2007*. Pranešimas Tiflo-Taktus seminarui. Erfurtas, 2007.
4. Kompanijos SIROVA puslapis, konkursas „Ar gerai matai“ [žiūrėta 2012 02 09] Prieiga per internetą <http://www.sirova.lt/ocuvite/t>

## Activities of Graphic Design Department of Vilnius University of Applied Engineering Sciences Developing Typhlographics and Tactile Graphics Technologies

Dovilė Pociūtė

Vilnius University of Applied Engineering Sciences

This article introduces basic problems, which arise between how those with and without eyesight perceive art. The history of illustration for the blind and visually impaired in Lithuania is overviewed. The global experiences and achievements in integrating the blind and visually impaired into visual arts are noted. Discussed are the most important discoveries which change the public's perception of the visually impaired and their artistic pursuits. The VTDK Graphic design department techniques in creating illustrations for the blind and visually impaired are introduced.

An overview is presented of more than 50 years of Lithuanian artists, educators and other professionals' attempts in finding the correct technology to present the visual word to the blind and visually impaired people; due to their understanding of the significance of such an activity.

By the study of press technology for the blind, VTDK students create useful products for society and spread their own world outlook.

# DIZAINERIŲ, FOTOGRAFŲ TECHNOLOGŲ, INŽINIERIŲ, KOMUNIKACIJOS, SVEIKATOS PRIEŽIŪROS, VADYBOS SPECIALISTŲ PROFESINĖS NUOSTATOS

Jolanta Kanapickaitė

*Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-01100 Vilnius  
Tarptautinė teisės ir verslo aukštoji mokykla, Laisvės pr. 58, LT-05120 Vilnius*

**Anotacija.** Straipsnyje analizuojamos profesinės nuostatos ir gvildinamas būsimųjų dizainerių, fotografų technologų, inžinierių, sveikatos priežiūros, vadybos, komunikacijos specialistų požiūris į profesijas, jų ateities perspektyvas. Tyrimas atliktas 2005–2012 studijų metais Vilniaus kolegijoje, Kauno kolegijoje, Vilniaus Gedimino technikos universitete, Vilniaus dailės akademijoje, Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijoje. Tirtos grafinio dizaino, interjero dizaino, interaktyviojo dizaino ir fotografijos technologijos; statybos, statinių inžinerinių sistemų, šilumos energetikos, geodezijos ir kadastro studijų programų, vadybos, rinkodaros vadybos, reklamos vadybos, vizualinės komunikacijos, bendrosios praktikos slaugos, higieninės-dekoratyvinės kosmetologijos, kineziterapijos, biomedicininės diagnostikos studijų programų studentų profesinės nuostatos.

**Pagrindinės sąvokos:** profesinės nuostatos, profesinis rengimas.

## Įvadas

Šio straipsnio tikslas – atskleisti būsimųjų dizaino/fotografijos technologijų, inžinierių, sveikatos priežiūros, vadybos, komunikacijos specialistų požiūrį į profesines nuostatas aukštojoje mokykloje.

## Tyrimo uždaviniai

1. Išsiaiškinti būsimųjų inžinierių, sveikatos priežiūros, vadybos, dizaino ir fotografijos technologijų, komunikacijos specialistų požiūrį į pasirinktą specialybę.
2. Atskleisti būsimųjų dizaino ir fotografijos technologijų, inžinierių, sveikatos priežiūros, vadybos, komunikacijos specialistų profesines nuostatas.

## Tyrimo metodai

Teorinis: mokslinių šaltinių ir dokumentų sistemine analizė.

Empirinis: anketinė apklausa.

Matematiniai ir statistiniai metodai (absoliučių ir procentinių dažnių, chi kvadrato ( $\chi^2$ ), kontingencijos koeficiento (C) skaičiavimas ir jų analizė).

Tyrimo bazė. Atlikta biomedicinos, socialinių mokslų, technologijų ir meno studijų sričių 501 studentų ir absolventų anketinė apklausa (103 studentų iš Vilniaus kolegijos, Tarptautinės teisės ir verslo aukštosios mokyklos rinkodaros vadybos, vadybos, reklamos vadybos, vizualinės komunikacijos studijų programų; 101 atstovo iš Vilniaus kolegijos bendrosios praktikos slaugos, higieninės-dekoratyvinės kosmetologijos, kineziterapijos, biomedicininės diagnostikos studijų

programų; 113 studentų iš Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos statybos, statinių inžinerinių sistemų, šilumos energetikos, geodezijos ir kadastro studijų programų; 108 dizaino ir fotografijos technologijų specialistų iš Kauno kolegijos, Vilniaus dailės akademijos, Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos grafinio dizaino, interjero dizaino, interaktyviojo dizaino ir fotografijos technologijų studijų programų; 71 atstovo iš Vilniaus Gedimino technikos universiteto kūrybinių industrijų studijų programos ir Tarptautinės teisės ir verslo aukštosios mokyklos vizualinės komunikacijos studijų programos). Tyrimas vykdytas 2009–2012 studijų metais. Tyrimo duomenis rinkti talkino Janina Ulonienė (Tarptautinė teisės ir verslo aukštoji mokykla).

## Tyrimo problema

Edukologijos mokslas profesinę veiklą traktuoja kaip tikslingą, sąmoningą, trunkančią visą gyvenimą žmonių veiklą, aktualizuoja profesinio pašaukimo temas. Humanistinė edukacija profesinėje veikloje įtvirtina saviaktualizacijos siekių asmeninėje profesinėje karjeroje problemas. Mūsų tyrimo problema atskleidžiama pristatant būsimųjų dizaino ir fotografijos technologijų, inžinierių, sveikatos priežiūros, vadybos, komunikacijos specialistų požiūrį į pasirinktą specialybę. Oxford Reference Online Premium Collection (2012) profesines nuostatas (vocational attitude) traktuoja kaip asmenybės pasirėngimą reaguoti į aplinkos poveikį. A Dictionary of Education, Oxford (2012) profesinės nuostatos pristatomos kaip žmogaus pasirėngimas, polinkis vienaip ar kitaip suvokti kokį nors objektą, numatyti situaciją, atlikti tam tikrą veiksmą, darbą ar elgesį, susijusį su tikslinga profesine veikla.

Socialinė „vocational attitude“ sąvoka pradėta vartoti socialinėje psichologijoje ir sociologijoje. Edukologijos mokslas teigia, kad visos nuostatos gali priklausyti nuo materialinių, kultūrinių ar dvasinių asmenybės veiklos ar elgesio motyvų, susijusių su profesija. Atliekant sisteminę teorinę edukologinę mokslinių šaltinių analizę, buvo nustatyta, kad profesinės nuostatos – tai visų pirma, žinių apie profesijas, požiūrių ir nuostatų visuma, o gebėjimas jas vertinti pagal savo tinkamumą kuriai nors veiklos sričiai yra profesinės orientacijos esmė. Tačiau visos asmeninės ir profesinės nuostatos kinta atsižvelgiant į veiklos turinį ir lemia tai, kokią vietą veiklos struktūroje užima objektyvūs, o ne asmeniniai-subjektyvūs veiksniai. Kokie yra nuostatos komponentai? Profesinę nuostatą sudaro kognityvinių, emocinių ir veiklos komponentų derinys. Ugdymo psichologija teigia, kad galima nuostatų kaita, svyravimas, priklausantis nuo amžiaus, motyvacijos, rinkos sąlygų. Socialinė edukologija aktualina tokią mintį, kad socialinė aplinka diktuoja profesinių nuostatų svyravimus, kurie dažniausiai priklauso nuo materialinių veiksnių ir retai – nuo asmeninių gebėjimų. Todėl analizuojant profesines nuostatas, kyla ir asmenybės profesinio kryptingumo problema. Tyrinėjant kokybinės content turinio analizės metodu, buvo sudaryta profesinių nuostatų skalė (Kanapickaitė, 2008 a, 2008 b, 2008 c, 2010 a, 2010 b), kuri vėliau buvo analizuota statistiškai, ieškant patikimų statistinių ryšių ir požymių priklausomybės.

## Tyrimo rezultatai

Atlikta biomedicinos, socialinių mokslų, technologijų ir meno studijų sričių studentų ir absolventų anketinė apklausa. Tirtas būsimųjų dizaino/fotografijos technologijų, inžinierių, sveikatos priežiūros, vadybos, komunikacijos specialistų siekis dirbti pagal pasirinktą specialybę. Atrastas statistiškai silpnas koreliacinis ryšys tarp darbo pagal pasirinktą specialybę ir lyties ( $\chi^2 = 562,431$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0001$ ;  $C = 0,23$ ). Tyrimo duomenys parodė, kad inžinieriai vaikinai, o ne dizaino/fotografijos technologijų, ne sveikatos priežiūros, ne vadybos, ne komunikacijos specialistai statistiškai dažniau dirbs pagal specialybę nei kitų studijų programų merginos. Tirtas būsimųjų dizaino/fotografijos technologijų, inžinierių, sveikatos priežiūros, vadybos, komunikacijos specialistų siekis įsidarbinti pagal pasirinktą specialybę. Nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas ( $\chi^2 = 221,215$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,0001$ ;  $C = 0,24$ ). Vadinas, galima teigti, kad būsimieji inžinieriai (29%) yra labiau motyvuoti įsidarbinti pagal specialybę nei dizaineriai-fotografai technologai (15%) ar sveikatos priežiūros (17%), ar vadybos (19%), ar komunikacijos specialistai (20%).

Tirtas dizaino/fotografijos technologijų, inžinierių, sveikatos priežiūros, vadybos ir komunikacijos specialistų požiūris į patenkinimą pasirinkta speci-

alybe. Atskleista statistinė priklausomybė tarp studijų programos ir lyties. Nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas ( $\chi^2 = 237,524$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,0001$ ;  $C = 0,23$ ), kuris parodo, kad inžinieriai vaikinai (24%) statistiškai dažniau teigiamai vertina savo pasirinktą specialybę ir yra labiau motyvuoti įsidarbinti pagal specialybę nei dizaineriai/fotografai technologai (16%) ar sveikatos priežiūros (19%), ar vadybos (21%) bei komunikacijos specialistai (20%). Statistiškai reikšmingo skirtumo tarp aukštojo universitetinio ir aukštojo neuniversitetinio išsilavinimo ir lyties nenustatyta.

Apibendrinami matematinę statistinę analizę, galima teigti, kad inžinieriai vaikinai dažniau dirbs pagal specialybę nei merginos; būsimieji inžinieriai vaikinai yra labiau motyvuoti įsidarbinti pagal specialybę nei kitų tirtų studijų programos specialistai; statistiškai dažniau teigiamai vertina savo pasirinktą specialybę inžinieriai vaikinai.

Tyrimu taip pat siekta išsiaiškinti, kaip būsimieji specialistai suvokia darbą pagal būsimą profesiją, kokios profesinės nuostatos aktualizuojamos jų studijų metu. Buvo pateikta keletas klausimų. „Kokios Jūsų, kaip būsimąjo specialisto, profesinės perspektyvos ateityje? „Kaip galėtumėt apibūdinti profesines studijas“?

1 lentelėje pateikti respondentų profesinių nuostatų analizės duomenys (žr. 1 lentelę, kur pateikti tokie trumpiniai: I – inžinieriai, M – dizaineriai/fotografai technologai, S – sveikatos priežiūros specialistai, V – vadybininkai, K – komunikacijos specialistai).

Išanalizavus dizaino/fotografijos technologijų, inžinierių, sveikatos priežiūros, vadybos ir komunikacijos specialistų tyrimo duomenis, nustatyta, kad statistiškai dažniau vadybininkai (28%), o ne dizaineriai/fotografai-technologai (19%), ne sveikatos priežiūros specialistai (21%), ne inžinieriai (23%), ir ne komunikacijos specialistai (9%) įvardija karjeros perspektyvas ir profesinę motyvaciją įvardijančią nuostatą „kilti karjeros laiptais“. Nustatytas statistiškai silpnas koreliacinis ryšys tarp požymių ( $\chi^2 = 342,263$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0001$ ;  $C = 0,30$ ) leidžia teigti, kad vadybininkai, o ne kitų specialybių studentai yra labiau motyvuoti kilti karjeros laiptais. Taip pat buvo analizuotas karjeros siekis tarp tokių studijų programų kaip vadyba, rinkodaros vadyba, reklamos vadyba. Tyrimo duomenys atskleidė tokių dėsningumą, jog labiausiai buvo išreikšta karjeros galimybių pasirinktoje profesijoje kryptis tarp reklamos vadybos specialistų (39%), o ne rinkodaros vadybos (32%) ar vadybos (29%). Nustatytas patikimas silpnas koreliacijos ryšys ( $\chi^2 = 212,213$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0001$ ;  $C = 0,29$ ) tai įrodė.

Išanalizavus dizaino/fotografijos technologijų, inžinierių, sveikatos priežiūros, vadybos ir komunikacijos specialistų tyrimo duomenis, nustatyta, kad statistiškai dažniau sveikatos priežiūros specialistai (30%), o ne dizaineriai/fotografai-technologai (19%), ne sveikatos priežiūros specialistai (20%), ne inžinieriai (21%) ir ne komunikacijos specialistai (6%) įvardija profesijos



1 lentelė. Dizainerių-fotografų technologų, inžinierių, komunikacijos, sveikatos priežiūros specialistų ir vadybininkų profesinės nuostatos

| Teiginiai                                       | K  | I   | D   | S   | V   | $\chi^2$ | df | p      | C    |
|---|----|-----|-----|-----|-----|----------|----|--------|------|
| Tikiuosi gauti darbą                            | 6% | 30% | 25% | 19% | 20% |          |    | *      |      |
| Suvokiame profesijos esmę                       | 7% | 20% | 24% | 30% | 19% |          |    | *      |      |
| Kursiu savo verslą                              | 9% | 20% | 30% | 19% | 22% |          |    | *      |      |
| Profesija perspektyvi ir reikalinga šalies ūkui | 7% | 26% | 20% | 22% | 25% |          |    | *      |      |
| Gerai apmokamas darbas                          | 6% | 30% | 25% | 19% | 20% |          |    | *      |      |
| Kilti karjeros laiptais                         | 9% | 23% | 19% | 21% | 28% | 342,263  | 1  | 0,0001 | 0,30 |
| Tokių specialistų trūksta darbo rinkoje         | 5% | 21% | 26% | 25% | 23% |          |    | *      |      |
| Dirbsiu pagal specialybę                        | 8% | 30% | 23% | 19% | 20% |          |    | *      |      |
| Tikiuosi gauti bet kokį darbą                   | 6% | 29% | 20% | 21% | 24% |          |    | *      |      |
| Suvokiame savo profesijos esmę                  | 6% | 21% | 20% | 30% | 23% | 127,521  | 2  | 0,0001 | 0,28 |

\* – skirtumas statistiškai nereikšmingas, kai  $p > 0,01$

Pastaba. Sutrumpinimai K – komunikacijos specialistai, I – inžinieriai, D – dizaineriai/fotografai technologai, S – sveikatos priežiūros specialistai, V – vadybininkai

2 lentelė. Dizainerių-fotografų technologų, inžinierių, komunikacijos, sveikatos priežiūros specialistų ir vadybininkų profesinės nuostatos

| Teiginiai   | K  | I   | D   | S   | V   | $\chi^2$ | df | p      | C    |
|---|----|-----|-----|-----|-----|----------|----|--------|------|
| Stojau gerai žinodamas, kur stoju ir ką dirbsiu                             | 6% | 30% | 25% | 19% | 20% |          |    | *      |      |
| Ateityje dirbsiu pagal specialybę, mokslų nebetęsiu                         | 7% | 20% | 24% | 30% | 19% |          |    | *      |      |
| Dėstytojai paruošia darbui pagal specialybę                                 | 9% | 20% | 30% | 19% | 22% |          |    | *      |      |
| Save išreiškiu studijuodamas pasirinktą specialybę                          | 7% | 26% | 20% | 22% | 25% |          |    | *      |      |
| Grupės nariai draugiški   | 6% | 30% | 25% | 19% | 20% |          |    | *      |      |
| Studijomis esu patenkintas/a  | 5% | 35% | 19% | 21% | 20% | 552,123  | 1  | 0,0001 | 0,31 |
| Savarankiškumas, daug praktinių darbų                                       | 5% | 21% | 26% | 25% | 23% |          |    | *      |      |
| Dirbdamas grupėse kiekvienas studentas parodo savo žinias ir savarankiškumą | 8% | 30% | 23% | 19% | 20% |          |    | *      |      |
| Kolektyviškumas – svarbiausia   | 6% | 29% | 20% | 21% | 24% |          |    | *      |      |

\* – skirtumas statistiškai nereikšmingas, kai  $p > 0,01$

Pastaba. Sutrumpinimai K – komunikacijos specialistai, I – inžinieriai, D – dizaineriai/fotografai technologai, S – sveikatos priežiūros specialistai, V – vadybininkai

pašaukimą ir suvokimą apibūdinančią nuostatą „suvokiame savo profesijos esmę“. Nustatytas statistiškai silpnas koreliacinis ryšys tarp požymių ( $\chi^2 = 127,521$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0001$ ;  $C = 0,28$ ) leidžia teigti, kad sveikatos priežiūros būsimi specialistai, o ne kitų specialybių studentai statistiškai labiau suvokia profesinį pašaukimą dirbti pagal pasirinktą profesiją. Taip pat buvo ieškota statistiškai patikimų ryšių tarp tokių biomedicinos studijų sričių programų, kaip bendrosios praktikos slaugos, higieninės-dekoratyvinės kosmetologijos, kineziterapijos, biomedicininės diagnostikos studijų programos. Statistikos duomenų analizė parodė, kad bendrosios praktikos slaugos būsimi specialistai aktualina profesijos esmės suvokimo problemas. Remiantis statistiškai silpnu koreliaciniu ryšiu tarp požymių ( $\chi^2 = 217,521$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,0001$ ;  $C = 0,28$ ) galima teigti, kad statistiškai dažniau bendrosios praktikos slaugos, ne higieninės-dekoratyvinės kosmetologijos, ne kineziterapijos, ne biomedicininės diagnostikos studijų specialistai labiau suvokia profesijos esmę.

2 lentelėje pateikti respondentų, pasirinkusių tam tikras studijų programas, profesinių nuostatų analizės

duomenys. Išanalizavus dizaino ir fotografijos technologijų, inžinierių, sveikatos priežiūros, vadybos ir komunikacijos specialistų studijų tyrimo duomenis, išsiaiškinti tam tikri matematiniai statistiniai dėsnin-gumai (žr. 2 lentelę, kur pateikti tokie trumpiniai: I – inžinieriai, M – dizaineriai/fotografai technologai, S – sveikatos priežiūros specialistai, V – vadybininkai, K – komunikacijos specialistai).

Remiantis statistiškai silpnu koreliaciniu ryšiu tarp požymių ( $\chi^2 = 552,123$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0,0001$ ;  $C = 0,31$ ), galima teigti, kad tik dizaineriai/fotografai-technologai (35%), o ne vadybininkai (20%), ir ne inžinieriai (19%), ne sveikatos priežiūros specialistai (21%), ne komunikacijos specialistai (5%) įvardija pasitenkinimą studijomis. Sulyginus meno studijų srities studijų programų tarpusavio duomenis, buvo nustatyta, kad grafinio dizaino (30%), o ne interjero dizaino (25%), ne interaktyviojo dizaino (19%), ir ne fotografijos technologijų (26%) studijų būsimi specialistai yra labiausiai patenkinti studijomis. Todėl pagrįstai galime teigti, kad būsimi grafinio dizaino specialistai vertina ir išreiškia profesinės saviaktualizacijos galimybes.



## Išvados

1. Tyrimo duomenys parodė, kad statistiškai dažniau dirbs pagal specialybę būsimieji inžinieriai vaikinai, o ne dizaineriai ar fotografai technologai; taip pat statistiškai dažniau teigiamai vertina savo pasirinktą specialybę inžinieriai vaikinai, o ne dizaineriai ar fotografai technologai.

2. Statistikos duomenų analizė parodė, kad:

- inžinieriai vaikinai dažniau dirbs pagal specialybę nei merginos; būsimieji inžinieriai vaikinai yra labiau motyvuoti įsidarbinti pagal specialybę nei kitų tirtų studijų programos specialistai; statistiškai dažniau teigiamai vertina savo pasirinktą specialybę inžinieriai vaikinai,
- teiginį „kilti karjeros laiptais“ statistiškai dažniausiai įvardija vadybininkai,
- reklamos vadybininkai statistiškai dažniau nei vadybos, ar rinkodaros vadybos studijų programų specialistai projektuoja kilimo karjeros laiptais galimybes,
- profesijos esmės suvokimo klausimus aktualizuoja sveikatos priežiūros specialistai,
- bendrosios praktikos slaugos, o ne higieninės-dekoratyvinės kosmetologijos, ne kineziterapijos, ne biomedicininės diagnostikos specialistai statistiškai dažniau gvildena pasirinktos profesijos esmės problemas,
- dizaineriai/fotografai-technologai įvardija pasitenkinimą studijomis,
- grafinio dizaino specialistai yra labiausiai patenkinti studijomis, o ne interjero dizaino, ne interaktyviojo dizaino ir ne fotografijos technologijų studijų studentai ir absolventai.

## Literatūra

1. A Dictionary of Education. Ed. Susan Wallace. Oxford University Press, 2012. Prieiga internetu: <http://www.oxfordreference.com/views/ENTRY.html?subview>. (Peržiūrėta 2012 02 14).
2. *Enciklopedinis edukologijos žodynas*. Vilnius: Gimtasis žodis. 2007.
3. Kanapickaitė J. (2008 a) Būsimųjų inžinierių, dizainerių ir fotografų technologų profesinio kryptingumo ypatumai. *Menas, dizainas, meninis ugdymas: ieškojimai ir atradimai*. Tarptautinės mokslinės praktinės konferencijos medžiaga. Red. S. Saulėnienė. Kaunas: Kauno kolegija, p. 7–16.
4. Kanapickaitė J. (2008 b). Kai kurie būsimųjų dizainerių profesinio

nio kryptingumo aspektai. *Mokslo taikomųjų tyrimų įtaka šiuolaikinių studijų kokybei*. Respublikinės konferencijos mokslinių straipsnių rinkinys. Red. A. Gražulis, R. Martavičius, G. Žibėnienė, A. Žemgulis. Vilnius: Vilniaus kolegija, p. 124–130.

5. Kanapickaitė J. (2008 c). Individualizacija ir būsimųjų dizainerių profesinis kryptingumas. *Mokslo taikomoji veikla ir studijų kokybė Lietuvos kolegijose*. Red. V. Žydžiūnaitė. Vilnius: LR švietimo ir mokslo ministerija, p. 5–11.
6. Kanapickaitė J. (2010 a). *Profesinis kryptingumas aukštojoje mokykloje* // Pedagogika: mokslo darbai. ISSN 1392-0340. – T. 97 (2010), p. 35–42.
7. Kanapickaitė J. (2010 b). Būsimųjų dizainerių, fotografų technologų ir inžinierių profesinės nuostatos // *Technologijos ir menas: tyrimai ir aktualijos*. – Vilnius: Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, 2010, p. p. 15–19. ISSN 2029-400X.
8. Oxford Reference Online 2012. Prieiga internetu: <http://www.oxfordreference.com/views>. (Peržiūrėta 2012 02 13).

## **Vocational attitude of future designers, photographers-technologists, engineers, marketing, communications and health care specialists**

**Jolanta Kanapickaitė**

*Vilnius University of Applied Engineering Sciences*

The research was done in 2009–2012 years of studies in Vilnius college, Kaunas college, International school of law and business, Vilnius Gediminas technical university, Vilnius Art academy, Vilnius college of technologies and design studies programs: marketing, advertisement, marketing and management, creative industries, visual communication, general practice nursing, biomedical diagnostics, hygienic and decorative cosmetics, physical therapy, graphic design, interior design, interactive design and photography-technologies, building services, construction, geodesy and cadastre, heating energetic. The aim of this article is to disclose vocational attitude of future designers, photographers-technologists, engineers, marketing, communication and health care specialists in a higher school. Research methods: 1. Theoretical-systemic analysis of scientific references and documents. 2. Empirical: survey for the studying. 3. Mathematical and statistical methods: (absolute and percentage-bearing rates, chi-square test ( $\chi^2$ ), contingency coefficient calculations and their analysis).

**Keywords:** vocational attitude, vocational training.



**SOCIALINIŲ MOKSLŲ  
TYRIMAI**

# KIRKPATRICK MODELIO TAIKYMAS IMITACINĖS VERSLO ĮMONĖS VERSLUMO UGDYMO(SI) VEIKSMINGUMO NUSTATYMOUI

Gražina Strazdienė

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-01100 Vilnius

**Anotacija.** Verslumo ugdymas nagrinėjamas įvairiais teoriniais aspektais užsienio ir Lietuvos mokslininkų darbuose. Įvairūs autoriai pripažįsta, kad verslumo ugdyme reikia pereiti nuo mokymo prie mokymosi ir sukurti mokymosi aplinką kiek galima artimesnę realiam gyvenimui. Tai pasiekti galima taikant netradicinius mokymo(si) metodus, tokius kaip vaidmenų žaidimai, darbas komandose, verslo imitavimas ir kitas aktyvias mokymo(si) strategijas.

Straipsnyje analizuojamas imitacinių verslo įmonių (IVĮ), padedančių ugdyti studentų verslumo gebėjimus, veiksmingumas. Pristatomas tyrimas, kuriuo atskleidžiami imitacinės verslo įmonės modelio ypatumai studentų požiūriu, išryškunami teigiami ir neigiami verslumo ugdymo aspektai imitacinėje verslo įmonėje. Imitacinės verslo įmonės veiksmingumui įvertinti panaudotas Kirkpatrick modelis, kurio esmę sudaro tai, kad mokymo programa vertinama keturiais lygiais: studentų reakcija į ugdymo(si) programą, įvykusių mokymusi, po mokymo atsiradusia elgsena ir rezultatais.

**Pagrindinės sąvokos:** imitavimas, imitacinės verslo įmonės veiksmingumas, verslumo gebėjimai, Kirkpatrick modelis.

## Įvadas

Verslumas – vienas iš svarbiausių ekonomikos augimo veiksnių, turinčių esminį poveikį šalies vystymosi raidai, naujų darbo vietų kūrimui ir socialiniam stabilumui. Verslumas – tai asmens gebėjimas idėjas paversti veiksmais. Jis apima kūrybingumą, naujovių diegimą, pasirengimą rizikuoti, planuoti ir valdyti projektus. Ši veikla reikalinga kasdieniniame gyvenime, darbe ir visuomenėje, nes tai leidžia darbuotojams geriau suvokti savo darbinę veiklą ir pasinaudoti galimybėmis (Nacionalinė jaunimo verslumo skatinimo 2007–2011 m. programa). Šiuolaikinei ekonomikai reikia išsilavinusių, aukštos kvalifikacijos ir verslių lyderių, vadovų ir organizacijų. Todėl švietimo vaidmuo tampa labai svarbus ugdant rytdienos specialistų verslumo gebėjimus. Verslumas palaipsniui įtraukiamas į visų lygių švietimo sistemas.

Diegiamos inovatyvios verslumo ugdymo(si) strategijos, jos tobulinamos ir įvertinamos. Tačiau verslumo programų ir strategijų veiksmingumo įvertinimas kelia dideles diskusijas dėl vertinimo kriterijų įvairumo ir neapibrėžtumo.

Tyrimo tikslas: panaudojant Kirkpatrick (1998) modelį, nustatyti imitacinės verslo įmonės (IVĮ) veiksmingumą ugdant kolegijų studentų verslumą.

Tyrimo objektas: imitacinės verslo įmonės (IVĮ) veiksmingumas ugdant kolegijų studentų verslumą.

## Uždaviniai

1. Išanalizuoti verslumo ugdymo(si) veiksmingumo įvertinimo ypatumus šiuolaikinių edukacinių paradigų kaitos kontekste.
2. Atskleisti kolegijų studentų verslumo ugdymo(si)

veiksmingumą išryškinančius požymius imitacinėje verslo įmonėje, remiantis Kirkpatrick (1998) modelio 1 lygiu.

3. Nustatyti kolegijų studentų verslumo ugdymo(si) IVĮ veiksmingumą panaudojant Kirkpatrick (1998) modelio 2 lygį.

Tyrimo metodai: duomenys buvo apdoroti SPSS 14 programa, analizuojami ir interpretuojami derinant kiekybinius ir kokybinius metodus. Aprašomosios statistikos pagrindu atliekamas pirminis kiekybinis duomenų apdorojimas, apskaičiuojami gautų rezultatų vidurkiai, moda, mediana, dažniai, standartinis nuokrypis, procentinės išraiškos (Merkys, 1995; Kardelis, 2000; Bitinas, 2006). Kokybinė turinio analizė taikyta analizuojant studentų atsakymus į atvirus klausimus. Analizė atlikta remiantis Kvale (1998), Silverman (2003a, 2003b), Mayring (2000) ir Žydzūnaitės (2005) nurodytais turinio analizės procedūros aspektais: taikant analizės taisykles, teksto turinys buvo analizuojamas nuosekliai, žingsnis po žingsnio, dalijant nagrinėjamą tekstą į analitinius vienetus. Tekstas buvo interpretuojamas remiantis iškeltais tyrimo klausimais, į juos atsakyta per suformuluotas kategorijas ir subkategorijas, kurios buvo atidžiai peržiūrimos analizės metu. Grupuojant atsakymus į kategorijas ir subkategorijas, apskaičiuojami atsakymų dažniai, nustatomas jų eiliškumas.

## Verslumo ugdymo(si) programų veiksmingumo įvertinimas

Daugelis tyrėjų (Young, 1997; Curran ir Staworth, 1989; McMullan ir kt., 2001) pabrėžia poreikį įvertinti verslumo ugdymo(si) programas ir pripažįsta, kad tokias programas vertinti sudėtinga dėl esminių pro-

cedūrinių ir metodologinių problemų. Siekiant nustatyti verslumo programų veiksmingumą, atlikta nedaug tyrimų (Hill ir O'Conneide, 1998). Reikšmingi debatai vyksta dėl tinkamos tyrimo metodologijos naudojimo vertinant mokymo programų veiksmingumą. Pripažįstama, kad sunku įvertinti mokymo programas (Bramley, 1996; Dixon, 1996; Zenger, 1996), ypač tas, kuriomis siekiama apibrėžtų kompetencijų ir gebėjimų.

McMullan ir kt. (2001) mano, kad verslumo ugdymo(si) programos turi būti vertinamos atsižvelgiant į programų atsiperkamumą ir galimybių išlaidas. Tačiau šitaip vertinant, pasak autorių, patiriama sunkumų dėl naudojamų matų įvairovės.

Kita grupė tyrėjų (Storey, 2000; McMullan ir kt., 2001) teigia, kad tinkamiausia vertinti verslumo programas atsižvelgiant į jų tikslus. McMullan ir kt. (2001) mano, kad verslumo ugdymo tikslai visų pirma turėtų būti ekonominiai: verslo pradėjimas ir išsaugojimas, metinių pajamų kilimas, darbo vietų kūrimas ir išlaikymas, finansavimo gavimas ir pelningumas. Tačiau tokie tikslai daugiau tinka įvairių verslumo kursams vertinti.

Verslumo ugdymo(si) programos gali būti vertinamos atsižvelgiant ir į lankomumą, dalyvių pasitenkinimą, programų populiarumą ir atsiliepimus, subjektyvų bendrą programos įvertinimą, matomą ypatingą programos naudą, atitinkamus dalyvių veiksmus po programos, tokius, kaip įmonės įkūrimas, išsilikymas, augimas ir pelningumas.

Yra ir kita nuomonė, kaip turėtų būti vertinamos verslumo ugdymo(si) programos. Henry ir kt. (2003) pažymi, kad vertinant programas, vertinami tokie kintamieji, kaip instruktoriaus žinios, pasirengimas ir dėstymas, programos sudėtingumo laipsnis ir susidomėjimas pačia programa. Pasak Wyckham (1989), daugelis verslumo ugdymo(si) programų vertinamos trimis būdais, tačiau nė vienu būdu vertinant neatsižvelgiama į finansinius išskaičiavimus. Pirma, vertinamos studentų žinios ir gebėjimai egzaminų metu. Antra, mokymai ir dėstytojai vertinami atliekant studentų apklausas. Trečia, baigus mokymus, vertinamas dalyvių įsidarbinimas ir gaunamų pajamų lygis. Toks vertinimas, anot autoriaus, tinkamiausias mokymo institucijoms.

Kita autorių grupė (Garavan ir O'Conneide, 1994; Storey, 2000) mano, jog siekiant įvertinti verslumo ugdymo(si) programos veiksmingumą, reikalingi longitudinaliniai tyrimai panaudojant kontrolines grupes, kad būtų galima palyginti verslumo programos dalyvius su asmenimis, kurie nesimokė verslumo.

Siekiant įvertinti mokymo programų veiksmingumą, kuriami programų vertinimo modeliai. Vienas iš tokių modelių – Kirkpatrick modelis, kuriuo mokymo programos vertinamos keturiais lygiais: vertinant besimokančiųjų reakciją į mokymo programą, mokymosi rezultatus, elgseną baigus mokymo programą ir naudą įmonei ar įstaigai. Atliktas tyrimas, panaudojant Kirkpatrick (1998) modelį, kuriuo nustatytas IVI veiksmingumas, ugdant kolegijų studentų verslumą.

Kirkpatrick modelio taikymas verslumo ugdymo(si)

veiksmingumui nustatyti imitacinėje verslo įmonėje

Kirkpatrick sukurtas modelis plačiai naudojamas vertinant verslumo programų veiksmingumą. Šio modelio taikymą tyrė Schumann, Anderson, Scout, Lawton (2001), Fregetto (2005), O'Neil, Wainess, Baker (2005) ir kt. Kirkpatrick (1998) mokymo programos (kurso) vertinimo modelį sudaro keturi lygiai: 1 lygis – reakcija, 2 lygis – mokymasis, 3 lygis – elgsena, 4 lygis – rezultatai (Kirkpatrick, 1998).

1 lygis – reakcija. Vertinant reakciją įvertinamas dalyvių pasitenkinimas programa. Nustatoma, ką mokymo programos dalyviai mano apie mokymąsi, ar jie patenkinti mokymais, įgyta patirtimi (Kirkpatrick, 1998). Manoma, kad jeigu besimokantieji neįvertina mokymosi programos teigiamai, jie neturės motyvo mokytis.

2 lygis – mokymasis. Šiuo lygiu įvertinama, kiek besimokantieji pakeitė požiūrį, pagilino žinias ar gebėjimus dirbdami imitacinėje verslo įmonėje. Mokymasis įvyko, jeigu pasikeitė požiūris, buvo gauta žinių, įgijus patirties buvo išvystyti ar patobulinti gebėjimai (Kirkpatrick, 1998). To siekiant mokymasis turi būti susijęs su mokymo programos tikslais ir tais tikslais, kuriuos kelia dėstytojai (Schumann ir kt., 2001), nes negalima tikėtis elgsenos pokyčių, jeigu vienas ar daugiau mokymosi tikslų nebuvo pasiekti.

3 lygis – elgsena. Šiuo lygiu vertinama besimokančiųjų elgsena – ar ji pasikeitė po mokymo ir ar besimokantieji tikrai panaudoja, ką išmoko (Kirkpatrick, 1998). Elgsena gali pakisti bet kuriuo metu, kai tik atsiranda galimybė, ir gali nepakisti, jeigu tokios galimybės neatsiranda (Schumann ir kt., 2001). Vertinant imitacinės verslo įmonės veiklą, elgsena apibrėžiama kaip laipsnis, iki kurio studentai atskleidžia savo požiūrius, žinias ir gebėjimus, kurių buvo mokoma imitacinėje verslo įmonėje.

4 lygis – rezultatai. Vertinama, iki kokio lygio besimokančiųjų grupės rezultatai pagerėjo dėl mokymosi, t. y. kokį efektą dėl besimokančiojo veiklos patyrė verslas ar aplinka (Kirkpatrick, 1998). Įvertinti mokymo programos rezultatus galima iš skirtingų pozicijų. Iš studento pozicijų tinkami rezultatai gali apimti požymius, kurie pasireiškia per kitus studijuojamus dalykus, gautų darbo pasiūlymų įvairovę, siūlomo darbo užmokesčio dydį. Iš darbdavio pozicijų vertinama, ar dėl dalyvavimo mokymo programoje pasikeitė darbo kokybė, gal sumažėjo sąnaudos, buvo padidintas atlyginimas, padidėjo pelnas. Tokiam įvertinimui reikalingi longitudinaliniai tyrimai (Kirkpatrick, 1998; Schumann ir kt., 2001).

O'Neil ir kt. (2005) tyrimai rodo, kad didžioji dauguma tyrėjų savo tyrimuose pritaikė Kirkpatrick modelio pirmą ir antrą lygius, bet atlikta nedaug tyrimų taikant trečią ir ketvirtą lygius. Atliktame tyrime verslumo ugdymosi veiksmingumui nustatyti panaudoti keturi Kirkpatrick modelio lygiai. Šioje publikacijoje pateikti tyrimo rezultatai pagal Kirkpatrick modelio 1 lygį – reakciją į mokymąsi ir 2 lygį – mokymą(si). Analizė kitais vertinimo lygiais numatoma pateikti kitose publikacijose.



## Tyrimo rezultatai

1 lygio – studentų reakcijos į mokymą(si) IVĮ įvertinimas. Pasibaigus mokymams IVĮ, studentai vertino, ar jiems patiko dirbti imitacinėje verslo įmonėje. Nustatyta, kad didžioji dauguma studentų (79,4 proc.) išreiškė pozityvų požiūrį į darbą IVĮ įvertindami jį aukštais įvertinimais (balai 5 ÷ 4). Vidutiniu vertinimu (balas 3) vertino 17,6 proc. studentų, o žemais įvertinimais (balai 2 ÷ 1) įvertino tik 3 proc. studentų. Vidutinis vertinimo balas (Mean) 4,13 ir dažniausiai pasikartojanti vertinimo reikšmė (modos įvertis) 4 rodo, kad darbas IVĮ vertinamas gerai.

Pasak Kirkpatrick (1998), labai svarbu tiksliai išsiaiškinti, kas patiko ar nepatiko besimokančiajam, nes atsižvelgus į gautas pastabas galima pagerinti ugdymo(si) programą ir paveikti kitų besimokančiųjų ugdymo(si) rezultatus.

Tam tikslui buvo pateikti atviri klausimai, kuriuos analizuojant turinio analizės metodu buvo išskirtos kategorijos ir subkategorijos, apskaičiuoti atsakymų dažniai. Į klausimą, kas labiausiai patiko, atsakė 271 studentas ir buvo gauti 304 atsakymai. Iš labiausiai patikusių požymių studentų atsakymuose išsiskyrė kategorijos: pažinti įmonės veiklą (39,8 proc.), patiko mokymosi metodas (23,68 proc.), mokymosi aplinka (10,2 proc.), buvo gauta nauda iš mokymosi IVĮ (9,54 proc.), buvo ugdomos asmeninės savybės (6,91 proc.), įgyti vadovavimo gebėjimai (3,29 proc.), galima geriau pažinti save (3,62 proc.). Kai kurie studentai nurodė, kad jiems patiko viskas, kas vyko IVĮ (2,96 proc.).

Kategorijoje susipažinti su įmonės veikla (121 teiginys) išsiskyrė 4 subkategorijos: veikiantys skyriai, užpildyti dokumentai, dirbti su kompiuterinėmis programomis, dirbti organizacinius darbus. Studentai džiaugėsi, kad IVĮ jiems „teko dirbti kiekviename skyriuje“, „susipažinti su įmonės dokumentais, juos pildyti“, „daryti užsakymus <...> išrašyti sąskaitas“, „dirbti su VPMF kompiuterinėmis programomis“, „patiko rengimasis ir dalyvavimas mugėje“.

Kaip dar vieną iš patikusių aspektų studentų atsakymuose išsiskyrė kategorija mokymosi metodas (72 teiginiai) ir subkategorijos, kurios sujungė: komandinį darbą, bendravimą, patirtinį mokymąsi, pasižymi tikroviškumu, yra įdomu mokytis ir dirbti. Studentai teigė, kad IVĮ vyksta „darbas komandoje“, „bendravimas tarpusavyje“, „bendradarbiavimas su klientais marketingo skyriuje“, „leidžia klysti, pamatyti klaidų pasekmes“, „niekas nebarė dėl klaidų“, „leido ištaisyti“, „čia „pasijutau, lyg dirbčiau tikrame darbe“, „buvo nenuobodu ir įdomu“.

Kategorijoje mokymosi aplinka (31 teiginys) išsiskyrė subkategorijos: išorinė aplinka, kolektyvas ir mokymo vadovė. Jie teigė, kad „visų pirma ten kitokia aplinka ir kitoks mokymasis nei paskaitose“, jiems patiko „aplinka tiek dėl dėmesingumo, tiek dėl nuotaikos“, „kad gali dirbti ir gauti pagalbą iš vadovo, kai neaišku“, teigė, „kad tokioje aplinkoje man patinka

mokytis“, „patiko grupė, su kuria dirbau“ „vadovės požiūris į mus, jos bendravimas bei išaiškinimas, kaip atlikti darbus“. IVĮ mokymosi aplinka – ne tradicinė auditorija, o auditorija, kuri išoriškai primena mažos įmonės biurą. Tokioje mokymosi aplinkoje kinta dėstytojo bendravimas su studentu. Čia dėstytojas yra konsultantas, patarėjas. Tokia netradicinė mokymosi aplinka teigiamai veikia mokymosi procesą, sudaro sąlygas dalykiškai bendrauti ir įgyti praktinių žinių (Belovienė, 2004).

Studentai pažymėjo, kad jie gavo iš mokymosi naujos (29 teiginiai), kuri pasireiškė įgytomis ir pritaikytomis žiniomis bei įgyta patirtimi. Jie teigė: „sužinojau naujų dalykų, kurie ateityje man pravers“, „realiai galėjau panaudoti įgytas žinias“, „suteikta nauja ir įvairiapusė patirtis“, „supratau, kaip firmose iš tikrųjų dirbama“, „norėčiau dirbti panašioje įmonėje“.

Kategorijoje asmeninių savybių ugdymas (21 teiginys) atsiskleidė subkategorijos: problemų sprendimas ir sprendimų priėmimas, savarankiškumas, kūrybingumas, planavimas. Studentai nurodo, jog patiko tai, kad nuolat vyko „sprendimų priėmimas“, „problemų sprendimas“, „galėjau jaustis atsakinga ir pasirašyti dokumentus“, „pateikti savo idėjas“, „<...> leido pasireikšti mano kūrybai“, „turėjau pats planuoti ir sekti, kad viskas vyktų, kaip suplanavau“.

Į klausimą, kas labiausiai nepatiko, atsakė 220 studentų, jie pateikė 229 atsakymus. Išskirtos kategorijos rodo studentams nepatikusius dalykus: IVĮ veiklos organizavimo ypatumai (44,1 proc.), mokymosi metodas (22,71 proc.), laiko paskirstymas (17,9 proc.), mokymosi aplinka (6,55 proc.), neatsakingas požiūris į darbą (5,24 proc.), atlikto darbo įvertinimo neobjektyvumas (1,75 proc.). Keliems studentams viskas nepatiko (1,75 proc.).

Studentų atsakymuose išsiskyrė kategorija IVĮ veiklos organizavimo ypatumai (101 teiginys) ir subkategorijos: netinkamas darbų paskirstymas, tvarkos trūkumas, veiklos trūkumas, darbo monotoniškumas, darbo skubotumas, darbas su dokumentais, darbas skyriuose, darbas su kompiuterine įranga ir programomis.

Studentai teigia, kad „nėra darbų paskirstymo“, „vadovai nepaskirsto darbo“, „reikia labai atidžiai viską atlikti“, „ne visi vienodai pasiskirstę darbus“, „chaosas, kas ką nori, tas tą daro“, „viskas ne į vietas sudėta, netvarka“, „neteisingai sutvarkyti dokumentai“. IVĮ veikla prilygsta tikros verslo įmonės veiklai, todėl taikomas kitoks nei paskaitose mokymo(si) būdas. Imituojant verslo įmonės veiklą kiekvienam darbuotojui paskiriamos atitinkamos pareigos, o dėstytojas yra tik dar vienas verslo įmonės darbuotojas, einantis aukštesnes pareigas. Todėl ne kas kitas, o tik patys darbuotojai turi išspręsti tvarkos problemas ir jausti atsakomybę už savo įmonės veiklą. Dėstytojo vaidmuo IVĮ suprantamas kaip mokymosi skatintojo, verslumo išteklių žinovas. Jis vadovaujasi egzistencializmo filosofija, pagal kurią mokymasis yra asmeninė patirtis, o mokymosi dalyviai suprantami kaip savo srities ekspertai, kurie gali vadovauti savo mokymuisi (Revans, 1998).

Kategorijoje mokymosi metodas (52 teiginiai) išsiskyrė subkategorijos, kurios demonstruoja, kad studentams nepatiko darbas IVĮ dėl komandinio darbo, bendravimo, informacijos apie darbą stokos, klaidų gausos, kad buvo neįdomu dirbti. Jie teigė, kad „iš pradžių buvo sunku suprasti, ką daryti įmonėje“, „kartais pritrūkdavo reikiamų žinių“, „atėjęs nežinai, ko griebtis, nepaaiškina“, „nebuvo suteikta pakankamai žinių darbo pradžioje“, „buvo daug klaidų iš seniau ir labai daug laiko sugaištama joms ištaisyti“, „būdavo nuobodžios užduotys“. Reikia sutikti, kad darbas IVĮ reikalauja didelio savarankiškumo, nes IVĮ veikla paremta veiklos mokymusi, mokymusi iš patirties ir mokymusi bendradarbiaujant – metodais, kurie studentams yra nauji ir galbūt sunkiau suprantami.

Mokymosi aplinkos kategorijoje (15 teiginių) atskleistos subkategorijos, demonstruojančios, kad studentams nepatiko: kolektyvas, mokymo vadovė, patalpos. Jie teigė, kad: „trukdė neatsakingi kolegos skyriuje“, „viską teko dirbti vienai“, „kai kurių kolegų netolerantiškumas“, „tapus vadovu, darbuotojų nepaklusnumas“. Gebėjimas bendrauti ir bendradarbiauti, išklausti kito nuomonę, suprasti ją grindžiančius argumentus, siekti susitarimo, atsakomybė ne tik už save, bet ir už kitą asmenį – pagrindiniai aspektai, apibūdinantys mokymo(si) bendradarbiaujant modelį (Teresevičienė ir Gedvilienė, 2003). Dirbti kolektyve sudėtinga, todėl tie, kurie linkę dirbti individualiai, patiria nepatogumų dirbdami komandoje. Pavieniuose pasisakymuose atsispindi, kad nepatiko vadovė („vadovės neorganizuotumas“, „nelabai sulaukėme pagalbos iš dėstytojų“), buvo per mažos patalpos.

Išskirta kategorija neatsakingas požiūris į darbą (12 teiginių) atskleidė, kad pasireiškė „studentų abejingumas atsakinguose darbuose“, „kai kurių darbuotojų tinginavimas“, „daug žmonių nežiūrėjo į šitą darbą rimtai“, pasireiškė „darbuotojų apatija“. Pasak Rajeko (2004), neatsakingą požiūrį į darbą lemia studentų motyvacijos stoka, kuri atsiranda, kai yra didelė darbų gausa, sunkiai suprantamas mokymo turinys. Mokymo vadovas į tai turėtų atkreipti dėmesį ir laiku pako-reguoti mokymą(si) IVĮ. Kitaip studentams pasidaro neįdomu, atsiranda nenoras mokytis ir neįgyjamos reikalingos žinios ir praktiniai gebėjimai.

Vertinant besimokančiųjų reakciją į mokymąsi, labai svarbu išsiaiškinti, ar sunku buvo mokytis ir kas buvo sunkiausia. Didžioji dauguma studentų (71,8 proc.) nurodė, kad mokytis IVĮ jiems buvo nesunku (balai 5 ÷ 4). Vidutiniškai sunku mokytis buvo (balas 3) 21,8 proc. studentų, o sunku – 6,5 proc. studentų. Vidutinis įvertinimo balas (Mean) ir dažniausiai pasikartojanti įvertinimo reikšmė (moda) lygi 4 (4 priedas). Tai reiškia, kad studentams mokytis IVĮ buvo nesunku.

Siekiant išsiaiškinti, kas buvo sunkiausia mokantis IVĮ, pateiktas atviras klausimas. Į jį atsakė 214 studentų, jie pateikė 219 atsakymų. Analizuojant gautus atsakymus nustatyta, kad studentams buvo sunkus darbas

IVĮ skyriuose (42,01 proc.), buvo sunku suprasti bendrą įmonės veiklą (21,91 proc.), trūko teorinių žinių ir praktinių įgūdžių (7,76 proc.), buvo sunku adaptuotis IVĮ veikloje (7,76 proc.), derinti darbo laiką (3,65 proc.), taikyti užsienio kalbos žinias (3,21 proc.), dirbti kompiuterinėmis programomis (2,28 proc.), vadovauti (1,83 proc.). Nemaža dalis studentų nurodė, kad jiems nebuvo sunku dirbti IVĮ (9,59 proc.).

Kaip sunkiausia veiklą studentai pažymėjo darbą IVĮ skyriuose (92 teiginiai), iš jų sudėtingiausia dirbti finansų skyriuje (76 teiginiai). Jie nurodė, kad „buvo sunkiausia finansų skyriuje išmokti tvarkyti visus svarbius dokumentus“, „dirbti su specializuotomis programomis, dokumentais, nes per mažai laiko tam“, „iš sąskaitų apskaičiuoti PVM“, „suprasti finansines bylas“.

Kai kuriems studentams sunku buvo „pirkimų-pardavimų skyriuje“, „pildyti Intrastato deklaracijas“, „suprasti pirkimo-pardavimo operacijų seką ir svarbą“.

Darbui IVĮ skyriuose, o ypač finansų ir komercijos skyriuose, reikia didelio teorinio pasirėngimo: išmanyti buhalterinės apskaitos principus, susigaudyti mokesčių sistemos labirintuose, būti susipažinus su ES vykdoma importo ir eksporto politika ir tvarka. Dažnai atėję į mokymus IVĮ studentai dar neturi gilių teorinių žinių, todėl jiems išskyla minėtų sunkumų. Kaip vieną iš sunkumų studentai ir nurodė teorinių žinių ir praktinių įgūdžių trūkumą (17 teiginių), kuris pasireiškė tuo, kad „kartais trūkdavo reikiamų žinių“, „žinių buhalterinės apskaitos skyriuje“, išryškėjo „patirties neturėjimas“, kai „per trumpą laiką reikėjo įsisavinti skyrių žinias ir subtilybes“.

Būtų idealu, jeigu studentai galėtų mokytis IVĮ trečiame kurse, kai būna išklause daugelį teorinių dalykų. Į tai atsižvelgiant reikėtų patikslinti mokymo planus.

Studentai minėjo, kad jiems sunku adaptuotis prie IVĮ veiklos (17 teiginių): „sutarti su kolegomis, prisitaikyti prie jų“, kartais tenka „atlikti darbus už tuos, kurie nesugeba“, „įsijausti į naują skyrių ir per trumpą laiką viską įsisąmoninti“. Tačiau „sunkiausia ateiti į firmą dirbti ir pradžioje nieko nežinoti. Reikia laiko perprasti“.

Daugelis studentų studijuodami dirba, todėl jiems būna sunku derinti darbo laiką (8 teiginiai): „sunku buvo suderinti savo pareigas su praktikos laiku. Man netiko nei I, nei II pamainos“, „suderinti savo dirbamą darbą su PMF“.

Kai kurie atsakymai atspindi, kad sunku buvo taikyti užsienio kalbos žinias (7 teiginiai): „pildyti dokumentus užsienio kalba“, „atsakinėti į laiškus iš užsienio“, taigi „sunkiausia buvo, kai reikėdavo išsiaiškinti, kas rašoma laiške kita kalba“. IVĮ veikia tarptautiniame „Europen“ tinkle, kuris jungia apie 5000 imitacinių verslo įmonių. Lietuvoje tokių įmonių yra apie 50. Todėl nenuostabu, kad didžioji dauguma imitacinių verslo partnerių yra užsienio IVĮ, su kuriomis bendraujama vokiečių, anglų, prancūzų, kai kada danų, ispanų kalba. Taip lavinami rašomosios užsienio kalbos gebėjimai.

Studentai minėjo, kad buvo sunku dirbti su kompiuterinėmis programomis (5 teiginiai), nes „trūko žinių <...>“, su kai kuriomis iš jų „<...> nebuvau susidūręs“, teko „išmokti dirbti su naujomis programomis“. IVĮ taikomos kompiuterinės programos plačiai naudojamos įmonėse. Tačiau susiduriama su problema, nes studentai būna nesusipažinę su jų veikimo principais per teorinius mokymus.

Keli studentai paminėjo, kad jiems buvo sunku vadovauti (4 teiginiai): „būti atsakingam už savo grupės veiklą“, „aiškinti kolegoms, kurie supranta tiek pat, kiek ir pats“. IVĮ kiekvienas skyrius išsirenka vadovą ir jis vadovauja skyriaus darbui. Vadovas keičiasi per einant iš vieno skyriaus į kitą. Taip ugdomi studentų vadovavimo gebėjimai. Tačiau ne kiekvienas gali būti vadovas, tai ir atskleidė studentų atsakymai.

Mokymuisi skirtas laikas yra vienas iš svarbiausių mokymosi eigos ir jo sėkmės veiksnių. Esant per trumpam mokymosi laikui, mokymasis gali neįvykti, o esant per ilgam laikui, mokymasis gali pabosti ir taip pat neduoti laukiamų rezultatų (Rajeckas, 2004). Tyrimu buvo siekiama sužinoti, ar užteko laiko dirbant IVĮ skyriuose. Trečdalis studentų (38,7 proc.) mano, kad jiems užteko laiko darbui skyriuose, tačiau 45,6 proc. studentų teigia, kad jiems tik sąlygiškai užteko laiko, o 15,7 proc. teigė, kad jiems neužteko laiko darbui IVĮ skyriuose. Vidurinis įvertinimas (Mean) 1,77 ir moda 2 patvirtina, kad didžiajai daugumai besimokančiųjų tik sąlygiškai užteko laiko mokymuisi IVĮ. Tai patvirtino ir studentų pasakymai „per trumpa praktika“, „praktikos laikas galėtų būti ilgesnis 2–3 mėn.“, „nespėjom visko išbandyti skyriuose“.

Mokymosi aplinkos poveikį mokymosi procesui pripažino daugelis autorių (Kirkpatrick, 1998; Schumann ir kt., 2001; Fregetto, 2005). Jie teigė, kad ergonomiška mokymosi aplinka teigiamai veikia mokymosi procesą ir rezultatus. Atsižvelgiant į tai, studentų buvo prašoma įvertinti IVĮ mokymosi aplinką, t. y. patalpas, įrangą, mokymo būdą, mokymo vadovą ir komandą, su kuria teko dirbti.

Tyrimu nustatyta, kad dauguma studentų (79,2 proc.) mokymo patalpas įvertino aukštai (balai  $5 \div 4$ ), 16,2 proc. – vidutiniškai (balas 3) ir 4,6 proc. – žemais įvertinimais (balai  $2 \div 1$ ). Vidurinė reikšmė (Mean) 4,12 ir modos įvertis 4 patvirtina, kad mokymo patalpos vertinamos aukštai.

Mokymo įrangą aukštais vertinimais įvertino 59,3 proc. studentų, vidutiniškai įvertino 29,2 proc. studentų, žemu įvertinimu – 11,5 proc. studentų. Vidurinė reikšmė (Mean) 3,67 ir modos įvertis 4 patvirtina, kad mokymo įranga vertinama šiek tiek aukščiau vidutiniškai.

Didžioji dauguma studentų aukštais įvertinimais (balai  $5 \div 4$ ) vertino imitacinį mokymo būdą (76,2 proc.), mokymo vadovą (85,9 proc.) ir komandą, su kuria teko dirbti (82,6 proc.).

Labai svarbią ugdymo(si) modelio vertinimo metodikos dalį sudaro rekomendacijos. Manoma, kad jeigu

besimokantieji teigiamai reagavo į ugdymo(si) programą, tai jie yra motyvuoti mokytis, o dėl neigiamos reakcijos visuomet sumažėja galimybė, kad bus mokomasi. Studentams buvo pateiktas klausimas, ar jie rekomenduos mokymus kitiems. Atlikus duomenų analizę, matyti, kad mokymus IVĮ rekomenduos 76,9 proc. studentų. 17,8 proc. abejoja, ar rekomenduos, 5,3 proc. nerekomenduos mokymų kitiems. Rekomenduojančių studentų skaičius yra gana didelis, todėl galima daryti išvadą, kad studentai pozityviai reagavo į ugdymo(si) programą ir jiems patiko dirbti IVĮ. Palyginus atsakymus apie tai, ar patiko dirbti IVĮ ir ar rekomenduos mokymus kitiems, pastebėta, kad studentų, kuriems patiko mokytis ir kurie rekomenduos mokymus, procentai beveik vienodi. Todėl manoma, kad tie, kuriems patiko mokytis IVĮ, rekomenduos šiuos mokymus kitiems.

2 lygio – studentų mokymosi IVĮ – įvertinimas. Mokymosi lygis įvertinamas nustačius, koku lygiu besimokantieji pakeitė požiūrį, pagilino žinias ar gebėjimus imitacinės verslo įmonės dėka (Kirkpatrick, 1998). Jeigu nebus pasiekti mokymosi tikslai, mažai tikėtina, kad įvyks besimokančiųjų elgsenos pokyčiai. Mokymasis neįvyks, jeigu besimokantysis bus neaktyvus, nemotyvuotas, nenusiteikęs mokytis. Todėl siekiant įvertinti mokymąsi, pradžioje buvo vertinamas studentų aktyvumas dalyvaujant IVĮ veikloje.

Dauguma studentų (78,4 proc.) savo dalyvavimą IVĮ veikloje įvertino kaip aktyvų (balai  $5 \div 4$ ), 18,3 proc. studentų – kaip sąlygiškai aktyvų, o 3,2 proc. sudarė neaktyviai dalyvavusieji. Vidurinis įvertinimas (Mean) 4,09 ir modos įvertis 4 leidžia teigti, kad dauguma studentų aktyviai dalyvavo IVĮ mokymuose.

Pasibaigus mokymams IVĮ, siekta sužinoti, kokius techninius verslumo gebėjimus, vadovavimo verslui gebėjimus bei asmeninius verslumo gebėjimus ugdo IVĮ, t. y. ar įvyko mokymasis. Trijų pagrindinių gebėjimų grupių požymiai apima IVĮ mokymo turinį, kurį atspindi IVĮ veiklos sritys: darbuotojų valdymas, apskaitos valdymas, pirkimų valdymas, pardavimų valdymas, rinkodaros valdymas.

Techninių verslumo gebėjimų, ugdomų IVĮ, grupę sudarė 12 teiginių, apibūdinančių komunikacinius, užsienio kalbos gebėjimus, gebėjimą dirbti kompiuterinėmis programomis ir gebėjimą naudotis informacijos šaltiniais.

Dauguma studentų sutinka arba visiškai sutinka, kad IVĮ ugdomi komunikaciniai gebėjimai: bendrauti verslo kalba su kitomis tokiomis pat imitacinėmis verslo įmonėmis (81,7 proc.), sklandžiai ir laisvai kalbėti per susirinkimus, konferencijas, seminarus (62,7 proc.), vesti derybas, pristatyti imitacinę įmonę ar jos skyrių (60,2 proc.). Tačiau yra nemaža dalis studentų, kurie abejoja dėl šių gebėjimų ugdymo: 27,8 proc. studentų abejoja, ar IVĮ moko sklandžiai ir laisvai kalbėti per susirinkimus, konferencijas, seminarus, o 34 proc. studentų abejoja dėl mokymo vesti derybas, pristatyti imitacinę įmonę ar jos skyrių. Siekiant sumažinti abejo-



jančiųjų skaičių, būtina skirti papildomą dėmesį šiems gebėjimams ugdyti IVĮ.

Vertinant užsienio kalbos gebėjimus, pasireiškė nuomonių įvairovė. 39,6 proc. studentų sutinka, kad IVĮ ugdo rašomosios užsienio kalbos gebėjimus, tačiau 28,2 proc. studentų tuo abejoja, o 16,2 proc. nesutinka, kad IVĮ šiuos gebėjimus tobulina. Studentų nuomonių nesutapimą rodo ir didelis standartinis nuokrypis –  $SD = 1,006$ . Nuomonės nesutampa ir dėl šnekamosios užsienio kalbos gebėjimų ugdymo. Didžioji dauguma studentų (38,2 proc.) abejoja, ar IVĮ pagerina šnekamosios užsienio kalbos gebėjimus, o 18,8 proc. nesutinka, kad šie gebėjimai IVĮ ugdomi. Didelis standartinis nuokrypis ( $SD = 1,022$ ) patvirtina nuomonių nesutapimą, o vidurinis balas (Mean) 3,18 rodo, kad įvertinimas yra tik šiek tiek aukštesnis nei vidutinis.

Analizuojant gebėjimą dirbti įvairiomis kompiuterinėmis programomis pastebėta, kad dauguma studentų visiškai sutinka arba sutinka, kad IVĮ moko rengti darbuotojų darbo eigos dokumentus, formuoti asmens bylas (91,0), dirbti kompiuterine buhalterinės apskaitos programa (69,7 proc.), kompiuterine personalo valdymo programa (64,8 proc.) ir rengti pristatymus „Power Point“ programa (63,4 proc.).

Gebėjimas naudotis informacijos šaltiniais studentų vertinamas aukštais įvertinimais (balai  $5 \div 4$ ). Dauguma studentų visiškai sutinka arba sutinka, kad IVĮ mokoma susirasti reikalingą informaciją (82,6 proc.) ir panaudoti rastą informaciją problemoms spręsti (75,0 proc.).

Vadovavimo verslui gebėjimų, ugdomų IVĮ, grupę sudarė 18 teiginių, kurie apėmė tokius gebėjimus kaip problemų sprendimas ir sprendimų priėmimas, finansinis išvalgumas, komandinio darbo gebėjimai, vadovavimo gebėjimai, planavimo gebėjimai, rinkodaros gebėjimai.

Tiriant problemų sprendimo ir sprendimų priėmimo gebėjimų grupę, nustatyta, kad studentai visiškai sutinka ir sutinka, kad IVĮ padeda pamatyti problemas, kylančias verslo aplinkoje (75,9 proc.), padidina sugebėjimus diegti sprendimus (69,9 proc.) ir sugebėjimus spręsti kasdienes problemas (68,8 proc.). Teiginių vidutiniai balai yra gana aukšti ir lygūs atitinkamai: 3,94; 3,80; 3,77. Galima teigti, kad IVĮ studentai įgyja problemų sprendimo ir sprendimų priėmimo gebėjimų.

Finansinis išvalgumas IVĮ pasireiškia tuo, kad mokoma organizuoti, valdyti ir kontroliuoti apskaitos procesus (81,3 proc.), apibendrinti, analizuoti apskaitos duomenis ir parengti metines ataskaitas (73,4 proc.), naudojami finansiniai duomenys siekiant priimti organizacinius sprendimus (67,1). Su tuo sutinka ir visiškai sutinka didžioji dauguma studentų. Nesutinkančių ir visiškai nesutinkančių studentų procentai yra labai nežymūs. Taigi galima sakyti, kad apskaitos valdymui IVĮ skiriamas ypač didelis dėmesys. Nors studentai nurodė, kad jiems sunkiausia buvo dirbti finansų skyriuje, galima teigti, kad IVĮ ugdomi finansinio išvalgumo gebėjimai.

Darbas IVĮ paremtas komandinio darbo gebėjimais. Tai patvirtina dauguma studentų – nurodyta, kad IVĮ pagerinami grupinio darbo gebėjimai (84,3 proc.), skatinama dalytis įgyta patirtimi su komandos draugais (83,3 proc.), mokoma daugiau pasitikėti komandos draugais (73,1 proc.). IVĮ – tai komanda, kurios struktūrą sudaro skyriai, kuriuose yra vadovas ir kiti skyriaus darbuotojai.

Tiriant vadovavimo gebėjimų ugdymą, nustatyta, kad studentai aukštai (balai  $4 \div 5$ ) vertino tai, jog IVĮ parodo, kaip veikia įmonės skirtingi padaliniai (91,4 proc.), kad IVĮ leidžia pažinti save kaip vadovą (76,2 proc.), suteikia vadovavimo padaliniai gebėjimų (75,9 proc.). Vidurinis įvertinimo balas (Mean) yra atitinkamai: 4,43; 4,06; 4,04, moda lygi 4 (dažniausiai pasikartojanti reikšmė), o tai reiškia, kad vadovavimo gebėjimai IVĮ vertinami aukštai.

Vertindami planavimo gebėjimus, studentai sutinka, kad IVĮ mokoma planuoti savo laiką ir veiklą (45,6 proc.), planuoti verslo operacijas (44,9 proc.), sudaryti rinkodaros ar verslo planus (42,1 proc.), tačiau yra nemažai abejojančiųjų, kuriems sunku pasakyti, ar IVĮ mokoma sudaryti rinkodaros ar verslo planus (33,1 proc.), planuoti verslo operacijas (32,6 proc.). Nors šie duomenys nėra statistiškai reikšmingi, jie parodo skirtingų požiūrių pasiskirstymą. Mokėjimas planuoti darbo laiką lemia vadovo darbo sėkmę. Laiko darbams atlikti turi kiekvienas, tačiau ne visi moka tinkamai juo naudotis (Sakalas, 2003). IVĮ studentai planuoja savo veiklą, tačiau ne visiems sekasi tai daryti. Ne visada užtenka laiko atlikti didesnius darbus: sudaryti rinkodaros ar verslo planus. Reikia didesnius darbus integruoti į teorinius dalykus taip, kad būtų jaučiamas glaudesnis ryšys tarp teorijos ir praktikos.

Vertindami rinkodaros gebėjimus, studentai pirmenybę teikia gebėjimams parengti prekių ar paslaugų katalogus, reklaminius pasiūlymus (88,9 proc.), nustatyti prekių ar paslaugų kainas, mokėjimo ir pristatymo būdus ir terminus (74,3 proc.), atlikti rinkodaros tyrimus ir analizuoti bei vertinti tyrimų duomenis (58,3 proc.).

Asmeninių verslumo gebėjimų grupę sudaro 12 teiginių, kurie atspindi asmens savybes, turinčias įtakos verslumo raiškai ir galinčias atsiskleisti IVĮ darbe: atkaklumą, pasitikėjimą savimi, rizikavimą, poreikį siekti, inovatyvumą (kūrybingumą).

Daugelis studentų mano, kad IVĮ yra galimybės atsiskleisti asmeninei savybei atkaklumui. Taip teigia 85,6 proc. studentų, kurie sutinka ir visiškai sutinka, kad IVĮ skatina kiekvieną darbą atlikti kuo kruopščiau, ir 72,0 proc. – kad skatina atkakliai siekti užsibrėžtų tikslų. Tai patvirtina ir aukštos vidurinių balų (Mean) reikšmės, kurios atitinkamai lygios 4,17 ir 3,92, bei dažniausiai pasikartojanti reikšmė moda, lygi 4.

Pasitikėjimas savimi – savybė, kurios siekiama tiek ugdant verslumą, tiek atliekant bet kurį kitą darbą. Daugumos studentų manymu, pasitikėjimas savimi atsiskleidžia, jie sutinka arba visiškai sutinka, kad IVĮ

suteikia didesnę pasitikėjimą savimi (73,6 proc.) ir pasitikėjimą atliekant sudėtingus darbus (71,3 proc.). Tai leidžia daryti prielaidą, kad IVĮ studentai ugdo pasitikėjimą savimi.

Vertindami, kaip IVĮ ugdo rizikavimo gebėjimą, studentai sutinka, kad IVĮ skatina rizikuoti priimant verslo sprendimus (39,6 proc.), tačiau tokiai pat daliai studentų sunku pasakyti (39,1 proc.), ar tai vyksta IVĮ. Palyginti didelis procentas studentų (9,7 proc.) nesutinka ir visiškai nesutinka, kad IVĮ skatina rizikuoti priimant verslo sprendimus. Vidurinės reikšmės balas (Mean) 3,52 yra vidutinis, tai leidžia teigti, kad IVĮ studentai ne visada skatinami rizikuoti priimant verslo sprendimus.

Studentai sutinka, kad IVĮ moko apsvaistinti prieš priimant sprendimą (50,5 proc.). Tuo abejoja 22,5 proc., o nesutinka arba visiškai nesutinka 5,1 proc. studentų.

Poreikis siekti studentų vertinamas aukštais balais (4 ÷ 5). Taip vertindami jie sutinka, kad IVĮ suteikia pasitenkinimą gerai atliktu darbu (80,1 proc.), skatina analizuoti savo klaidas ir jas ištaisyti (81,9 proc.), siekti nustatytų IVĮ ar skyriaus tikslų (80,8 proc.) Su tuo nesutinkančių arba visiškai nesutinkančių studentų procentas yra labai nedidelis, abejojančiųjų taip pat nežymus. Vidurinės reikšmės yra aukštos ir atitinkamai lygios 4,12, 4,05, 3,98. Iš to matyti, kad IVĮ studentai ugdo poreikį siekti.

Išanalizavus tyrimo rezultatus pagal Kirkpatrick (1998) modelio 1 ir 2 lygius, galima teigti, kad IVĮ veiksmingas modelis kolegijų studentų verslumo gebėjimams ugdyti.

## Išvados

1. Verslumo ugdymo(si) programos gali būti vertinamos įvairiais aspektais: atsižvelgiant į studentų lankomumą, dalyvių pasitenkinimą, programų populiarumą ir atsiliepimus, subjektyvų bendrą programos įvertinimą, matomą ypatingą programos naudą, atitinkamus dalyvių veiksmus po programos, tokius kaip įmonės įkūrimas, išsilaikymas, augimas ir pelningumas. Tačiau tikslingiausias vertinimas – pažiūrėti, ar buvo pasiekti programos tikslai.

2. Tyrimo rezultatai rodo, kad daugumai respondentų patiko dirbti IVĮ, kurioje jiems labiausiai patiko pažinti įmonės veiklą, per kurią galėjo susipažinti su skyrių veikla, pildyti dokumentus, dirbti kompiuterinėmis programomis, organizuoti darbus bei vadovauti. Dauguma respondentų gerai įvertino šį mokymosi metodą, nes vyko komandinis darbas, buvo tikroviškai atspindėta įmonės veikla, vyko bendravimas, patirtinis mokymas, buvo įdomu dirbti. Patiko mokymosi aplinka, t. y. kolektyvas, mokymo vadovė ir išorinė aplinka; patiko tai, kad buvo gauta nauda – įgytos bei pritaikytos žinios, planavimo gebėjimai; buvo ugdomos asmeninės savybės, tokios kaip savarankiškumas, kūrybingumas, sugebėjimas spręsti problemas ir priimti sprendimus, suteikta galimybė pažinti save ir įgyti patyrimo.

3. Respondentai nurodė, kad jiems nepatiko IVĮ vei-

klos organizavimo problemos skyriuose, darbo problemos su kompiuterine įranga ir programomis, netinkamu darbų paskirstymu, darbo monotoniškumu darbe su dokumentais, darbo skubotumu, veiklos ir tvarkos trūkumu; nepatiko toks mokymosi metodas, nes buvo daroma daug klaidų, trūko informacijos apie darbą, buvo mažai bendraujama, nepatiko dirbti komandoje ir buvo neįdomu dirbti; netinkamas laiko paskirstymas, kadangi trūko darbo laiko, netinkamai paskirstytos darbo valandos; mokymosi aplinka – kolektyvas, mokymo vadovė, patalpos; nepatiko neatsakingas studentų požiūris į darbą; atlikto darbo įvertinimas.

4. Daugumai respondentų tik iš dalies užteko laiko mokymuisi IVĮ, tačiau jie aukštai vertino mokymosi patalpas, mokymo būdą, mokymo vadovą ir komandą, su kuria teko dirbti. Kiek žemesniais vertinimais vertinama mokymosi įranga. Todėl dauguma respondentų mokymus IVĮ rekomenduos kitiems.

5. IVĮ ugdomi techniniai verslumo gebėjimai: komunikaciniai ir naudojimas informaciniais šaltiniais, tačiau studentai ne visada turi galimybių patobulinti rašytinius ir kalbinius užsienio kalbos gebėjimus, išmokyti dirbti su grafinėmis programomis.

6. Studentai, dirbdami IVĮ, įgyja vadovavimo verslui gebėjimų: problemų sprendimo ir sprendimų priėmimo, finansinio įžvalgumo, komandinio darbo, vadovavimo gebėjimų. Vis dėlto reikia atkreipti dėmesį į planavimo ir vadybos gebėjimų ugdymą: mokyti sudaryti rinkodaros ar verslo planus, planuoti verslo operacijas, atlikti rinkodaros tyrimus ir analizuoti bei vertinti tyrimų duomenis (pvz., kad didelis procentas abejojančiųjų neprisijungtų prie nesutinkančiųjų).

7. IVĮ ugdomi asmeniniai verslumo gebėjimai: atkaklumas, pasitikėjimas savimi, pasiekimų poreikis, tačiau studentai ne visada skatinami rizikuoti priimant verslo sprendimus. Pusė respondentų nesutinka arba abejoja, kad IVĮ parodo galimybes, kaip pradėti savo verslą.

## Literatūros sąrašas

1. *Aukštųjų mokyklų verslo praktinio mokymo firmų kompetencijų aprašymas*. Projektas. „SimuLith“ centras, 2007.
2. Belovienė, A. Studentų bendravimo ir bendradarbiavimo įgūdžių taikymas dirbant komandoje. *Verslo praktinio mokymo firmos Lietuvoje: 10 metų patirtis bei inovaciniai pokyčiai*. Vilnius: Vilniaus kolegija, 2004. p. 10–15.
3. Bitinas, B. *Edukologinis tyrimas: sistema ir procesas*. Vilnius: Kronta, 2006. ISBN 9955-595-92-2.
4. Bramley, P. *Evaluating Training*. Institute of Personal Development, London, 1996.
5. Curran, J. ir Staworth, J. Education and Training for Enterprise: Some Problems of Classification, Evaluation, Policy and Research. *International small Business Journal*, 1989, Vol. 7, No. 2, p. 11–23.
6. Dixon, N. M. New routes to evaluation. *Training&Development*. 1996, Vol. 50, p. 82–85.
7. Freggetto, E. *Business plan or business simulation for entrepre-*

- neurship education?* [interaktyvus]. [žiūrėta 2010m. birželio 4d.] Prieiga per internetą < <http://www.sbaer.uca.edu/research>.
8. Garalis, A. Žmogiškųjų išteklių ugdymo svarba ir nuolatinio mokymo(si) organizavimas. *Mokslų darbai: Mokytojų ugdymas*. Šiauliai: VšĮ Šiaulių universiteto leidykla, 2004, Nr. 3, p. 18–29.
  9. Garavan, T. N., O'Conneide, B. Entrepreneurship education and training programmes: a review and evaluation. Part 2. *Journal of European Industrial Training*. 1994. Vol. 18, No. 11, p. 13–21.
  10. Henry, C., Hill, F., Leitch, C. *Entrepreneurship Education and Training*. Ashgate: England, 2003.
  11. Hill, S., O'Conneide, B. Entrepreneurship education – case studies from the Celtic Tiger. *Proceeding of the Enterprise and learning conference, University of Aberdeen*, 1998, September.
  12. Young, J. E. Entrepreneurship education and learning for university students and practicing entrepreneurs, in Young J. E. (Ed.). *Entrepreneurship 2000*. Upstart Publishing, Chicago, 11.
  13. Kardelis, K. *Mokslinių tyrimų metodologija ir metodai*. Kaunas: Judex, 2002.
  14. Kirkpatrick, D. L. *Evaluating Training Programs: the four levels*. San Francisco, Berrett – Koehler, 1998. ISBN 1-57675-042-6.
  15. Kvale, S. *An Introduction to Qualitative Research Interviewing*. London: Sage Publications, 1996. ISBN 0-8039-5820-X.
  16. Lydeka, Z. Verslininkas, verslumas ir verslininkystė. *Organizacijų vadyba: sisteminiai tyrimai*. Kaunas: VDU leidykla, 1996, Nr. 2, p. 137–147.
  17. Martinkus, B., Žičkienė S. *Verslo organizavimas*. Šiauliai: VšĮ Šiaulių universiteto leidykla, 2006. ISBN 9986-38-635-7.
  18. Mayring, Ph. 2000. *Qualitative Content Analysis*. [28 paragrafai] Forum Qualitative Social Research 1 (2) [interaktyvus]. [žiūrėta 2011m. birželio 4d.] Prieiga per internetą <<http://www.qualitative-research.net/fqs-texte/2-00/2-00mayring-e.htm>
  19. McMullan, E., Chrisman, J. J., Vesper, K. Some Problems in Using Subjective measures of Effectiveness to Evaluate Entrepreneurial Assistance Programs. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 2001, Vol. 26, No. 1, p. 37–54.
  20. Merkys, G. *Pedagoginio tyrimo metodologijos pradmenys*. Šiauliai: ŠU leidykla, 1995. ISBN 9955-588-72-2.
  21. *Nacionalinė jaunimo verslumo skatinimo programa 2008–2012 m.* Projektas. Vilnius.
  22. O'Neil H. F., Wainess R., Baker E. L. Classification of learning outcomes; evidence from computer games literatūra. *The Curriculum Journal*. 2005, Vol. 16, No. 4, p. 455–474.
  23. Phillips, J. J., Stone R. D. *How to measure Training Results*. New York: Mcgraw-Hill, 2002. ISBN 0-07-138792-7.
  24. Rajeckas, V. *Pedagogikos pagrindai*. Vilnius: VPU, 2004.
  25. Revans, R.W. *ABC of Action learning*, revised ed., Lemos and Crane, London. 1998.
  26. Schumann, P. L., Anderson, P. H., Scout, T. W., Lanton, L. A Framework for Evaluating Simulations as Educational Tools. *Developments in Business Simulation and Experiential Learning*. 2001, Vol. 28, p. 215–220.
  27. Sakalas, A. *Personalo vadyba*. Vilnius: Margi raštai, 2003. ISBN 9986-09-254-X.
  28. Silverman, D. *Doing qualitative research: a practical handbook*. London: Sage Publications. 2003a.
  29. Silverman, D. *Interpreting qualitative data: methods for analysing talk, text and interaction*. London: Sage Publications. 2003b.
  30. Storey, D. J. Six steps to heaven: evaluating the impact of public policies to support small business in developed economies. *The Blackwell handbook of Entrepreneurship*. Blackwell, Oxford, 2000. p. 176–193.
  31. Teresevičienė, M., Gedvilienė, G. *Mokymasis grupėje ir asmenybės kaita*. Kaunas: VDU leidykla, 2003. ISBN 9955-530-35-9.
  32. Wyckham, P. A. *Strategic Entrepreneurship*. Pitman Publishing: London. 1998.
  33. Zenger, J. H. *Now: a retrospective*. Training & development. 1996, Vol. P. 50, 48–51.
  34. Žydžiūnaitė, V. *Komandinio darbo kompetencijos ir jų tyrimo metodologija*. Kaunas: Judex, 2005.

## **The application of KIRKPATRICK model for the evaluation of the effectiveness of entrepreneurship education in simulation business enterprises**

**Grazina Straziene**

*Vilnius University of Applied Engineering Sciences*

The article analyzes the effectiveness of Simulation Business Enterprises (SBE) which encourage students to develop entrepreneurial skills. The research present the features of Simulation Business Enterprises model in students' point of view. Positive and negative aspects of the entrepreneurship education in the Simulation Business Enterprise were highlighted. Kirkpatrick model was used for the effectiveness evaluation of Simulation Business Enterprise. Essence of this model is that the study program has to be evaluated at four levels: by measuring students' reaction to the study program, the learning process that occurred, the behaviour aroused after the learning, the results that were achieved after learning.

The aim of the study is to determine the effectiveness of Simulation Business Enterprises by using Kirkpatrick 1998 model.

Research methods were used: data were processed by using SPSS 14 program also they were analyzed and interpreted in a combination of quantitative and qualitative methods. The results of the research are: students' reaction to Simulation Business Enterprises is positive. Students' learning process it means entrepreneurship education using Simulation Business Enterprises model has occurred. Students' behaviour has changed: in the end of the training entrepreneurship education has improved statistically significant. The learning results showed that Simulation Business Enterprise model is appropriate form for the students' entrepreneurship education and it will be useful for the students in the creation their own business, for the work in existing company and for common understanding about an enterprise.

Key words: simulation, effectiveness of Simulation Business Enterprise, entrepreneurial skills, Kirkpatrick model.



# TARPTAUTINIŲ EKONOMINIŲ SANTYKIŲ TRANSFORMACIJA ŠIUOLAIKINĖMIS SĄLYGOMIS: LIETUVOS ATVEJIS

Valentinas Dubinas<sup>1,2</sup>, Rita Strazdienė<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-78366 Vilnius*

<sup>2</sup> *Socialinių mokslų kolegija, Vilniaus filialas, Ulonų g. 5, LT-08240, Vilnius*

**Anotacija.** Lietuvos integracija į tarptautinius ekonominius santykius – sudėtingas ir nevienpusiškas procesas. Įvertindami šio integracijos modelio sudėtingumą, ekonomistai siūlo pasinaudoti kitų, ypač išsivysčiusių Europos Sąjungos šalių pavyzdžiu. Jos užtikrina ekonomikos atgaivinimą mažindamos savo valiutos kursą ir užkariaudamos kitų šalių rinką, prisidedamos prie jų augimo interesų. Vertinant šią situaciją, būtina atkreipti dėmesį į naujas tarptautinio ekonominio bendradarbiavimo sąlygas ir formas, kurias lemia reprodukcijos ciklo ir valstybinio ekonomikos reguliavimo pokyčiai. Lietuvos Respublika, realiai atstovaujama besivystančioms šalims ir pretenduodama tapti nauja industrine valstybe, ypač turėtų domėtis tais tarptautinio ekonominio bendradarbiavimo ypatumais, kurie susiję su išsivysčiusių ir besivystančių ar naujų industrinių šalių santykiais.

**Pagrindinės sąvokos:** tarptautiniai ekonominiai santykiai, transformacijos, krizė, Lietuvos atvejis, empirinis tyrimas.

## Įvadas

Tarptautiniai ekonominiai santykiai plėtojasi pagal tuos pačius rinkos dėsnius, veikiančius pavienės valstybes, jie pritaikomi naudojantis naujausiomis rinkodaros technologijomis ir principais [1; 5; 13; 26]. Lietuvos ekonominių santykių su užsieniu plėtrai didelę reikšmę turi palankios geografinės sąlygos. Lietuva – geografinis Europos centras, patogi vieta plėtoti ryšius tarp Vakarų ir Rytų, Šiaurės ir Pietų. Šiuo požiūriu Lietuvai paranku teikti tranzitines transporto paslaugas, formuoti tinkamas sąlygas kapitalo grįžtamajam eksportui Vakarai–Lietuva–Rytai ir Šiaurė–Lietuva–Pietūs sistemų funkcionavimo pagrindu [7]. Norint sėkmingai atlikti šiuos darbus, būtina rekonstruoti komunikacijų sistemą, kad ji atitiktų šiuolaikinį pasaulinį lygį, taip pat užtikrinti politinį stabilumą [3; 8].

Politinį stabilumą formuoja pirmiausia vidinis politinis sutarimas ir pastovumas, antra vertus, – ryšiai su įvairiomis tarptautinėmis organizacijomis. Bendradarbiavimas su tokiomis organizacijomis ne tik padidina mūsų valstybės politinio stabilumo garantijas [18; 13], bet ir sudaro galimybę išsiryti įvairių lengvatų, kurias gali suteikti kitos šalys, regionai, tarptautinės organizacijos [21; 23; 24]. Lietuvos Respublikai įstojus į Jungtinių Tautų Organizaciją, prie kurios įkurtas Baltijos šalių fondas, gavus tam tikrą pagalbą iš EEB, Europos laisvosios prekybos asociacijos, iš JAV, kuri suteikė Lietuvai palankiausio prekybinio partnerio statusą, mūsų Respublikos politinės garantijos gerokai sustiprėjo nei buvo iki tol [22]. Įstojimas į Europos Sąjungą atvėrė kelią laisvam žmonių, kapitalo ir prekių judėjimui [17; 19; 20]. Lietuvos ekonominių santykių globalizacija paskatino įvairiapusę liberalizaciją; universalizaciją, kaip įvairių objektų ir patirties sklaidos žmonėms visuose Žemės kampeliuose vyksmą (pvz., kinų restoranų tinklai Lietuvoje inkorporuojami į beveik visų valstybių kinų restoranų tinklus); pažangą, susijusią su vadinamuoju amerikozimu, suderinančiu šiuolaikinę socialinę struktūrą su kapitalizmu, racionalumu ir biurokratizmu pradais, pavyzdžiui,

Makdonaldas, Holivudas, CNN ir kt. Šiuolaikiniai globalizacijos iššūkiai ir proveržiai dar siejami su deterritorizacija, kai socialinė erdvė jau apibrėžiama kaip nacionalinė teritorinė erdvė ir teritorinės sienos, pavyzdžiui, nacionalinių žemės sklypų pardavimo ribojimas, prieštaraujantis globalizacijos pagrindams.

Mokslinė problema. Ekonominuose tyrimuose globalizacija nagrinėjama labai apibendrintai [2; 11; 18], neaptariama konkrečių ekonominių formų, keičiančių nacionalinius ekonominius santykius globaliais [4]. Reikia naujesnių tyrimų, kuriuose globalizacija siejama su žinių ir darnia visuomene, akcentuojama pridėtinės vertės reikšmė gyvenimo gerovei kelti visose, ypač besivystančiose šalyse (jose gyvena net daugiau kaip ketvirtis milijardo gyventojų).

Praktinė analizuojamos problemos reikšmė. Straipsnyje pabrėžiama, kad globalūs ryšiai XXI amžiuje turėtų prisidėti prie visų žmonių (ne tik išsivysčiusių šalių gyventojų) gerovės. Apžvelgtas Lietuvos savitumas globaliuose ekonominės integracijos procesuose.

Tyrimo objektas – globalūs ryšiai kaip priemonė siekti žmonių socialinės gerovės visose, ypač besivystančiose šalyse.

Straipsnio tikslas – identifikuoti globalizacijos bruožus ir dimensijas, formuojančias tarptautinių ekonominių santykių transformaciją šiuolaikinėmis sąlygomis.

## Uždaviniai

1. Apibūdinti prielaidas nūdienos tarptautinių ekonominių santykių transformacijai.
2. Atskleisti globalizacijos, kaip svarbiausios tarptautinių ekonominių santykių transformacijos dimensijos, esmę.
3. Apibūdinti globalizacijos reikšmę ekonominio augimo prielaidoms besivystančiose šalyse.
4. Aptarti globalizacijos reikšmę teigiamiems ir neigiamiems ūkio plėtros padariniams.
5. Apžvelgti Lietuvos savitumą ekonominės integracijos procesuose.

Tyrimo metodai: mokslinių šaltinių, skelbtų Lietuvoje ir užsienyje, studijos; sisteminis vertinimas, modeliavimas, apibendrintų statistinių rodiklių ir duomenų apie tarptautinių ekonominių santykių transformaciją analizė.

## Prielaidos šiandieninei tarptautinių ekonominių santykių transformacijai

Svarbiausia prielaida šiandieninei tarptautinių santykių globalizacijai yra kompleksinis ekonominių ryšių pobūdis ir ekonominio bendradarbiavimo įvairinimas (angl. diversification – įvairinimas). Jo esmė ta, kad pajėgios išsivysčiusių šalių įmonės, plėtodamos ekonominius santykius, užtikrina kompleksinį aukšto techninio lygio bendradarbiavimą, aprėpiantį ne tik pagrindinę veiklos sritį. Jos formuoja išsivysčiusių šalių lygio transporto, ryšių, informacijos sistemas, taip pat tinkamą kitų gamybinės ir socialinės infrastruktūros objektų funkcionavimą [16]. Dėl to naujų industrinių ir besivystančių šalių įmonės, išsivysčiusių šalių įmonių partnerės, pajėgios gaminti tokią produkciją, kurią galima parduoti ne tik besivystančiose, bet ir išsivysčiusiose šalyse.

Plėtojant tarptautinius ekonominius santykius labai išaugo prekyba paslaugomis, padidėjo naujų technologijų perdavimas teikiant vienašales, regionines ir tarptautines (Pasaulinės prekybos organizacijos – PPO, Jungtinių Tautų Organizacijos – JTO, tarptautinių ekonominių organizacijų, t. y. Tarptautinio valiutos fondo – TVF, Pasaulinio banko – PB ir t. t.) lengvatas (angl. preference – lengvata) naujoms industrinėms ir besivystančioms šalims. Tiesa, GATT po 1991 m. birželio pasitarimo Urugvajuje šias lengvatas gerokai apribojo [4].

Šiuolaikiniams prekybiniams mainams būdingas visapusiškas importo liberalizavimas ir eksporto skatinimas. Daugelyje valstybių atsisakoma licencijų importui arba jos išduodamos kokioje nors vienoje valstybinėje institucijoje tik dėl apskaitos. Importas neapmokestinamas technologijų perdavimo, eksportinės gamybos plėtos, priešpriešinės natūrinės prekybos atvejais. Skatinant eksportą, eksportinei gamybai taikomos valstybinės subsidijos, eksportas kredituojamas ir apdraudžiamas valstybinėse ir privačiose išsivysčiusių šalių investicinėse ir draudimo kompanijose. Daugelis šalių atsisako importo kvotų. Licencijos importui forminamos prekių biržose, importo srautai paprastai reguliuojami tik muitų mokesčiais, neviršijančiais 5–10 procentų importo vertės. Kai kada taikomu PPO palaikomas vadinamasis savanoriškas importo ribojimas.

Ekonominės krizės sąlygomis, ypač recesijos etapu, kai reikia įvairiausiomis priemonėmis skatinti vidinės gamybos atsigavimą, ypač svarbus eksporto skatinimas ne tik liberalizuojant eksporto operacijas, bet ir taikant vidinių mokesčių, imamų nuo kompanijų, gaminančių

eksportinę produkciją, mažinimas, ypač pelno bei kitų mokesčių lengvatos. Siekiant užsitikrinti spartesnę augimą, kartais eksportinė gamyba apskritai atleidžiama nuo vidaus mokesčių (Kinijos, Taivano, Singapūro ir kitų Didžiojo vandenyno pakrantės šalių atvejai).

Skatinant naujų industrinių ir besivystančių šalių inkorporavimą į pasaulinį darbo pasidalinimą, šiose šalyse sudaromos kuo palankesnės sąlygos užsienio investicijoms. Ypač palankus režimas sudaromas tiems užsienio investuotojams, kurie įtraukiami į privatizavimo programas, jiems taikomi minimalūs 10–20 procentų vidaus pajamų mokesčiai arba šie mokesčiai apskritai atidedami net iki penkerių pirmųjų veiklos metų. Dažniausiai neapmokestinti pervedami į užsienį dividendai. Beje, užsienio investuotojai iš atsilikusių ir nepatikimų šalių neretai reikalauja jiems dividendus išmokėti ekonomiškai stipria valiuta arba (blogiausiu atveju) auksu. Tai užsienio investuotojams labai svarbu, nes tokiu atveju eliminuojamas šalies, į kurią investuojamas kapitalas, patikimumo neigiamas efektas, gaunamas dėl itin žemo tos šalies nacionalinės valiutos patikimumo.

Probleminių, t. y. besivystančių ar naujų industrinių šalių, integracijai į pasaulinį ūkį didelę reikšmę turi įvairiapusė ekonominė pagalba. Išsivysčiusios valstybės, įtrauktos į Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizaciją, besivystančioms šalims teikia mokslinę, techninę ir ekonominę pagalbą. Tokią pagalbą teikia taip pat įvairūs verslininkų (Rotari, Karnegi), privatūs (Fordo, Rokfelerio, Diupno) religinių organizacijų (Maltos ordinas Vatikane) fondai. Pagalbą naujos industrinės ir besivystančios šalys gauna ir iš tarptautinių organizacijų, t. y. Jungtinių Tautų Organizacijos (UNIDO, PROON fondai), EEB, tarptautinių ekonominių organizacijų (TVF, PB), Europos laisvosios prekybos asociacijos. Teikiant pagalbą iš šių fondų ir organizacijų pirmiausia vertinamas šalies, kuriai pagelbstima, politinis stabilumas ir demokratijos bei laisvosios rinkos santykių įtvirtinimo garantijos. Pavyzdžiui, Graikijai, Islandijai, Ispanijai ir Italijai ekonominę pagalbą skirti sudėtinga, nes šiose šalyse nėra ekonomikos skatinimo priemonių, kurios užtikrintų skiriamų iš išorės lėšų panaudojimą šiuolaikinės krizės recesijos etapui sutrumpinti ir trokštamai ekonomikos atgaivai pasiekti artimoje ar tolimoje ateityje. Egzistuojantis tiesioginių ar netiesioginių investicijų skyrimo modelis aiškiai nebeatitinka nūdienos reikalavimų ir daugeliu atvejų šalys, turinčios ekonominės plėtros problemų, besiskolindamos lėšų dar giliau klimpsta į liūną iki tokio lygio, kad net artimiausi partneriai iš Europos Sąjungos nebepajėgūs gelbėti savo bloko probleminių šalių. Tai galioja net ir tais atvejais, kai kredito linijos atidaromos atsižvelgiant į aukštą palūkanų normą (7–9 ar net daugiau proc.). Jei skola didelė, siekia net valstybės biudžeto lygį (Graikija, Islandija), išskyla nebeišsprendžiama užstato problema, kad investuotojai galėtų tikėtis susigrąžinti skolintas lėšas. Užsienio investuotojų skirtos net ir su didžiausiomis palūkanų

mis (iki 17 proc.) lėšos, vaizdžiai kalbant, „pravalgomos“ ir jų reikia vis daugiau ir daugiau.

Norint išvengti susidariusių neigiamų priedaidų, būtina pirmiausia išrasti ir praktiškai įgyvendinti vidinius ekonomikos pagyvavimo svertus, kurie sudarytų priedaidas ekonominiams santykiams atsigauti ir funkcionuoti pagal normalų išplėstinės reprodukcijos procesą. Tai būtina, kad iš užsienio skirtos lėšos prisidėtų prie objektyvių ekonominio augimo priedaidų pagyvavimo. Kitaip tariant, norint plėtoti tarptautinius ekonominius santykius, būtina įgyvendinti ekonomines priemones, užtikrinančias normalią piniginių srautų eigą pagal žemiau pateiktą paveikslą.

Kad pateikta piniginių srautų matrica funkcionuotų normaliai, būtina užtikrinti vidines ekonomikos gyvybingumo skatinimo priemones, iš kurių svarbiausia valiutos kurso stabilizacija (savo šalies valiutą būtina susieti su stipria valiuta (pvz. Kinijos Juaniu) arba aukso). Svarbūs ir konkurencingumo didinimo veiksniai, susiję su kuo mažesniu valstybės kišimuisi į išsąstingio atgimstančius ekonominius santykius. Valstybė turėtų būti teisėja futbolo aikštėje, prižiūrėti, kaip verslo partneriai (futbolininkai) laikosi žaidimo taisyklių, skatinti inovacijų kūrimą, pasitelkti šalies vidaus ir užsienio atradimus bei išradimus. Norint suaktyvinti vidinį šalies verslumą, būtina mažinti pelno ir fizinių asmenų mokesčius. Ekonomiką pagyvins ir gamtos saugos programos, finansuojamos iš konsoliduoto biudžeto ir Europos Sąjungos fondų. Svarbus ir pensijų didinimas vyresniems žmonėms, nes tai skatina namų ūkio vartojimą [5], o šis – bendrąjį šalies vartojimą.

Reziumuojant problemas dėl priedaidų šiandieninei tarptautinių santykių transformacijai, atskirai išskiriamos priedaidos išsivysčiusioms ir besivystančioms šalims. Išsivysčiusių šalių transformacijos vyksta pagal šiuos kriterijus:

- Aukštos kvalifikacijos darbo jėga.
- Idėjų, inovacijų kūrimo patirtis ir išbandytos priemonės.
- Siūloma inovacija su didele pridėtine verte.
- Akcentuojama vienetinės gamybos forma, ypač taikytina inovacijoms [13].

Besivystančių šalių tarptautinių ekonominių santykių transformacijos vyksta atsižvelgiant į šias sąlygas:

- Pigi darbo jėga.
- Puikūs prekybos įgūdžiai.
- Prieinama informacija.
- Siūlomas pigus ir paprastesnis analogas gamybos didelėmis serijomis arba masinės gamybos forma [13].

Intensyvėjant tarptautiniams ekonominiams santykiams įvairiomis formomis transformacijų kriterijai ir sąlygos supanašėja ir formuojasi nauja globali aplinka naujomis raiškos formomis (dirbtinis intelektas, interaktyvūs informaciniai srautai, nanotechnologijos, bioinžinerija, genų inžinerija, kamieninės ląstelės, nuklidinės reakcijos ir t. t.).

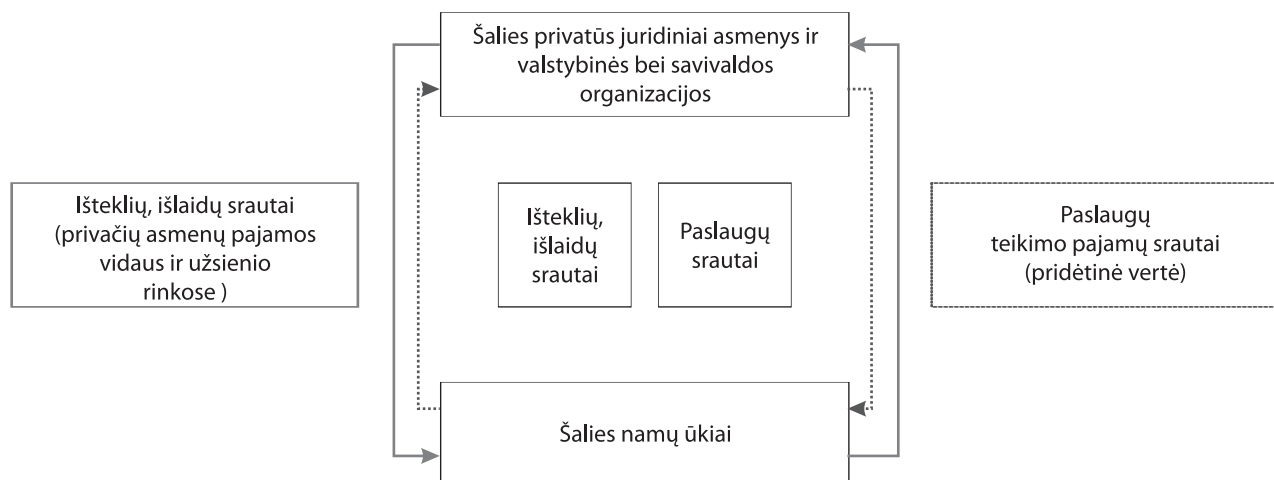
### Globalizacijos reikšmė teigiamiems ir neigiamiems ūkio plėtros padariniams

Pasaulio valstybės skirtingai reaguoja į augančią tarpusavio ekonominę priklausomybę. Viena iš priklausomybės raiškos formų yra ekonominė konkurencija tarp valstybių, ribojant pasaulio ekonomikos poveikį bei siekiant „apsaugoti savo ekonomiką nuo išorės spaudimo muitais ir kitais piniginių srautų apribojimais“ [21]. Valstybių tarpusavio konkurencingumas išsiaiškinamas suskaičiavus reitingus, kuriais įvertinama šalių ūkinė būklė pagal įvairius konkurencingumo kriterijus, iš jų svarbiausi du:

- 1) sugebėjimas konkuruoti pasaulinėje rinkoje pagal išvežamos į užsienį nacionalinės produkcijos apimtį, jis įvertinamas konsoliduotu gaminamos produkcijos ar teikiamų paslaugų konkurencingumo rodikliu;
- 2) sugebėjimas atsilaikyti analogiškos produkcijos importui iš užsienio šalių [25].

Abu kriterijai įvertinami kompleksiniu rinkos imties indeksu, kuris apskaičiuojamas įvertinus eksporto ir importo lyginamąsias dalis tam tikroje valstybėje ir pasaulyje [8].

Dauguma autorių akcentuoja tik teigiamas globalizacijos pasekmes, tačiau, kaip teisingai pastebi



1 pav. Piniginių srautų modelis, pritaikytas tarptautinių santykių transformacijai šiuolaikinėmis sąlygomis. Šaltinis: sudaryta autorių [10].



O. G. Rakauskienė, „globalizacija, kaip ir kiekvienas reiškinys, turi tiek teigiamų, tiek ir neigiamų pusių“ [21]. Teigiama, kad, sutelkus besiplėtojančius mokslo ir technologijų pažangos ryšius į vieną branduolį (pvz., didžiulius specializuotus praktinės patirties (angl. „know how“) ir Web science pagrindu formuojamus įvairaus profilio, tarp jų net socialinių mokslų, duomenų bankus), valstybių ekonomikoje galima užtikrinti teigiamus proveržius, kurie daug reikšmingesni nei formalūs postūmiai šalyje pagal technikos, technologijų ir socialinių mokslų kryptis [21]. Neigiamiems globalizacijos padariniams priskiriama tai, kad išsivysčiusios šalys (pvz. JAV, Kinija, Indija, Didžioji Britanija, Vokietija, Prancūzija) į besivystančias šalis eksportuoja jau šiose šalyse išstobulintas ir konkurencingas technologijas, tačiau į tarptautinės prekybos tinklus nepateikia aukščiausio techninio lygio produkcijos ar paslaugų, paremtų naujausiomis (pvz., „nano“ ar kitomis interaktyviosiomis) technologijomis. Pasitaiko netgi tokių atvejų, kai supirkti patentai atradimams ir išradimams slepiami iki to laiko, kol bus išnaudotos visos produkto ar paslaugos gyvybinio ciklo fazės (įėjimas į rinką; pakilimas; branda; išėjimas) ir įdiegtos ankstesnio lygio naujovės duos pelną naujiems moksliniams tyrimams. Šis neigiamas globalizacijos bruožas pamažu nyksta, nes šiuolaikines informacines technologijas (dirbtinis intelektas) taikant visose šalyse, slėpti laimėjimus darosi nebeaktuali – išrandami nauji produkcijos ar paslaugų analogai neretai geresni nei slepiami slapčiausiose laikmenose.

Šiuolaikinė globalizacija susiduria su ekonominio saugumo problema. Tai didžiausias iššūkis valstybėms, nes, viena vertus, plėtojasi kosmopolitiniai santykiai, kita vertus, dėl globalizacijos bręsta tautų savimonė, kaip didžiausias akstinas tautiniam pasididžiavimui ir susitelkimui. Lietuvai tai buvo vienybė Baltijos kelyje, sutelkiant milijonus žmonių tautinės nepriklausomybės problemai spręsti. Tokių pavyzdžių galima rasti ir kitose šalyse, pavyzdžiui, Libano ar Palestinos žmonių kovos už laisvę ir tautinį mentalitetą.

### Lietuvos savitumas ekonominės integracijos procesuose

Apibūdintos naujų industrinių ir besivystančių šalių inkorporavimo į pasaulinį ūkį ypatybės, be abejonės, reikšmingos ir Lietuvos Respublikai. Be išvardintų, Lietuvai dar būdinga daug specifinių integravimo į pasaulinį ūkį ypatybių (jos susijusios su Lietuvos, kaip specifinio tarptautinių ekonominių santykių subjekto, ypatybėmis). Šias ypatybes dabar ir aptarsime. Dabartinėje situacijoje, kai vėl pastebimas valiutų kursų smukimas, Lietuvai susidaro galimybės išsirūpinti įvairių lengvatų, kurių gali suteikti pavienės šalys, integruoti regionai, tarptautinės organizacijos. Lietuvos Respublikai įstojus į Europos Sąjungą, Jungtinių Tautų Organizaciją, prie kurios įkurtas Baltijos šalių fondas, gavus tam tikrą pa-

galbą iš EEB, Europos laisvosios prekybos asociacijos, JAV, kurios suteikė Lietuvai palankiausio prekybinio partnerio statusą, mūsų Respublikos politinės garantijos gerokai sustiprėjo. Tačiau Lietuvai, dar įtrauktai į ekonominės krizės gniaužtus, turinčiai nusidėvėjusias technologijas ir techniką, egzistuoja daug negatyvių pasekmių ir prielaidų stovėti vietoje nesurandant proveržių pagal susidarancius iššūkius tai vienoje, tai kitoje materialiosios gamybos, prekybos ar kitose sferose.

Apibūdintos naujų industrinių ir besivystančių šalių inkorporavimo į pasaulinį ūkį ypatybės, be abejonės, yra reikšmingos ir Lietuvos Respublikai. Be išvardintų, Lietuvai dar būdinga daug integravimo į pasaulinį ūkį savitumų, susijusių su Lietuvos, kaip specifinio tarptautinių ekonominių santykių subjekto, ypatumais, kurie susiformuoja pagal investicijų ypatybes iš užsienio.

Užsienio investicijoms reikia organizacinio pasiruošimo, kad būtų galima užtikrinti normalią kapitalo reprodukciją, aukštą techninį lygį ir palankias sąlygas jam augti. Besivystančiose šalyse užsienio investicijos efektą duoda ne papildomos pajamos kapitalą importuojančių šalių biudžetui, o darbo jėgos užimtumo didinimas, gamybos techninio ir ekonominio lygio kėlimas. Paruošus tinkamas organizacines sąlygas, užsienio investicijos užtikrins patikimą Lietuvos integraciją į pasaulinį ūkį, pakels bendrąjį gamybos techninį ir gyvenimo lygį. Tai, be abejonės, duos kur kas didesnį efektą, negu trumpalaikės biudžeto pajamos, gaunamos apdedant dideliais mokesčiais užsienio investicijas, apmokestinant importą ir eksportą. Tokios biudžeto pajamos būtų naudojamos nerentabilių, žemo techninio lygio įmonių subsidijoms, socialinėms programoms, tai nepadėtų šalyje iš esmės kokybiškai pagerinti gyvenimo lygį, o ką jau kalbėti apie tai, kad padidinus mokesčius užsienio investicijos apskritai taptų probleminės.

Sudarius tinkamas sąlygas užsienio kapitalų investicijoms Lietuvos Respublikoje, būtina parengti specialų Užsienio ekonominės veiklos įstatymą, kuris atitiktų pagrindinius tarptautiniam ekonominiam bendradarbiavimui EEB, GATT ir JTO reikalavimus, įtvirtintų suteiktas Lietuvai lengvatas ir liberalizuotų užsienio investicijų sąlygas, pritaikytų finansų ir kredito sistemą pasauliniam lygiui.

Vadovaujantis tokiu užsienio ekonominės veiklos įstatymu, būtų galima užtikrinti palankias sąlygas ekonominei pagalbai iš užsienio gauti, importą finansuoti užsienio kreditais, kurie būtų draudžiami išsivysčiusiose užsienio valstybėse, tarptautinėse ekonominėse organizacijose. Šiame įstatyme reikėtų numatyti, kad penkeriems metams eksportinė gamyba atleidžiama nuo visų vidaus mokesčių, užtikrinant pelno grįžtamąjį investavimą ir leidžiant dividendus išvežti neapmokestintus, prireikus konvertuojamąja valiuta. Palūkanas už kreditą reikėtų sumokėti prekių eksportu.

Gautas centralizuotas valiutines pajamas tikslinga skirti komunikacijų ir eksportinės gamybos mokslo tyrimams. Licencijas eksportui patogiausia būtų forminti prekių biržose, ten, kur sudaromi sandoriai.

1 lentelė. Ekonominio bendradarbiavimo formų ir jų transformacijų, atsižvelgiant į konkrečią veiklą, lyginamoji analizė

| Bendradarbiavimo formos                     |  |
|---|--|
| Sustambintos                                | Konkrečios   |
| PREKIŲ MAINAI                               |  |
| 1) Prekyba per tarpininkus                  | - specializuotų, universalių prekybos kompanijų veikla<br>- eksporto konsorciumai  |
| 2) Prekyba per savų tiekėjų paslaugas       | - įmonių tarpininkai ir tiekėjai   |
| 3) Natūriniai mainai                        | - konkretūs sandoriai  |
| KAPITALO INVESTAVIMAS                       |  |
| 1) Netiesioginės (portfelinės) investicijos | - paprastosios <i>portfelinės</i> investicijos<br>- kontrolinės <i>portfelinės</i> investicijos  |
| 2) Tiesioginės investicijos                 | - bendrų dvišalių, daugiašalių įmonių kūrimas<br>- filialų, pavaldžiųjų bendrovių kūrimas  |
| 3) Technologijų perdavimas užsieniui        | - prekyba paprastomis, ypatingomis, visiško pardavimo licenzijomis<br>- prekyba praktine patirtimi (angl. <i>know how</i> )<br>- prekyba prekių ženklais<br>- prekyba gamybos paslaptimis<br>- reklamos paslaugos<br>- inžinerijos paslaugos<br>- rinkodaros, organizacinės ir valdymo paslaugos<br>- fondų nuoma lizingo, reitingo būdu |
| 4) Darbo jėgos migracija                    | - darbo jėgos paruošimas<br>- darbo jėgos įdarbinimas  |
| VALIUTINIAI SANTYKIAI                       | Nacionalinė valiuta  |
| 1) Vidinis valiutos konvertuojamumas        | Susiejimas su tvirta valiuta   |
| 2) Išorinis valiutos konvertuojamumas       | Susiejimas su auksu  |

Šaltinis: Sudaryta autorių

Patartina atsisakyti licencijų importui arba jas išduoti automatiškai, dėl apskaitos vienoje kurioje valstybinėje institucijoje.

Modeliuojant užsienio ekonominius santykius, būtina numatyti pažangias ekonominio bendradarbiavimo formas. Jos pateikiamos lentelėje. Perspektyviausia iš pateiktų ekonominio bendradarbiavimo formų tiek šalies eksportuotojos, tiek šalies importuotojos požiūriu yra tiesioginės kapitalo investicijos, kuriant dvišales ar trišales (Vakarai–Lietuva–Rytai) bendras įmones ar steigiant Lietuvoje jų filialus, pavaldžiąsias bendroves.

Vertinant šios kapitalo investavimo formos praktinio įgyvendinimo Lietuvoje galimybes, būtina atkreipti dėmesį į tai, kad užsienio įmonės dėl daugybės anksčiau išvardytų priežasčių vargu ar rizikuos iš karto skverbtis į joms mažai dar pažįstamą mūsų rinką tiesioginių kapitalo investicijų forma, tuo labiau eksportuoti pažangias technologijas. Greičiausiai ekonominis bendradarbiavimas plėtosis nuo paprasčiausių formų, t. y. prekių mainų, kurie užtikrina greitesnį efektą. Tai rodo ir praktika – dauguma Lietuvoje sukurtų bendrų įmonių užsiima ne gamyba, o prekių mainais.

Prekių mainai taip pat skirtingi. Pirmiausia prekyba organizuojama per tarpininkus, kuriems atstovauja specializuotos, universalios prekybos organizacijos, eksporto konsorciumai. Kad prekyba būtų sėkmingai plėtojama, Lietuva neturėtų apmokestinti prekybos tarpininkų pelno. Gavusios teigiamą efektą ir didėjančią prekybos mastui, užsienio įmonės naudotųsi savų tiekėjų paslaugomis, o vėliau susiformuotų ir natūrinė prekyba.

Užsienio įmonės, išžvalgiusios rinką prekių mai-

nais, kur kas palankiau žiūrės į kapitalo investavimą mūsų Respublikoje. Vis dėlto investicijos pirmiausia prasiskverbs, matyt, netiesioginių (portfelinių) investicijų forma nuo paprastų iki kontrolinių.

Dabartinėmis sąlygomis labai svarbi ekonominio bendradarbiavimo forma – technologijų perdavimas ir priėmimas. Lietuva galėtų priimti užsienio technologijas licencijų, praktinės patirties (angl. *know how*), gamybos paslapčių perėmimo, inžinerijos, fondų nuomos formomis.

Tiek prekių mainai, tiek kapitalo investavimas funkcionuos tik tada, kai Lietuvos Respublika kontroliuos nacionalinės valiutos santykius, kitaip tariant, kai bus įvesta konvertuojamoji valiuta, euras. Priešingu atveju bendradarbiavimo formos taps paprasčiausia spekuliacija.

Siekiant patikrinti sisteminio vertinimo ir lyginamosios analizės rezultatų pagrįstumą, buvo atliktas empirinis tyrimas. Žodžiu apklausti ekspertai, Lietuvoje vertinami kaip Lietuvos ekonominės, socialinės ir gamtosaugos srities žinovai (iš viso dvylika). Vadovaujantis A. Pareto dėsniumi, jei 20 proc. respondentų suteikia informaciją 80 procentų visumai, vadinasi, apklausos dalyvių pakanka, kad būtų galima įvertinti Lietuvos situaciją tarptautinių ekonominių santykių transformacijų kontekste, tuo labiau, kad ekspertai buvo kompetentingi asmenys iš įvairiausių organizacijų ir institucijų (LR Vyriausybės, LR ministerijų, LR mokslinio tyrimo instituto, universitetų ir aukštųjų neuniversitetinių mokyklų). Klausimai susieti su tarptautinių ekonominių santykių vertinimu Lietuvoje ir užsienyje kreipiant dėmesį į šiuo-



laikines transformacijas ekonominės krizės ir globalizacijos procesų raidos kontekste.

Empirinio tyrimo duomenys apdoroti vadinamoja GAMS kiekybinių matavimų sistema, kurios esmė – kokybinė analizė. Kiekybinių įvertinimų rodikliai:

- 1) Lietuva – ypatingos geografinės, demografinės, genofondo, socialinės ir etnografinės padėties šalis.
- 2) Dabartiniu laiku, t. y. XXI amžiuje, tarptautinių ekonominių santykių transformacijos, įgyvendinamos globalizacijos forma, vienodos visose šalyse, nes jau pasiektas toks tarptautinių santykių integralumo lygis, kad atskirų valstybių sienos ir netgi valstybių aljansai netenka prasmės.
- 3) Inovatyvioms tarptautinių santykių plėtros formoms, paremtoms lygiateisiu bendradarbiavimu ir draugiška partneryste, trukdo religiniai karai.

Išanalizavus empirinio tyrimo kiekybinius rodiklius paaiškėjo, kad dauguma respondentų, net 80 proc., svarbiausia tarptautinių santykių formavimo naujais pagrindais sąlyga nurodė valiutos kurso stabilizacijos reikšmę (šalies valiuta turėtų būti susieta su stipria valiuta arba auksu). Nemažai (60 proc.) respondentų išskyrė infrastruktūros objektų (energetika, transportas, statyba, logistika) žemų kainų svarbą, kad Lietuvos ekonomika atsigtų ir pamažu įsilietų į pasaulinį ūkį. Kaip neigiamą aspektą Lietuvos siekiui užmegzti tarptautinius ryšius respondentai nurodė socialiai orientuotų mokesčių didinimą, siekiant grąžinti paskolas pagal specialias paramos programas iš užsienio, nes tokios paskolos, anot ekspertų, nėra siejamos su ilgalaikėmis ekonomikos atgaivinimo programomis, jos vaizdžiai tariant, „pravalgomos“, o efektas aiškiai neigiamas, nes neduoda pridėtinės vertės prieaugio, tik palieka palūkanas, kurios turi būti grąžintos laikas nuo laiko per vis trumpesnę laikotarpį (35 metai.). Netikėtai daug ekspertų (net 70 proc.) teigia, kad tarptautinių ekonominių santykių iššūkiai ir proveržiai linksta link to, kad Lietuva dėl savo geografinių, socialinių ir gamtosaugos savitumo tampa globalių procesų traukos ašimi netgi iki tokio lygio, kad centrinė globalizacijos šerdis, dabartiniu metu susiklostanti tarp Kinijos ir JAV, gana netolimoje ateityje pakryps ir link Lietuvos, kaip ypatingos pasaulio ir ES šalies narės. Išskirtinumo požymiai įvertinti skirtingai. Svarbesni iš jų nurodyti šie: darnios plėtros efektyvinimo būtinybė (90 proc.), gyventojų kvalifikacijos tobulinimas, papildomi mokymai (86 proc.), administracinių gebėjimų dirbti globalioje erdvėje ugdymas. Duomenys pakankamai adekvačiai atskleidžia realią situaciją, nes pasirinktas daugiakriteris vertinimas GAMS kiekybinio vertinimo sistema. Duomenų skaičiavimo objektyvumą rodo ir žemas rodiklis, atskleidžiantis stiprius tiesioginius koreliacinius ryšius.

## Išvados

1. Apibūdintos nūdienos tarptautinių ekonominių santykių transformacijos, susijusios su naujomis są-

lygomis verslui užsitęsios recesijos laikotarpiu daugelyje pasaulio valstybių, prielaidos. Blogybė ta, kad transformacijų raiškos forma iškreipta, todėl reikia tobulinti ne esmines globalizacijos dimensijas, o pertvarkyti jos formą socialiai orientuotos ekonomikos slinktimi.

2. Atskleista globalizacijos, kaip svarbiausios tarptautinių ekonominių santykių transformacijos dimensijos, esmė ir reikšmė telkiant išsivysčiusių šalių juridinius asmenis ir namų ūkius esminėms permainoms netolimoje ateityje dėl sparčiai susiklostančių naujų iššūkių ir proveržių mokslinėje, techninėje, ekonominėje ir gamtosaugos sferose.

3. Apibūdinta globalizacijos reikšmė ekonominio augimo prielaidoms besivystančiose šalyse, remiantis sandoriais plėtojant tarptautinius ekonominius santykius.

4. Išnagrinėta globalizacijos reikšmė teigiamiems ir neigiamiems Lietuvos ūkio plėtros padariniams, susijusiems su užsitęsusia recesija.

5. Aptarta Lietuvos specifika ekonominės integracijos procesuose, nes Lietuva dėl geografinių, socialinių ir gamtosaugos ypatumų tampa globalių procesų traukos ašimi iki tokio lygio, kad centrinė globalizacijos šerdis, dabartiniu metu susiklostanti tarp Kinijos ir JAV, netolimoje ateityje pakryps link Lietuvos, kaip ypatingos ES šalies narės.

## Literatūra

1. Bagdonienė, L., Hopenienė, R. *Paslaugų marketingas ir vadyba*. Kaunas: Technologija, 2010.
2. Baldwin, R., Wyplosz, H. *The economics of European Integration*. 2nd edition. Mc Graw Hill, 2003.
3. Bivainis, J., Tunčikienė, Ž. *Viešojo sektoriaus strateginis planavimas*. Monografija. Vilnius: Technika, 2009.
4. Bomberg, E., Peterson, J., Stubb, A. *The European Union. How does it work?* Oxford, 2008.
5. Čičinskas, J. *Rinkos ūkis ir valstybė. Valstybės kūrimo drama: krizė ir vizijos*. Vilnius: Margi raštai, 2000.
6. Davulis, G. *Ekonomikos teorija*. Vilnius: LTU, 2003.
7. Deksnienė, J. Ekonominės konvergencijos būklės analizė Baltijos šalyse. *Ekonomika ir vadyba: aktualijos ir perspektyvos*. Mokslo darbai, 2010.
8. Dubinas, V. Lietuvos maisto ūkio konkurencingumo analizė pagal sisteminio vertinimo modelį. *Vagos*. Mokslo darbai, 2006.
9. Dubinas, V., Smilga, E. Katalizatoriaus koncepcijos panaudojimas, didinant strateginio valdymo efektyvumą Lietuvoje. *Organizacijų vadyba: sisteminiai tyrimai*, 50. Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas, 2009.
10. Dubinas, V., Smilga, E. Paslaugų sektoriaus plėtros galimybės Lietuvoje. *Organizacijų vadyba: sisteminiai tyrimai*, Nr. 54. Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas, 2010.
11. *Europa ir mes*. Vilnius: Kultūros ir meno institutas, 2001.
12. Gineitienė, Z., Dundienė, D. Globalizacijos įtaka Lietuvos ekonomikai: Žmogiškųjų išteklių ir verslo aplinkos tyrimo aspektas. *Teisės ir verslo plėtra ES erdvėje*. Mokslinė konferencija. Vilnius: Biznio mašinų kompanija, 2006.

13. Gineitienė, Z., Dundienė, D. Globalizacijos įtaka Lietuvos ekonomikai: Žmogiškųjų išteklių ir verslo aplinkos tyrimo aspektas. *Teisės ir verslo plėtra ES erdvėje*. Mokslinė konferencija. Vilnius: Biznio mašinų kompanija, 2005.
14. Ginevičius, R., Tvarijonavičienė, M. *Investavimo sąlygų evoliucija ir perspektyvos Lietuvoje*. Vilnius: Tiltai, 2001.
15. Ginevičius, R., Podvezko, V. Daugiakriterinio vertinimo rodiklių sistemos formavimas. *Verslas: teorija ir praktika*, 6 (4), 2005.
16. Hamel, G. *Vadybos ateitis*. Vilnius: Verslo žinios, 2008.
17. May, A. H. *Europos Sąjungos plėtra: derybos su Vidurio ir Rytų Europos šalimis*. Vilnius: Eugrimas.
18. Melnikas, B. *Transformacijos: visuomenės pokyčiai, naujas tūkstantmetis, valdymas ir savireguliacija. Rytų ir vidurio Europa*. Vilnius: Vaga, 2002.
19. Miškinis, A., Paškevičienė, A. Struktūrinių fondų vaidmuo ir jų valdymas Europos Sąjungoje ir Lietuvoje. *Ekonomika*. T. 57.
20. Pajuodienė, G. M., Šileika, A. Lietuvos gyventojų socialiniai sluoksniai (vidurinėsios klasės beiškant). *Pinigų studijos*, 2001.
21. Rakauskienė, O. G. *Valstybės ekonominė politika: monografija*. Vilnius: Mykolo Romerio universiteto leidybos centras, 2006.
22. Rutkauskas, A. V., Martinkutė, R. *Investicijų portfelio anatomija ir valdymas: monografija*. Vilnius: Technika, 2007.
23. Urbonas, J. A. *Eksporto organizavimas ir planavimas*. Kaunas: Technologija, 2003.
24. Vasiliauskas, A. *Firmų strateginis valdymas: studentams ir verslininkams*. Vilnius: VVK leidykla, 2001.
25. Zawalinska, A. K. *The competitiveness of Polish agriculture in the context of integration with the European Union*. Warsaw: Warsaw university, 2004.
26. Žvirblis, A. *Rinkovados analizė, principai ir metodologija*. Vilnius, 2005.

### **The transformation international economic relations in recent conditions: the case of Lithuania**

**Valentinas Dubinas<sup>1,2</sup>, Rita Strazdienė<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Vilnius University of Applied Engineering Sciences*

<sup>2</sup>*College of social sciences, Vilnius department*

The international business relations are developed in accordance with the same marketing principles operating in the setting of different countries and which

are employed by using the current marketing technology and principles. Favourable geographic situation has a very great significance for the development of economic relations between Lithuania and foreign countries. Lithuania is considered to be the geographic centre of Europe. Such a concept is a favour opportunity to develop relations between the West and the East, the North and the South. Lithuania has a favourable footing to provide conveyance service, to condition the functioning of export systems on the basis: West-Lithuania-East and North-Lithuania-South. On purpose to operate successfully it is necessary to reconstruct the system of communication so that it corresponds with the requirements of the modern world and ensures the political stability.

The Lithuanian economic relations globalization produced the versatile liberalization, universalizing the dissemination of different objects and experience that comes from all over the world: the network of Chinese restaurants operating in Lithuania is incorporated in the network of Chinese restaurants that are operating in other countries; modernization which is associated with the influence of American culture reconciling the dynamic of modern social structure with the principle of capitalism, rationalism and bureaucracy. MacDonal, Hollywood, CNN could be a good example of that relations. Nowadays globalization challenges and breakthroughs are related to deteriorisation, when the social environment is defined as the international territorial environment and territorial boundary. The restrictions imposed on the national sales of holding which contradict the principles of globalization could be presented as an excellent example. In Lithuania the land restitution is not imposed and this fact makes true-born Lithuanians feel happy. Transformations by their nature differ in advanced countries and development countries. The advanced countries undergo transformations in accordance to the following criteria: the workforce of high qualification; the experience to generate new ideas and innovations and tested instruments; the innovations with the high surplus value; individual (single-unit) production, applied to innovations.

**Keywords:** international economic relations, transformations, crisis, the case of Lithuania, empirical research.

TECHNOLOGIJOS MOKSLŲ  
TYRIMAI

# DABARTINIŲ VERTIKALIŲJŲ ŽEMĖS PLUTOS JUDESIŲ TYRIMAS, TAIKANT SKIRTINGAS GEORODIKLIŲ GRUPES

Rūta Puzienė<sup>1</sup>, Asta Anikėnienė<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11

<sup>2</sup> Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54

**Anotacija.** Žemės dangos formavimasis – nepertraukiamai vykęs ir tebevykstantis procesas. Šiam procesui būdingi tam tikri cikliškumai, kurių metu susiformavo nuosėdinės dangos kompleksai. Vertikaliųjų Žemės plutos judesių tyrime taikant matematinę statistinę analizę, atliekami statistinių ryšių tarp išmatuotų vertikaliųjų Žemės plutos judesių bei teritorijos georodiklių tyrimai. Pasirinktinai imant atskirus georodiklius, atsiranda rizika į tyrimus neįtraukti informatyvių georodiklių, todėl atliekamas tyrimas, siekiant iširti laisvai parinktų bei stratigrafinę Žemės sandarą atspindinčių georodiklių sąsajas su išmatuotais dabartiniais vertikaliaisiais Žemės plutos judesiais. Siekiama nustatyti informatyviausias georodiklių grupes, kurias būtų tikslinga naudoti prognozuojant vertikaliuosius Žemės plutos judesius.

**Pagrindinės sąvokos:** vertikalieji žemės plutos judesiai, georodikliai, koreliacija, informatyvumas.

## Įvadas

Žemės pluta – darinys, kurio formavimasis vyko nuo pat planetos susidarymo iki šių dienų. Tai nepertraukiamai vykęs, apie 4,6–4,7 mlrd. metų trukęs bei šiuo metu vykstantis procesas. Geologiniai tyrimai byloja apie kryptingai vykstančią progresinio pobūdžio Žemės evoliuciją, kai nuo paprastų darinių pereinama prie sudėtingų.

Žemės raidos periodai geologijoje skaidomi į ciklus. Tektoniniai ciklai (etapai) – tai ilgi Žemės geologinės raidos istorijos periodai (daugiau kaip 100 mln. metų), charakterizuojami tam tikra tektoninių ir bendrų geologinių įvykių seka. Nuosėdinės dangos struktūriniai kompleksai – tai geologijoje išskiriami megaciklai, kurių vyksmo trukmė – šimtai milijonų metų.

Išskiriama vienuolika pagrindinių tektogenezės ciklų: šeši ikikambriiniai regioniniai ir penki vėlesnės raidos pasauliniai ciklai: baikalinis, kaledoninis, hercinitinis, kimerinis, alpinis.

Lietuvos teritoriją dengiančios nuosėdinės dangos išskirtiniu bruožu galima laikyti tai, kad ji pasižymi gana dideliu (geologinio amžiaus požiūriu) pjūvio pilnumu [5]. Tačiau tuo pat metu šioje dangoje egzistuoja gana daug pertraukų, kuriose „iškrinta“ atskiri stratigrafijos tarpsniai. Taikant geologijoje taikomas metodikas, nuosėdinė danga suskirstyta į tektoniškai nulemptus struktūrinius kompleksus.

Kitų autorių atliktuose vertikaliųjų žemės plutos judesių bei teritorijos georodiklių sąsajų tyrimuose [1, 6, 9, 10, 15] įvairiai grupuojant naudoti daugiausia šie georodikliai: žemės paviršiaus reljefas, kristalinio pamato reljefas, prekartero nuogulų reljefas, nuosėdinės dangos storis, kvartero dangos storis, prekartero nuogulų storis, gravitacinis laukas, magnetinis laukas.

Pasirinktinai tyrimams renkantys georodiklius, yra tikimybė pasirinkti neinformatyviuosius georodiklius, praleidžiant atskirus, su tiriamu procesu susijusius stipriais statistiniais ryšiais georodiklius. Todėl reikėtų tobulinti tyrimo metodiką, georodiklius renkantys

atsižvelgiant į Žemės formavimosi metu tam tikrais periodais, ciklais susidariusius darinius, struktūrinius kompleksus, stengiantis tyrimuose kiek įmanoma naudoti juos visus, kad būtų išsamiai atspindėta geologinė Žemės sandara.

Šio darbo tikslas – iširti dabartinių vertikaliųjų Žemės plutos judesių bei skirtingų georodiklių sąsajas, nustatyti informatyviausias georodiklių grupes, kurias tikslinga taikyti prognozuojant dabartinius vertikaliuosius Žemės plutos judesius.

## Tyrimų metodika

Vertikalieji žemės plutos judesiai geodeziniais metodais nustatomi pagal tikslųjų niveliacijų kartotinių matavimų rezultatus. Vertikalieji žemės plutos judesių greičiai skaičiuojami pagal formulę:

$$v_{ij} = \frac{h_{ij}'' - h_{ij}'}{\Delta t}, \quad (1)$$

čia:  $h_{ij}'$ ,  $h_{ij}''$  – pirmojo bei antrojo matavimų metu išmatuoti aukščių skirtumai tarp  $i$  ir  $j$  geodezinių ženklų,  $\Delta t$  – laiko tarpas tarp kartotinių niveliacijų.

Pagal niveliacijos linijos matavimų rezultatus apskaičiuoti vertikalieji žemės plutos greičiai pradinio linijos punkto atžvilgiu skaičiuojami pagal šią formulę:

$$v_k = \sum_{i=1}^k v_{i-1,i}, \quad (2)$$

čia  $i = 0, 1, \dots, k$  – geodezinių punktų numeriai.

Išmatuotųjų dabartinių vertikaliųjų žemės plutos judesių ryšių su teritorijos georodikliais pradinis vertinimas atliktas apskaičiuojant išmatuotų vertikaliųjų žemės plutos judesių reikšmių ir teritoriją apibūdinančių georodiklių skaitmeninių reikšmių koreliacijos koeficientus [3, 11, 13]:

$$r_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sqrt{\sigma_{ij} \cdot \sigma_{jj}}}, \quad (3)$$

čia:  $\sigma_{ij}$  – kovariacinės matricos elementai;  $\sigma_{ij}$ ,  $\sigma_{jj}$  – atskirtinių dydžių dispersijos.



Visų rodiklių tarpusavio matematinės statistinės sąveikos apibūdinamos koreliacijos koeficientų matrica [12, 14].

Tačiau apskaičiuotieji koreliacinės matricos elementai rodo ne tik rezultatinių rodiklio, gauto išmatavus vertikaliuosius žemės plutos judesius, sąveiką su teritorijos geologiniais rodikliais, bet ir geologinių rodiklių tarpusavio sąveikas. Bet koks rodiklis teikia daugiau informacijos apie matavimo rezultato variacijas, jei jo koreliacijos su matavimo rezultato rodikliu koeficientas didesnis. Tačiau daugiau informacijos apie matavimo rodiklį bendroje rodiklių sistemoje teiks tas rodiklis, kuris mažiau koreliuoja su kitais rodiklių sistemos elementais. Rodiklių tarpusavio priklausomybė lemia tai, kad jie neteikia visos informacijos apie rezultatą. Idealus atvejis būtų naudoti tokius rodiklius, kurie su rezultatiniu rodikliu turėtų stiprią koreliaciją, bet tarpusavyje būtų statistiškai nepriklausomi. Tačiau dabartiniai žemės plutos judesiai ir geologiniai rodikliai yra vientisos gamtinės sistemos elementai, pasireiškiantys kaip sudėtingi geodinaminės sistemos posistemai. Tarp jų dažniausia yra priklausomybė ir idealusis atvejis neįmanomas. Todėl reikia įvertinti priklausomų rodiklių sistemų informatyvumą bei kompleksiskumą.

Nustatyti ar išmatuoti žemės plutos judesiai (rezultatinis rodiklis) bei teritorijos geologiniai rodikliai (veiksniai) matematinio statistinio požiūriu sudaro vientisą kompleksą, todėl labiausiai nukrypstantiems nuo vientisojo komplekso rodikliams taikoma kompleksinė koreliacinė analizė.

Nagrinėjamų rodiklių grupės kompleksiskumo skaitmeninis rodiklis yra vidinės kompleksinės koreliacijos koeficientas [12]:

$$R_v = \frac{2 \sum_{i \neq j} |r_{ij}|}{m(m-1)} \quad (4)$$

čia:  $i$  – koreliacinės matricos eilutės numeris;  $j$  – matricos stulpelio numeris;  $m$  – kompleksą sudarančių rodiklių skaičius. Jeigu  $R_v \geq 0,5$  – galima teigti, kad rodikliai sudaro statistiškai pagrįstą vieningą kompleksą.

Labiausiai nukrypstantiems nuo vieningo komplekso rodikliams nustatyti skaičiuojami grupinės koreliacijos koeficientai [12]:

$$r_{j_0} = \frac{\sum_{i \neq j_0} |r_{j_0 i}|}{m-1} \quad (5)$$

čia  $j_0$  – rodiklio, kuriam skaičiuojamas grupinės koreliacijos koeficiento numeris.

Rodikliai, kurių koeficientai žymi silpniausią grupinę koreliaciją, tyrimo metu eliminuojami, siekiant nustatyti rodiklių grupę, kurios grupinės koreliacijos sąsajos stipriausios. Siekiamas gauti rezultatas – nemažinant arba nedaug mažinant bendrąją informacijos kiekį apie nagrinėjamą reiškinį, gauti mažesnės apimties rodiklių kompleksą, gana gerai atspindintį nagrinėjamą procesą.

Atliekant tolesnę analizę rodiklių grupių informa-

tyvumui įvertinti taikomas Helvigo (Hellwig) metodas [2]. Rodiklių kombinacijoje  $S$   $k$ -tojo požymio informatyvumas yra [2]:

$$h_{k_s} = \frac{r_{0k}^2}{1 + \sum_{i \neq j, i \neq k} |r_{ik}| + \sum_{i \neq j, i \neq k} |r_{ij}|} \quad (6)$$

Visos požymių kombinacijos  $S$  informatyvumas bus:

$$H_S = \sum_k h_{k_s} \quad (7)$$

Požymių kombinacijos informatyvumo rodiklis  $HS$  visuomet bus  $0 \leq HS \leq 1$ . Kuo  $HS$  reikšmė artimesnė vienetui, tuo informatyvesnė tiriamoji požymių kombinacija. Tačiau rodiklis  $HS$  apibūdina ne absoliutų informacijos kiekį, o informacijos kiekį santykius, esant įvairioms rodiklių kombinacijoms.

## Tyrimų rezultatai

Siekiant iširti galimus ryšius tarp nuosėdinę dangą sudarančių struktūrinių kompleksų bei išmatuotų dabartinių vertikaliųjų žemės plutos judesių, atlikti kompleksiniai tyrimai taikant antrajame šio darbo skyrelyje aprašytus matematinės statistinės analizės metodus. Taip pat, siekiant palyginti ankstesnių autorių tyrimuose naudotų georodiklių grupės bei šiame tyrime naudojamų georodiklių grupės sąsajas su išmatuotaisiais dabartiniais vertikaliaisiais žemės plutos judesiais, atliktas georodiklių grupių sąsajų su vertikaliaisiais judesiais palyginimas. Tyrime naudoti dabartiniai išmatuoti žemės plutos judesių greičiai  $v$  bei dvi georodiklių grupės. Pirmąją georodiklių grupę sudaro [7, 8, 9, 10]:

- $x1'$  – nuosėdinės dangos storis;
- $x2'$  – kaledoninio komplekso storis;
- $x3'$  – hercininio komplekso storis;
- $x4'$  – apatinio silūro storis;
- $x5'$  – alpinio komplekso storis;
- $x6'$  – magnetinis laukas (magnetinio lauko stipris).

Antrąją georodiklių grupę sudarys šie nariai [2]:

- $x1$  – kristalinio pamato reljefas;
- $x3$  – prekvartero nuogulų reljefas;
- $x3$  – nuosėdinės dangos storis;
- $x4$  – magnetinis laukas (magnetinio lauko stipris);
- $x5$  – kvartero dangos storis;
- $x6$  – gravitacinis laukas (Bouger anomalijos);
- $x7$  – Žemės paviršiaus reljefas.

Tyrimams pasirinkta vakarinė Lietuvos dalis, nes čia yra storiausia Lietuvos teritorijoje nuosėdinė danga. Tirti naudota pirmosios klasės niveliacijos linijoje Mikytai–Šilutė–Klaipėda (matavimai atlikti  $\pm 0,18$  –  $\pm 0,50$  mm/km tikslumu) iš 1936, 1954, 1963/64, 1973/75, 2003 m. matavimais gautų rezultatų atskiriems laikotarpiams apskaičiuoti vertikaliųjų Žemės plutos judesių greičiai bei tiriamąją teritoriją geologiškai apibūdinančios dvi georodiklių grupės.

1 lentelė. Vertikaliųjų žemės plutos judesių greičių koreliacija su georodikliais

| Laikotarpis, m.                   | $r(vx_1)$ | $r(vx_2)$ | $r(vx_3)$ | $r(vx_4)$ | $r(vx_5)$ | $r(vx_6)$ |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1936–1963/64                      | 0,74      | 0,55      | 0,65      | -0,42*    | -0,53     | -0,31*    |
| 1936–1973/75                      | 0,22*     | -0,13*    | 0,67      | -0,09*    | -0,56     | -0,49*    |
| 1936–2003                         | 0,37*     | 0,50      | 0,81      | -0,06     | -0,90     | -0,90     |
| 1954–1963/64                      | 0,37*     | 0,38*     | 0,40*     | -0,03*    | -0,43     | -0,65     |
| 1954–1973/75                      | 0,66      | 0,58      | 0,67      | -0,55     | -0,56     | -0,55     |
| 1954–2003                         | 0,74      | 0,72      | 0,89      | -0,62     | -0,77     | -0,79     |
| 1963/64–2003                      | 0,68      | 0,64      | 0,83      | -0,62     | -0,70     | -0,73     |
| 1973/75–2003                      | 0,68      | 0,72      | 0,85      | -0,51*    | -0,76     | -0,81     |
| Visų laikotarpių greičių vidurkis | 0,73      | 0,76      | 0,83      | -0,58     | -0,70     | -0,78     |

2 lentelė. Vertikaliųjų žemės plutos judesių greičių koreliacija su georodikliais

| Laikotarpis, m.                   | $r(vx_1)$ | $r(vx_2)$ | $r(vx_3)$ | $r(vx_4)$ | $r(vx_5)$ | $r(vx_6)$ | $r(vx_7)$ |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1936–1963/64                      | -0,76     | -0,46*    | 0,74*     | -0,31*    | 0,24*     | 0,03*     | 0,01*     |
| 1936–1973/75                      | -0,23*    | -0,63*    | 0,22*     | -0,49*    | 0,58      | -0,56     | -0,60     |
| 1936–2003                         | -0,47*    | -0,47*    | 0,37*     | -0,90     | 0,04*     | -0,32     | -0,30*    |
| 1954–1963/64                      | -0,47     | -0,14*    | 0,37*     | -0,65     | 0,04*     | 0,06*     | 0,15*     |
| 1954–1973/75                      | -0,77     | -0,28*    | 0,66      | -0,55     | 0,29*     | 0,04*     | 0,01*     |
| 1954–2003                         | -0,79     | -0,43*    | 0,74      | -0,79     | 0,27*     | 0,14*     | -0,20*    |
| 1963/64–2003                      | -0,73     | -0,43*    | 0,68      | -0,73     | 0,40*     | 0,11*     | -0,27*    |
| 1973/75–2003                      | -0,75     | -0,35*    | 0,68      | -0,81     | 0,17      | 0,15*     | -0,06*    |
| Visų laikotarpių greičių vidurkis | -0,79     | -0,31*    | 0,73      | -0,78     | 0,22*     | 0,22*     | -0,09*    |

Niveliacijos matavimų rezultatų apskaičiuotų dabartinių vertikaliųjų žemės plutos judesių greičių įvairiems laikotarpiams koreliacinės analizės rezultatai su pirmąja georodiklių grupe pateikti 1 lentelėje, o su antrąja georodiklių grupe pateikti 2 lentelėje. Simboliu \* pažymėti koreliacijos koeficientai, kurių reikšmingumas mažesnis nei  $p \geq 0,95$ .

Iš 1 lentelės matyti, kad didžiausieji žemės plutos judesių koreliaciniai ryšiai yra su alpinio ( $0,40 \leq |rij| \leq 0,89$ ), hercininio ( $0,43 \leq |rij| \leq 0,90$ ) kompleksų storais, magnetiniu lauku ( $0,31 \leq |rij| \leq 0,90$ ), nuosėdinės dangos storiu ( $0,22 \leq |rij| \leq 0,74$ ). Kiek silpnesni – su kaledoninio kompleksu ( $0,13 \leq |rij| \leq 0,76$ ) bei apatinio silūro storais ( $0,03 \leq |rij| \leq 0,62$ ). Skirtingų laikotarpių žemės plutos judesių koreliaciniai ryšiai su teritorijos georodikliais šiek tiek skirtingi.

Iš 2 lentelėje pateiktų tyrimų rezultatų matyti, kad didžiausieji žemės plutos judesių koreliaciniai ryšiai yra su magnetiniu lauku ( $0,31 \leq |rij| \leq 0,81$ ), kristalino pamato reljefu ( $0,23 \leq |rij| \leq 0,79$ ), nuosėdinės dangos storiu ( $0,22 \leq |rij| \leq 0,74$ ). Silpni bei mažo reikšmingumo ryšiai su georodikliais: prekartero nuogulų reljefu ( $0,14 \leq |rij| \leq 0,63$ ), kvartero dangos storiu ( $0,04 \leq |rij| \leq 0,64$ ), gravitaciniu lauku ( $0,03 \leq |rij| \leq 0,56$ ) bei žemės plutos reljefu ( $0,01 \leq |rij| \leq 0,60$ ). Kadangi šių rodiklių iš antrosios georodiklių grupės bei išmatuotųjų vertikaliųjų žemės plutos judesių sąsajos nedidelės ir nereikšmingos, todėl šie georodikliai iš tolesnių tyrimų eliminuojami.

Palyginus išmatuotųjų vertikaliųjų žemės plutos judesių bei dviejų georodiklių grupių koreliacinius ryšius, matyti, kad pirmąją georodiklių grupę bei išma-

3 lentelė. Koreliacijos koeficientų priklausomybės bendrajai koreliacinei erdvei patikra

| Teritorijos rodiklis         | Pasiklovimo lygmuo $q$ | Statistika $\chi^2$ | $\chi_q^2$ | $\bar{r}$ |
|------------------------------|------------------------|---------------------|------------|-----------|
| Pirmoji georodiklių grupė    |                        |                     |            |           |
| Nuosėdinės dangos storis     | 0,05                   | 6,36                | 15,5       | 0,59      |
|                              | 0,01                   |                     | 20,1       |           |
| Kaledoninio komplekso storis | 0,05                   | 5,41                | 15,5       | 0,55      |
|                              | 0,01                   |                     | 20,1       |           |
| Hercininio komplekso storis  | 0,05                   | 10,00               | 15,5       | 0,72      |
|                              | 0,01                   |                     | 20,1       |           |
| Apatinio silūro storis       | 0,05                   | 7,22                | 15,5       | 0,38      |
|                              | 0,01                   |                     | 20,1       |           |
| Alpinio komplekso storis     | 0,05                   | 6,95                | 15,5       | 0,64      |
|                              | 0,01                   |                     | 20,1       |           |
| Magnetinis laukas            | 0,05                   | 8,63                | 15,5       | 0,67      |
|                              | 0,01                   |                     | 20,1       |           |
| Antroji georodiklių grupė    |                        |                     |            |           |
| Kristalino pamato reljefas   | 0,05                   | 7,69                | 14,1       | 0,65      |
|                              | 0,01                   |                     | 18,5       |           |
| Nuosėdinės dangos storis     | 0,05                   | 6,36                | 14,1       | 0,59      |
|                              | 0,01                   |                     | 18,5       |           |
| Magnetinis laukas            | 0,05                   | 8,63                | 14,1       | 0,67      |
|                              | 0,01                   |                     | 18,5       |           |

tuotuosius vertikaliuosius žemės plutos judesius sieja gerokai didesni bei didesnio reikšmingumo koreliaciniai ryšiai nei antrąją georodiklių grupę.

Tolesnio tyrimo metu atliekamas koreliacijos koeficientų priklausomumo vienalytei koreliacinei erdvei tyrimas pirmajai bei antrajai georodiklių grupėms, kurio gauti rezultatai pateikti 3 lentelėje.

Gauti rezultatai rodo, kad visais atvejais, esant  $q = 0,05$  ir  $q = 0,01$ , tenkinama  $\chi^2 \leq \chi_{2q}^2$  sąlyga. To-

dėl su tikimybe  $p = 0,99$  galima teigti, jog visiems laikotarpiams apskaičiuoti koreliacijos koeficientai gali būti priskirti bendrai koreliacinei erdvei. Kadangi tenkinama  $\chi^2 \leq \chi^2_q$  sąlyga, surastos apibendrintos visai palyginamų koreliacijos koeficientų aibei  $r$  reikšmės. Kaip matyti, skirtingiems georodikliams jos skirtingos, išmatuotieji vertikalieji žemės plutos judesiai su nuosėdinės dangos kompleksais susiję skirtingo stiprumo koreliaciniai ryšiais.

Atlikus tyrimus ir palyginus jų rezultatus, pateiktus 1, 2 bei 3 lentelėse, matyti, kad išmatuotieji vertikalieji žemės plutos judesiai tarpiausiai koreliaciniais ryšiais susiję su kristalinio pamato reljefu, nuosėdinės dangos pjūvio struktūriniais kompleksais bei magnetiniu lauku. Kiti tyrime naudoti georodikliai reikšmingų koreliacinių ryšių su išmatuotaisiais dabartiniais vertikaliejiems žemės plutos judesių greičiais nesudaro.

Galima teigti, kad geodeziniais matavimais nusta-

tyti vertikalieji žemės plutos judesiai su teritorijos geologiniais rodikliais susieti koreliacinės priklausomybės ryšiais. Atskiriems laiko tarpams nustatytos skirtingos judesių reikšmės – tai atsitiktinių matavimo paklaidų bei kitų atsitiktinių priežasčių, susijusių su lokaliomis viršutinių žemės sluoksnių deformacijomis padarinys, o bendrasis nustatytų judesių fonas yra susijęs su tomis priežastimis, kurios lėmė nagrinėjamų geologinių rodiklių formavimąsi. Galima teigti, kad matavimais nustatytas žemės plutos judesių bendrasis fonas atspindi tektoninius tęstinius judesius.

Iš tyrime naudotų dviejų georodiklių grupių stipresniais statistiniais ryšiais susieti išmatuotieji vertikalieji žemės plutos judesiai su pirmojoje georodiklių grupėje esančiais georodikliais nei su antrosios grupės georodikliais.

Palyginus tyrimų metu gautus rezultatus (1–3 lentelės) matyti, kad iš antrosios rodiklių grupės elimi-

4 lentelė. Vidinės kompleksinės koreliacijos koeficientai pirmajai georodiklių grupei

| Laikotarpis, m.                   | Grupinės koreliacijos koeficientai $k_{jo}$ |        |        |        |        |        |        | Kompleksinės koreliacijos koeficientai $R_v$ |
|-----------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
|                                   | Rodikliai                                   |        |        |        |        |        |        |  |
|                                   | $v$   | $x'_1$ | $x'_2$ | $x'_3$ | $x'_4$ | $x'_5$ | $x'_6$ |  |
| 1936–1963/64                      | 0,53  | 0,46   | 0,44   | 0,49   | 0,48   | 0,51   | 0,48   | 0,49   |
|                                   | 0,53  | 0,38   | –      | 0,57   | 0,45   | 0,57   | 0,53   | 0,51   |
|                                   | 0,48  | –      | –      | 0,65   | 0,37   | 0,70   | 0,64   | 0,57   |
|                                   | 0,50  | –      | –      | 0,81   | –      | 0,80   | 0,68   | 0,70   |
| 1936–1973/75                      | 0,36  | 0,36   | 0,41   | 0,54   | 0,50   | 0,59   | 0,57   | 0,48   |
|                                   | 0,39  | –      | 0,31   | 0,64   | 0,46   | 0,68   | 0,66   | 0,52   |
|                                   | 0,45  | –      | –      | 0,75   | 0,33   | 0,77   | 0,75   | 0,63   |
|                                   | 0,57  | –      | –      | 0,86   | –      | 0,84   | 0,81   | 0,77   |
| 1936–2003                         | 0,59  | 0,58   | 0,59   | 0,74   | 0,40   | 0,62   | 0,60   | 0,59   |
|                                   | 0,70  | 0,52   | 0,58   | 0,79   | –      | 0,71   | 0,70   | 0,66   |
|                                   | 0,78  | –      | 0,49   | 0,82   | –      | 0,80   | 0,80   | 0,74   |
|                                   | 0,87  | –      | –      | 0,87   | –      | 0,94   | 0,93   | 0,90   |
| 1954–1963/64                      | 0,38  | 0,40   | 0,41   | 0,42   | 0,35   | 0,46   | 0,48   | 0,41   |
|                                   | 0,45  | 0,33   | 0,36   | 0,49   | –      | 0,50   | 0,51   | 0,44   |
|                                   | 0,47  | –      | 0,24   | 0,55   | –      | 0,61   | 0,60   | 0,49   |
|                                   | 0,49  | –      | –      | 0,52   | –      | 0,74   | 0,73   | 0,67   |
| 1954–1973/75                      | 0,59  | 0,43   | 0,39   | 0,50   | 0,39   | 0,46   | 0,49   | 0,46   |
|                                   | 0,60  | 0,38   | 0,35   | 0,58   | –      | 0,51   | 0,54   | 0,49   |
|                                   | 0,61  | 0,25   | –      | 0,70   | –      | 0,63   | 0,65   | 0,57   |
|                                   | 0,59  | –      | –      | 0,86   | –      | 0,83   | 0,82   | 0,78   |
| 1954–2003                         | 0,76  | 0,66   | 0,61   | 0,76   | 0,52   | 0,59   | 0,62   | 0,65   |
|                                   | 0,78  | 0,62   | 0,61   | 0,79   | –      | 0,67   | 0,70   | 0,69   |
|                                   | 0,80  | 0,54   | –      | 0,84   | –      | 0,75   | 0,76   | 0,74   |
|                                   | 0,82  | –      | –      | 0,90   | –      | 0,88   | 0,87   | 0,87   |
| 1963/64–2003                      | 0,70  | 0,65   | 0,60   | 0,75   | 0,52   | 0,58   | 0,61   | 0,63   |
|                                   | 0,72  | 0,61   | 0,59   | 0,78   | –      | 0,65   | 0,69   | 0,67   |
|                                   | 0,74  | 0,53   | –      | 0,83   | –      | 0,73   | 0,74   | 0,71   |
|                                   | 0,75  | –      | –      | 0,88   | –      | 0,86   | 0,85   | 0,84   |
| 1973/75–2003                      | 0,72  | 0,65   | 0,61   | 0,75   | 0,50   | 0,59   | 0,62   | 0,64   |
|                                   | 0,76  | 0,61   | 0,61   | 0,78   | –      | 0,66   | 0,71   | 0,69   |
|                                   | 0,78  | –      | 0,53   | 0,81   | –      | 0,74   | 0,78   | 0,73   |
|                                   | 0,81  | –      | –      | 0,88   | –      | 0,88   | 0,88   | 0,86   |
| Visų laikotarpių greičių vidurkis | 0,73  | 0,66   | 0,62   | 0,75   | 0,52   | 0,58   | 0,62   | 0,64   |
|                                   | 0,76  | 0,62   | 0,63   | 0,78   | –      | 0,65   | 0,70   | 0,69   |
|                                   | 0,77  | –      | 0,65   | 0,81   | –      | 0,73   | 0,77   | 0,70   |
|                                   | 0,77  | –      | –      | 0,88   | –      | 0,86   | 0,87   | 0,69   |

nuojama kaip nesudarantys reikšmingų koreliacinių ryšių su išmatuotaisiais vertikaliaisiais žemės plutos judesiais dalis georodiklių. Neeliminuoti lieka tik kristalinio pamato reljefas, nuosėdinės dangos storis, magnetinis laukas. Kadangi kontinentinio tipo žemės pluta sudaro bazalto sluoksnis, kristalinis pamatas bei nuosėdinė danga, kuri gali būti skirstoma į struktūrinius kompleksus, turint omenyje tyrimais gautus rezultatus, galima daryti prielaidą, jog išmatuotieji vertikalieji Žemės plutos judesiai atspindės būtent šiose struktūrose vykstančius tektoninius procesus, todėl statistinės priklausomybės tarp šių georodiklių ir bus didžiausios.

Kadangi nagrinėjami teritorijos georodikliai su vertikaliaisiais žemės plutos judesiais yra tarpusavyje susiję skirtingo stiprumo ryšiais, todėl taikant kompleksinės koreliacijos metodą siekiama nustatyti, kurie iš jų susieti didžiausiomis kompleksinės koreliacijos įverčių reikšmėmis. Kompleksinės koreliacinės analizės rezultatai pirmajai georodiklių grupei pateikti 4 lentelėje.

Iš 4 lentelėje pateiktų rezultatų matyti, kad su georodiklių grupe silpniausi ryšiai sieja apatinį silūrą. Pagal bendras tendencijas jau tyrimo pradžioje eliminavus šį rodiklį, gaunami gana tvirti vidinės kompleksinės koreliacijos ryšiai tarp išmatuotų vertikaliųjų žemės plutos judesių bei teritorijos geocharakteristikų. Norint gauti tvirčiausiais ryšiais susietą georodiklių kompleksą, toliau šalinami rodikliai, kurių grupinės koreliacijos koeficientai mažiausi. Tyrimų metu gaunama, jog didžiausias vidinės kompleksinės koreliacijos ryšys sieja  $v$ ,  $x_3'$ ,  $x_5'$ ,  $x_6'$  georodiklių grupes: ( $0,67 \leq RV \leq 0,90$ ) ir ( $0,49 \leq k_{jo} \leq 0,94$ ). Šie rodikliai išlieka analizuojant visus pakartotų niveliacijų variantus. Šių keturių ro-

diklių ir dabartinių vertikaliųjų žemės plutos judesių greičių vidinės kompleksinės koreliacijos koeficientas yra kur kas didesnis, nei taikant visų požymių kompleksą. Tai reiškia, kad matavimų rezultatams interpretuoti geotektoniniu požiūriu ir prognostiniams modeliams sudaryti nebūtina naudoti daug rodiklių, tik svarbu tinkamai juos atrinkti. Remiantis gautais rezultatais galima teigti, kad didžiausią įtaką grupinei koreliacijai turi hercininio, alpinio kompleksų storai bei magnetinis laukas. Koreliaciniai ryšiai tarp išmatuotų žemės plutos judesių bei teritorijos geologinių, geomorfologinių charakteristikų byloja, kad atlikus geodezinius matavimus nustatyti žemės plutos judesiai nėra reperių nepastovumo bei atsiktinio pobūdžio paklaidų rezultatas, nes tyrimais buvo nustatytas objektyviai egzistuojantis dėsningas gamtinis reiškinys.

Taikant kompleksinės koreliacijos tyrimo metodą, ir antrajai georodiklių grupei nustatytos kompleksinės koreliacijos įverčių reikšmės. Rezultatai pateikti 5 lentelėje.

Analizuojant tyrimo rezultatus (5 lentelė), gautus naudojant antrosios georodiklių grupės narius matyti, kad silpniausi kompleksinės koreliacijos ryšiai su likusiais georodikliais sieja magnetinį lauką. Iš tyrimo eliminavus šį rodiklį, aštuoniais atvejais iš devynių gaunami pakankamai tvirti kompleksinės koreliacijos ryšiai tarp išmatuotųjų vertikaliųjų žemės plutos judesių bei likusių georodiklių. Galima daryti išvadą, kad glaudžiausiais vidinės kompleksinės koreliacijos ryšiais susijusi  $v$ ,  $x_1'$ ,  $x_3'$  georodiklių grupė ( $0,67 \leq RV \leq 0,90$ ) ir ( $0,23 \leq k_{jo} \leq 0,89$ ). Ši georodiklių grupė išlieka analizuojant visus tiriamus laikotarpius, jos vidinės kompleksinės koreliacijos koeficientas daug didesnis, nei taikant visą georodiklių grupę (vidinės kompleksinės koreliacijos ryšiai visai georodiklių grupei: ( $0,34 \leq RV \leq 0,71$ ) ir ( $0,15 \leq k_{jo} \leq 0,77$ )).

Pavienių rodiklių grupių informatyvumo tyrimui (6, 7 formulės), atsižvelgiant į kompleksinės koreliacinės analizės rezultatus, pirmajai georodiklių grupei sudarytos keturios požymių kombinacijos (6 lentelė).

Į pirmąją požymių kombinaciją įeina visi georodikliai, naudoti atliekant minėtuosius tyrimus. Kaip matome iš pateiktų tyrimų rezultatų (6 lentelė), informatyviausias hercininio komplekso storis, mažiausiai informatyvus – apatinio silūro storis. Visos atitinkamai laikotarpiais išmatuotų Žemės plutos judesių rodiklių grupės gana informatyvios, išskyrus, kaip jau minėta, nebent apatinio silūro storį. Iš 4 lentelėje pateikto tyrimo, taikant kompleksinę koreliacinę analizę, rezultatų, matyti, jog tam tikros georodiklių grupės nesudaro bendro komplekso su išmatuotais vertikaliaisiais žemės plutos judesiais, tad atliekant tyrimą jos tėra pašaliniai trukdžiai. Todėl antrajai požymių kombinacijai priskirti tie rodikliai, kurių grupinės koreliacijos koeficientai yra didžiausi (hercininio, alpinio kompleksų storai, magnetinis laukas). Požymių kombinacijos informatyvumas šiek tiek sumažėja, nes iš tyrimo rezultatų eliminuoti tam tikri rodikliai. Tačiau

5 lentelė. Vidinės kompleksinės koreliacijos koeficientai antrajai georodiklių grupei

| Laikotarpis, m.                   | Grupinės koreliacijos koeficientai $k_{jn}$ |       |       |       | Kompleksinės koreliacijos koeficientai $R_v$ |
|-----------------------------------|---|-------|-------|-------|--|
|                                   | Rodikliai                                   |       |       |       |  |
|                                   | $v$   | $x_1$ | $x_4$ | $x_3$ |  |
| 1936–1963/64                      | 0,60  | 0,59  | 0,15  | 0,60  | 0,49   |
|                                   | 0,75  | 0,87  | –     | 0,86  | 0,82   |
| 1936–1973/75                      | 0,31  | 0,41  | 0,21  | 0,44  | 0,34   |
|                                   | 0,23  | 0,61  | –     | 0,60  | 0,48   |
| 1936–2003                         | 0,58  | 0,63  | 0,55  | 0,55  | 0,58   |
|                                   | 0,42  | 0,73  | –     | 0,68  | 0,61   |
| 1954–1963/64                      | 0,50  | 0,49  | 0,27  | 0,48  | 0,43   |
|                                   | 0,42  | 0,72  | –     | 0,67  | 0,60   |
| 1954–1973/75                      | 0,66  | 0,67  | 0,31  | 0,58  | 0,56   |
|                                   | 0,72  | 0,87  | –     | 0,81  | 0,80   |
| 1954–2003                         | 0,77  | 0,76  | 0,57  | 0,71  | 0,71   |
|                                   | 0,77  | 0,89  | –     | 0,86  | 0,84   |
| 1963/64–2003                      | 0,71  | 0,74  | 0,55  | 0,69  | 0,68   |
|                                   | 0,71  | 0,86  | –     | 0,83  | 0,80   |
| 1973/75–2003                      | 0,75  | 0,75  | 0,58  | 0,69  | 0,69   |
|                                   | 0,72  | 0,87  | –     | 0,83  | 0,80   |
| Visų laikotarpių greičių vidurkis | 0,77  | 0,76  | 0,57  | 0,71  | 0,70   |
|                                   | 0,76  | 0,89  | –     | 0,86  | 0,83   |



6 lentelė. Pirmosios georodiklių grupės lyginamasis informatyvumo vertinimas

| Geologiniai rodikliai          | Vertikalieji Žemės plutos judesiai įvairiais laikotarpiais |              |           |              |              |           |              |              |                                   |
|--------------------------------|--|--------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|--------------|-----------------------------------|
|                                | 1936–1963/64   | 1936–1973/75 | 1936–2003 | 1954–1963/64 | 1954–1973/75 | 1954–2003 | 1963/64–2003 | 1973/75–2003 | Visų laikotarpių greičių vidurkis |
| Pirmoji požymių kombinacija    |  |              |           |              |              |           |              |              |                                   |
| $x'_1$                         | 0,181  | 0,017        | 0,033     | 0,045        | 0,150        | 0,130     | 0,110        | 0,110        | 0,126                             |
| $x'_2$                         | 0,098  | 0,005        | 0,062     | 0,047        | 0,121        | 0,131     | 0,103        | 0,131        | 0,146                             |
| $x'_3$                         | 0,128  | 0,126        | 0,141     | 0,052        | 0,136        | 0,171     | 0,148        | 0,156        | 0,149                             |
| $x'_4$                         | 0,051  | 0,002        | 0,001     | 0,000        | 0,109        | 0,110     | 0,110        | 0,074        | 0,096                             |
| $x'_5$                         | 0,079  | 0,079        | 0,213     | 0,056        | 0,098        | 0,156     | 0,129        | 0,152        | 0,129                             |
| $x'_6$                         | 0,027  | 0,062        | 0,220     | 0,130        | 0,090        | 0,159     | 0,136        | 0,167        | 0,155                             |
| $H_l$                          | 0,564  | 0,291        | 0,670     | 0,330        | 0,704        | 0,857     | 0,736        | 0,790        | 0,801                             |
| Antroji požymių kombinacija    |  |              |           |              |              |           |              |              |                                   |
| $x'_3$                         | 0,152  | 0,154        | 0,234     | 0,059        | 0,154        | 0,283     | 0,246        | 0,258        | 0,246                             |
| $x'_5$                         | 0,098  | 0,106        | 0,278     | 0,066        | 0,107        | 0,207     | 0,171        | 0,201        | 0,171                             |
| $x'_6$                         | 0,035  | 0,082        | 0,281     | 0,166        | 0,104        | 0,221     | 0,188        | 0,232        | 0,215                             |
| $H_l$                          | 0,285  | 0,342        | 0,793     | 0,291        | 0,365        | 0,711     | 0,605        | 0,691        | 0,632                             |
| Trečioji požymių kombinacija   |  |              |           |              |              |           |              |              |                                   |
| $x'_3$                         | 0,214  | 0,228        | 0,342     | 0,081        | 0,228        | 0,412     | 0,359        | 0,376        | 0,359                             |
| $x'_5$                         | 0,143  | 0,159        | 0,422     | 0,094        | 0,159        | 0,309     | 0,255        | 0,301        | 0,255                             |
| $H_l$                          | 0,357  | 0,387        | 0,764     | 0,175        | 0,387        | 0,721     | 0,614        | 0,677        | 0,614                             |
| Ketvirtoji požymių kombinacija |  |              |           |              |              |           |              |              |                                   |
| $x'_1$                         | 0,210  | 0,049        | 0,150     | 0,053        | 0,169        | 0,196     | 0,166        | 0,166        | 0,191                             |
| $x'_2$                         | 0,121  | 0,096        | 0,129     | 0,057        | 0,133        | 0,203     | 0,161        | 0,203        | 0,226                             |
| $x'_4$                         | 0,074  | 0,001        | 0,146     | 0,000        | 0,133        | 0,154     | 0,154        | 0,104        | 0,135                             |
| $H_l$                          | 0,405  | 0,146        | 0,425     | 0,110        | 0,435        | 0,553     | 0,481        | 0,473        | 0,552                             |

kadangi jie nesudaro bendro tvirčiausiais statistiniais ryšiais susijusio komplekso su išmatuotaisiais žemės plutos judesiais, tyrimui teikia nemažai pašalinės informacijos.

Trečiajai georodiklių kombinacijai rodikliai parinkti šiuo būdu: išanalizavus antrosios požymių kombinacijos rezultatus, atmesta mažiausiai informatyvi rodiklių grupė, šiuo atveju magnetinis laukas.

Ketvirtajai kombinacijai atrinkti tie georodikliai, kurie, atlikus kompleksinę koreliacinę analizę (6 lentelė), buvo eliminuoti kaip turintys neigiamą įtaką grupinės koreliacijos koeficientui (nuosėdinės dangos, kaledoninio komplekso, apatinio silūro storai). Kaip matome, ši rodiklių grupė šiek tiek informatyvi, tačiau šie georodikliai nesudaro bendro komplekso, todėl jų informatyvumas apie tiriamąjį reiškinį yra šalutinio, nepageidautino pobūdžio.

Šio tyrimo rezultatai pateikti 6 lentelėje.

Iš 6 lentelėje pateiktų tam tikrų rodiklių grupių informatyvumo analizės rezultatų galima teigti, jog visi georodikliai ir jų grupės teikia nemažai informacijos, susijusios su geodeziniais metodais nustatytais dabartinių žemės plutos judesiais. Tačiau dėl to, kad rodikliai susieti koreliacinėmis priklausomybėmis ne tik su dabartinių išmatuotaisiais žemės plutos judesiais, bet ir tarpusavyje, sudarant prognostinius dabartinių žemės plutos judesių modelius, visų rodiklių jungti į vieną sistemą netikslinga. Reikia naudoti tokias rodiklių

grupes, kurios tarpusavyje sudaro tvirtus statistinius kompleksus. Taip galima sumažinti prognozėms ir geotektoniniu požiūriu matavimų rezultatams interpretuoti naudojamų rodiklių skaičių, nesumažinant ar net padidinant galutinį rezultatų tikslumą. Rezultatų kontrolei galima naudoti pavienes informatyvumo požiūriu bendrus kompleksus sudarančias rodiklių grupes.

Antrajai georodiklių grupei atlikto tyrimo georodiklių lyginamajam informatyvumui vertinti rezultatai pateikti 7 lentelėje. Analizei atlikti buvo sudarytos dvi požymių kombinacijos. Į pirmąją požymių kombinaciją įtraukti visi tyrime naudoti georodikliai: kristalinio pamato reljefas, nuosėdinės dangos storis, magnetinis laukas. Kaip matyti iš 7 lentelės, informatyviausias georodiktis – magnetinis laukas. Ne toks informatyvus yra kristalinio pamato reljefas ir nuosėdinės dangos storis. Kristalinio pamato reljefas truputį informatyvesnis už nuosėdinės dangos storį.

Atsižvelgiant į kompleksinės koreliacinės analizės rezultatus (5 lentelė), iš kurių matyti, kad šioje georodiklių grupėje magnetinio lauko su likusiais georodikliais nesieja tvirti kompleksinės koreliacijos ryšiai, galima daryti išvadą, jog šis georodiktis į tyrimą įneša nemažai pašalinio pobūdžio nepageidautinos informacijos, vadinamojo „triukšmo“.

Tolesniems tyrimams sudaryta antroji požymių kombinacija, į tyrimą įtraukiant tik georodiklius, sudarančius stipresniais statistiniais ryšiais susietą kom-

7 lentelė. Antrosios georodiklių grupės lyginamasis informatyvumo vertinimas

| Geologiniai rodikliai       | Vertikalieji Žemės plutos judesiai įvairiais laikotarpiais |              |           |              |              |           |              |              |                                   |
|-----------------------------|--|--------------|-----------|--------------|--------------|-----------|--------------|--------------|-----------------------------------|
|                             | 1936–1963/64   | 1936–1973/75 | 1936–2003 | 1954–1963/64 | 1954–1973/75 | 1954–2003 | 1963/64–2003 | 1973/75–2003 | Visų laikotarpių greičių vidurkis |
| Pirmoji požymių kombinacija |  |              |           |              |              |           |              |              |                                   |
| $x_1$                       | 0,286  | 0,026        | 0,091     | 0,111        | 0,265        | 0,250     | 0,213        | 0,225        | 0,250                             |
| $x_3$                       | 0,267  | 0,023        | 0,460     | 0,066        | 0,210        | 0,229     | 0,276        | 0,340        | 0,315                             |
| $x_4$                       | 0,085  | 0,211        | 0,060     | 0,367        | 0,218        | 0,323     | 0,194        | 0,193        | 0,223                             |
| $H_i$                       | 0,638  | 0,260        | 0,611     | 0,544        | 0,693        | 0,802     | 0,683        | 0,758        | 0,788                             |
| Antroji požymių kombinacija |  |              |           |              |              |           |              |              |                                   |
| $x_1$                       | 0,293  | 0,027        | 0,112     | 0,113        | 0,303        | 0,315     | 0,269        | 0,284        | 0,315                             |
| $x_3$                       | 0,278  | 0,024        | 0,069     | 0,070        | 0,222        | 0,277     | 0,234        | 0,234        | 0,269                             |
| $H_i$                       | 0,571  | 0,051        | 0,181     | 0,183        | 0,525        | 0,592     | 0,503        | 0,518        | 0,584                             |

pleksą. Šioje georodiklių kombinacijoje labiau informatyvus yra kristalinio pamato reljefas. Bendras požymių grupės informatyvumas, lyginant su pirmosios požymių grupės informatyvumu, sumažėja, nes iš tyrimų eliminuotas „triukšmo“ teikiantis dideliu informatyvumu pasižymintis georodiklis.

Remiantis tyrimų rezultatais, galima teigti, kad dabartiniai žemės plutos judesiai – natūrali geologinių procesų raidos tąsa, jie yra iš ankstesnių geologinių periodų paveldėtas tektoninių procesų tęsinys, atspindintis geologinėse struktūrose. Iš to išplaukia, jog yra galimybė pagal tiriamus georodiklius prognozuoti pagrindinius šiuolaikinius tiriamos teritorijos tektoninių procesų raidos bruožus, apibūdinti šios teritorijos šiuolaikinį tektoninį foną.

Kadangi atskiri rodikliai tarpusavyje susieti matematiniais statistiniais ryšiais, sudarant prognozės modelius tikslinga taikyti georodiklius, tarpusavyje susietus stipriausiais kompleksinės koreliacijos ryšiais, taip iš tyrimo eliminuojant kartais gana informatyvius georodiklius, kurie tiriamam procesui teikia nepageidaujamo pobūdžio informacijos. Taip sumažinamas vertikalinių žemės plutos judesių prognozei naudojamų rodiklių skaičius.

## Išvados

1. Dabartinių vertikalinių žemės plutos judesių prognozės modelių, taikomų vertikalinių žemės plutos judesių įtakos niveliacijos matavimams įvertinti, tobulinimo galimybių tyrimas atliktas Lietuvos pajūrio pavyzdžiu.

2. Tyrimais nustatyta, kad stipresniais koreliaciniais ryšiais su išmatuotais vertikaliais žemės plutos judesiais susieti georodikliai, atspindintys stratigrafinę žemės sandarą, nei kitų autorių tyrimams naudoti georodikliai, iš kurių grupės dėl silpnų statistinių ryšių dar tyrimo eigoje išelminuojama net 57% georodiklių grupės narių.

3. Iš atliktų tyrimų nustatyta, kad didesniu informatyvumu už kitus, anksčiau taikytus vertikalinių žemės plutos judesių prognozei, pasižymi struktūrinių kompleksų storiai ( $0,01 \leq h_{k_s} \leq 0,26$ ), nuosėdinės dangos storis ( $0,02 \leq h_{k_s} \leq 0,27$ ) bei kristalinio pamato reljefas ( $0,03 \leq h_{k_s} \leq 0,27$ ).

4. Kadangi ne visi rekomenduojami naudoti tyrimuose georodikliai su vertikaliais judesiais susiję vienodo stiprumo sąsajomis, atliekant vertikalinių žemės plutos judesių tyrimus reikėtų atlikti matematinę statistinę analizę, siekiant išskirti bendrą kompleksą sudarančius informatyviausius georodiklius.

## Literatūra

- Anikėnienė, A. *Dabartinių vertikalinių žemės plutos judesių tyrimas ir modeliavimas taikant geodezinius matavimus (Lietuvos teritorijos pavyzdžiu)*. Vilnius: Technika, 2008, 127 p.
- Hellwig, Z. *Problem optymalnego wyboru predyktant*, Przegad statystyczny, 3–4: 1969, 221–237.
- Peck, R. *Statistics: the exploration and analysis of data*. Belmont (Calif.): Thomson Brooks/Cole, 2008, 740.
- Rice, J. A. *Mathematical statistics and data analysis*. Belmont (Calif.): Duxbury, 2007, 603.
- Suveizdis, P. 2003. *Lietuvos tektoninė sandara*. Vilnius: Geologijos ir geografijos institutas. 160 p.
- Zakarevičius, A., Šliaupa, S., Anikėnienė, A. Naujas Lietuvos teritorijos vertikalinių žemės plutos judesių žemėlapis. *Geodezija ir kartografija* 35 (10), 2009, p. 5–13.
- Zakarevičius, A., Puzienė R. Išmatuotų Lietuvos pajūrio žemės paviršiaus judesių ir teritorijos geologinių rodiklių sąsajos. *Geodezija ir kartografija* 3 (31), 2005, p. 92–96. ISSN 1392-1541 (Compendex).
- Zakarevičius, A., Puzienė R. Dabartinių žemės plutos judesių Lietuvos pajūrio teritorijoje sąsajos su nuosėdinės dangos savybėmis. *Geodezija ir kartografija* 1 (34), 2008, p. 23–28. ISSN 1392-1541 (Compendex).
- Zakarevičius, A., Šliaupa, S., Dėnas, Ž., Stanionis, A., Anikėnienė, A., Puzienė R. Inheritance of the recent vertical

movements of the Earth's crust and relationship to the topography in Lithuania, in *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Conference „Environmental Engineering“* Selected papers, Vol. III, 22–23 May, 2008, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, 1508–1513. ISBN 978-9955-28-265-5. (*Thomson ISI Proceedings*).

10. Zakarevičius, A., Šliaupa, S., Puzienė, R., Anikėnienė, A., Būga, A., Dėnas Ž. Tectonic interpretation of measured recent movements of the Earth surface of sedimentary basin, in *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference „Environmental Engineering“* Selected Papers, Vol. II, 26–27 May, 2005, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, 1034–1040. ISBN 9986-05-851-1. (*Thomson ISI Proceedings*).
11. Видуев, Н. Г., Кондра, Г. С. *Вероятностно-статистический анализ погрешностей измерений*. Москва: Недра, 1969, 319.
12. Длин, А. М. *Факторный анализ в производстве*. Москва: Статистика, 1975, 328.
13. Дрейпер, Н., Смит, Г. *Прикладной регрессионный анализ*. Москва: 1986, Финансы и статистика, 365.
14. Крамбейн, У., Грейбил, Ф. *Модели в геологии*. Москва: Мир, 1969, 396.
15. Юн, Л. П., Лучкин, А. Ю., Кулева, Л. К. Карта современных вертикальных движений земной коры на территории г. Ташкента и его окрестностей. *Устойчивое развитие горных территорий* 1, 2009, 64–67.

## Research of the Recent Vertical Movements of the Earth's Crust by Using Different Groups of Geoindexes

Rūta Puzienė<sup>1</sup>, Asta Anikėnienė<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vilnius Gediminas Technical University

<sup>2</sup>Vilnius University of Applied Engineering Sciences

Formation of Earth cover is a process which has been incessantly proceeding so far. It is typical for this process to have certain cyclicity's, at the course of which complexes of aqueous cover have formed. In the research of vertical movements of Earth crust, examination of statistical correlations between the measured movements of vertical Earth crust movements and territory geo-indexes is being accomplished with the help of mathematical statistical analysis. When taking separate geo-indexes arbitrarily, it is risky to exclude informative geo-indexes. That is why, the goal of the research is to investigate the correlations between arbitrarily taken and reflecting Earth structure geo-indexes and measured present vertical Earth crust movements as well as to identify the most informative groups of geo-indexes, which could be used for vertical Earth crust movement forecasting.

**Keywords:** vertical Earth crust movements, geo-indexes, correlation, informativity.

# GELEŽINKELIŲ EKSPLOATACIJOS DALYKŲ MOKYMO METODINĖ STRATEGIJA

Elžbėta Jonceva

*Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, Vilnius*

**Anotacija.** Straipsnyje analizuojama geležinkelių eksploatacijos disciplinos dalykų pateikimo studentams metodika, sudaryta vadovaujantis geležinkelių eksploatavimo inžinieriaus rengimo standartais. Dalykai dėstomi tokia tvarka: „Geležinkelių stočių įrenginiai“, „Geležinkelių stotys ir mazgai“, „Stočių darbo technologija“ ir „Geležinkelių stočių įrenginiai“. Dėstymo praktika atskleidė, kad dalykų pateikimas studentams šia tvarka yra nefunkcionalus: iš šių dalykų išsiskiria du – „Geležinkelių stočių įrenginiai“ ir „Stočių darbo technologija“, kuriuos galima pavadinti fundamentaliaisiais, suteikiančiais pagrindinę informaciją dėstant dalyką „Stotys ir mazgai“. Kadangi dėl nefunkcionalaus dalykų dėstymo prarandamas informacijos pateikimo nuoseklumas ir prastėja studentų programos išmokymas, atsiranda būtinybė pakeisti dalykų mokymo metodologinę strategiją ir parinkti informacijos pateikimo optimalųjį būdą.

Siekiant teikiamos informacijos optimizacijos ir suderinamumo su standartu, straipsnyje siūloma patobulinti dėstomų dalykų temų pavadinimus.

**Pagrindinės sąvokos:** geležinkelių eksploatacijos dalykai, mokymo metodologinė strategija, proceso optimizavimas, pedagoginė veikla, informacijos pateikimas, įrenginiai, technologija, stotys, mokymo priemonės, dėstymo tikslas.

## Įvadas

Specialisto profesinė veikla šiuolaikinėje visuomenėje priklauso nuo jo kompetencijos ir sugebėjimo savarankiškai gauti ir naudotis informacija. Informacija tampa pagrindiniu mokslinio, techninio ir ekonominio visuomenės išsivystymo resursu, užima pagrindines pozicijas išsilavinimo modernizacijos procese, kuriam efektyvios duomenų paieškos, analizės ir apdorojimo gebėjimai tampa ypač svarbūs. Todėl atsiranda geležinkelio transporto specialistų rengimo inovacinių metodikų kūrimo poreikis. Mokėjimas rasti, gauti, interpretuoti ir išanalizuoti informacinius išteklius, operatyviai priimti optimaliausius sprendimus tampa pagrindiniu profesionalaus ugdymo uždaviniu. Bendradarbiavimas su gamybiniais partneriais formuoja produktyvios komunikacijos poreikį. Geležinkelių transporto specialistų informacinė komunikacinė kompetencija turi užtikrinti adekvačios informacijos transliaciją. Geležinkelių specialistas, įgijęs profesinės veiklos srities aukštąjį išsilavinimą, privalo mokėti ne tik gauti informaciją, bet ir ją perduoti tinkamu būdu.

Geležinkelių eksploatacijos inžinieriai rengiami šių profesinių veiklos sričių:

geležinkelio transporto techninės ir komercinės eksploatacijos technologijų, organizavimo, planavimo ir valdymo;

vadovaujantis logistikos ir traukinių eismo saugos bei geležinkelio transporto taisyklių reikalavimais, įvairių transporto rūšių, sudarančių vientisą sistemą, racionaliai sąveikai organizuoti.

Rengiamų specialistų veika skirstoma į šias rūšis:

- gamybinė technologinė;
- valdymo organizacinė;
- projektinė;
- mokslo tiriamoji.

Transporto srities profilio mokslo įstaigų studentų informacinės komunikacinės kompetencijos formavimo problemos tyrimai iškelia poreikį nustatyti mokslinę metodologinę strategiją.

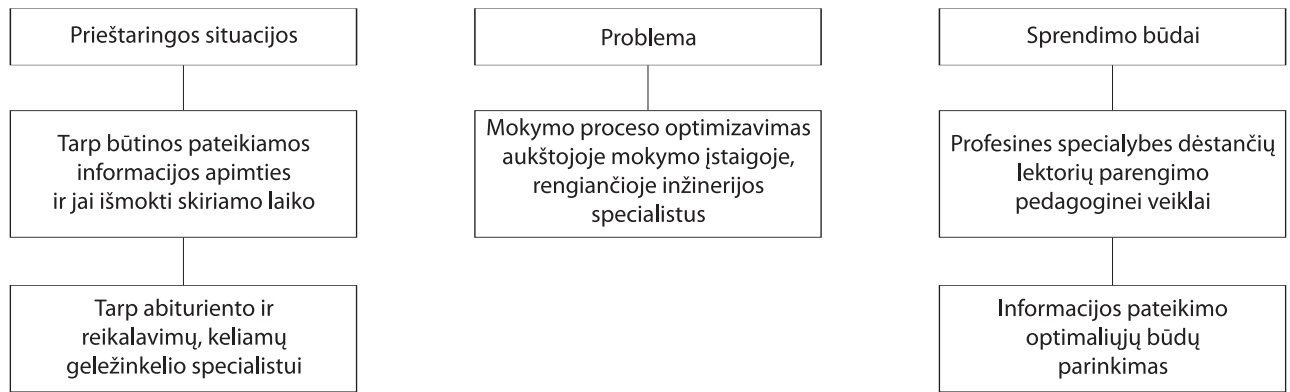
## Inžinerinės pedagogikos parengimo programos modelis

Profesinio lavinimo tobulinimo šiuolaikinės tendencijos tiesiogiai susijusios su inžinieriui keliamais reikalavimais geležinkelių srityje. Dėl spartaus naujų gamybinių ir informacinių technologijų atsiradimo didėja studentui pateikiamos informacijos kiekis. Bet vis dar netikslinga atsisakyti informacijos pateikimo apie pasenusias, bet gamyboje dažnai naudojamas technologijas. Todėl dėl mokymo proceso optimizacijos atsiranda prieštarų situacijų, kurias reikia išspręsti (1 pav.). Vienu progresyviausių modelių, naudojamų Europoje rengiant šiuolaikines inžinerines pedagogines programas, laikomas austrų mokslininko profesoriaus Adolfo Melecineko pateiktas modelis.

Prieš 40 metų Rytų Europoje atsirado inžinerinių dalykų lektorių praktikų, atėjusių dėstyti iš gamybos įmonių, mokymo problema. Jie turėjo milžinišką gamybinę patirtį, bet neturėjo pedagoginės patirties. Jų pedagoginei kvalifikacijai kelti buvo pakviesti klasikinių universitetų dėstytojai, bet po kelių išklausių lekcijų praktikai atsisakė toliau klausyti kursą, motyvuodami tuo, kad kursas teikia tik bendrąją informaciją apie pedagogiką, bet neaiškina jokios konkrečios pedagoginės veiklos.

Pats būdamas inžinierius, A. Melcinekas nusprendė, kad inžinierius reikia rengti derinant pedagogikos ir psichologijos kursus, atsižvelgiant į šiuos inžinerinės veiklos ypatumus:





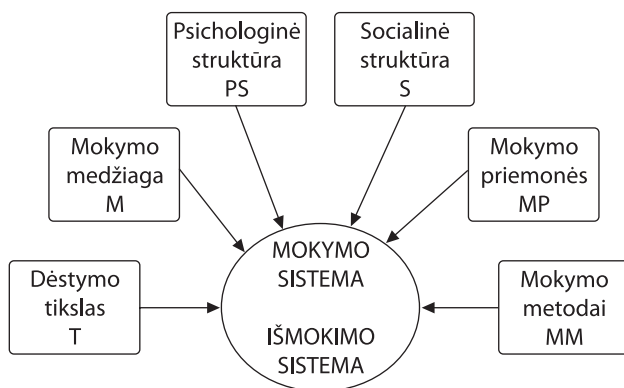
1 pav. Šiuolaikinio profesinio išsilavinimo problemos

- technologijų išmanymą, kryptingumą ir tikslingumą;
- informacijos algoritmizaciją;
- mokslinį pagrindimą;
- procesiškumą (veiksmas turi būti naudingas tikslui);
- sistemiškumą.

A. Melcinekas sukūrė inžinerinės pedagogikos kursą, kurio pagrindiniais principais tapo:

- integralinis būdas;
- moksliskumas;
- sistemiškumas;
- teorijos ir praktikos ryšys.

Išnagrinėsime pagrindinius šio kurso sudarymo principus. Mokymo procesas inžinerinėje pedagogikoje nagrinėjamas kaip tikslinga sąveika tarp dėstytojo ir studento siekiant mokymo rezultato. Schematiškai tai galima pavaizduoti taip, kaip pateikta 2 paveiksle.



2 pav. Inžinerinės pedagogikos mokymo proceso organizavimo schema

Procesui įtaką daro tam tikri veiksniai ir jų dėsninumas. Nustatykite procesui įtaką darančius veiksnius.

1. Dėstyto tikslas (T) – *kokiu tikslu dėstoma?* Svarbiausias mokymo proceso veiksnys – tikslo veiksnys.
2. Mokymo medžiaga (M) – *kas dėstoma?* Mokymo medžiagos arba disciplinos turinio apibrėžimo veiksnys.

3. Psichologinė struktūra (PS) – *kam dėstoma?* Mokymo procesui įtaką darančių studentų psichologinių medicininių savybių nustatymo veiksnys.
4. Socialinė struktūra (S) – *kur dėstoma?* Veiksnys, charakterizuojantis mokymo vietos geopolitinę ir studentų socialinę bei kultūrinę aplinką.
5. Mokymo priemonės (MP) – *kokiomis priemonėmis dėstoma?* Paskaitose naudojamų mokymo priemonių nustatymo veiksnys.
6. Mokymo metodai (MM) – *kaip dėstoma?* Pats įdomiausias praktikui veiksnys, nustatantis mokymo būdus ir metodus.

Kitaip mokymo procesui įtaką darančius veiksnius galima išdėstyti klausimų seka:

⟨Kokiu tikslu?⟩ ⟨Ką?⟩ ⟨Kam?⟩ ⟨Kur?⟩ ⟨Kokiomis priemonėmis?⟩ ⟨Kaip?⟩

Šiuo atveju mokymo metodas tampa penkių pedagoginių kintamųjų funkcija ir gali būti užrašytas taip:

$$MM = f(T, M, PS, S, MP)$$

Savo tyrimuose A. Melcinekas mokymo proceso visumą skirsto atskirais elementais ir nagrinėja kiekvieno veiksnio įtaką mokymo procesui. Šis metodas bus panaudotas šio straipsnio kitame skyriuje optimizuojant informacijos studentams pateikimo metodologinę strategiją.

## Geležinkelių eksploataavimo dalykų komplekso mokymo metodikos optimizavimas

Pirmiausia trumpai apibūdinkime geležinkelių eksploatacijos dalykų komplekso dėstyto studentams tikslus. Ką mes žinome apie geležinkelių transportą? Trumpas ir aiškus atsakymas skambėtų taip: tai viena iš susisiekimo rūšių, leidžianti vežti keleivius ir krovinius stambiais mastais įvairiais atstumais sausumoje. Atkreipkite dėmesį į žodžius „stambiais mastais įvairiais atstumais“ – tai reiškia, kad krovinius įmanoma gabenti ir 20 km, ir 10 000 km atstumu, o vidutinis 60 t prikrautų vagonų sąstato neto svoris svyruoja apie 3 000 tonų. Todėl šiuolaikinį geležinkelių transportą drįsčiau pavadinti viena pagrindinių tarptautinio susisiekimo ir komunikacijos sistemų, veikiančių pagal

tam tikrą ilgą laiką rengiamą ir derinamą veiksmų bei operacijų algoritmą.

Šiuo metu naudojama geležinkelio eksploatacijos dalykų mokymo metodologinė strategija operuoja milžinišku, ilgai kauptu, bet nesugeneruotu discipli-

nų turiniu. Neatkreipiama dėmesio į per pastaruosius dvidešimt metų pasikeitusius psichologinius ir socialinius veiksnius bei gamybos objekto, kuriam rengiami specialistai, pasikeitusį statusą. Nesūlau atsakyti šiuo metu naudojamų metodų. Šio straipsnio tikslas – įvertinus pokyčius, nuosekliai optimizuoti dalykų komplekso metodologinę strategiją.

Dabartinė geležinkelio eksploatacijos disciplinos dalykų dėstymo eiga ir studento įgyjamos kompetencijos trumpai apibūdinamos 1 lentelėje.

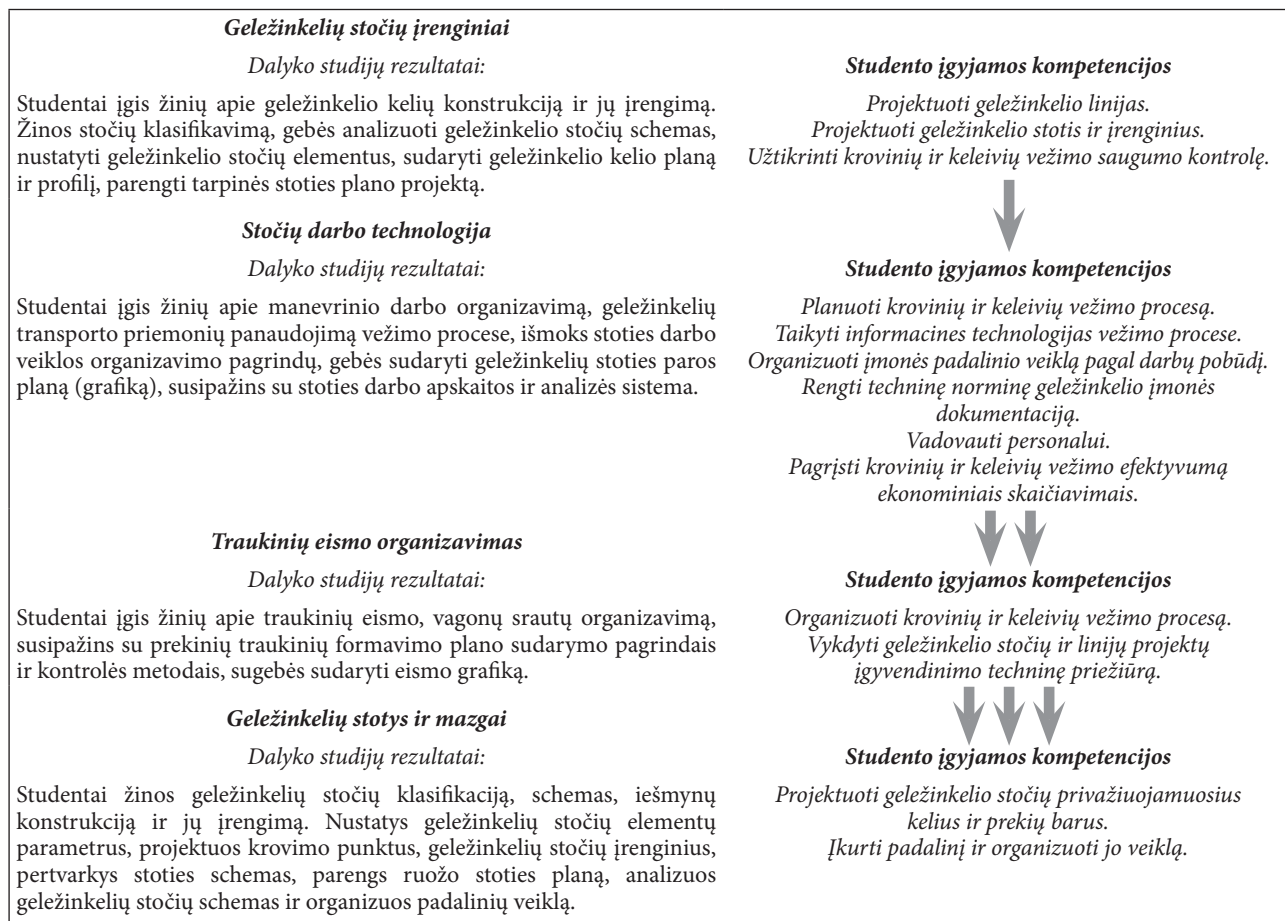
Dalykas „Geležinkelio stotys ir mazgai“, kurio metu atliekamas kursinis darbas „Ruožo stoties projektavimas“, dėstomas anksčiau už dalyką „Stočių darbo technologija“. Vadinasi, studentas privalo suprojektuoti gamybinį objektą, negavęs informacijos apie šio objekto paskirtį. Jis projektuoja stoties planą ir geležinkelių kelių bei įrenginių išdėstymą ir tik vėliau, kitame semestre, sužino, koks darbas turi būti atliekamas jau suprojektuotame objekte ir apskaičiuoja, ar pagal stoties veiklos technologijos reikalavimus jo suprojektuoti keliai ir įrenginiai reikalingi. Įsivaizduokime, kad mokykloje iš mūsų pareikalautų išspręsti lygtį naudojant diferencijavimo formules ir tik kitais metais paaiškintų diferencijavimo taisykles.

Siūlau geležinkelių eksploatacijos dalykų kompleksą teikti studentams nuosekliai, pradedant nuo dalykų, suteikiančių žinių apie geležinkelio įrenginius, suteikti informaciją apie jų paskirtį, supažindinti su gamybos technologijomis bei valdymo organizavimu ir tik po

1 lentelė. Dabartinė geležinkelio eksploatacijos disciplinos dalykų dėstymo eiga

|  |
|--|
| <b>Geležinkelių stočių įrenginiai</b>  |
| <i>Dėstymo tikslas</i>   |
| Supažindinti su geležinkelio kelio įrenginiais, geležinkelio stočių statiniais ir įrenginiais, jų išdėstymo ir įrengimo reikalavimais, geležinkelio linijų bei stočių projektavimo pagrindais. |
| <b>Geležinkelių stotys ir mazgai</b>   |
| <i>Dėstymo tikslas</i>   |
| Supažindinti su geležinkelių stotimis ir mazgais, geležinkelių stočių klasifikacija, geležinkelių stočių iešmynų projektavimo pagrindais, geležinkelių stočių schemomis.                       |
| <b>Stočių darbo technologija</b>   |
| <i>Dėstymo tikslas</i>   |
| Supažindinti su geležinkelių stočių veiklos technologijomis, traukinių perdirbimo technologijomis geležinkelių stotyse, stoties operatyvinio darbo planavimu.                                  |
| <b>Traukinių eismo organizavimas</b>   |
| <i>Dėstymo tikslas</i>   |
| Supažindinti su geležinkelio įmonės padalinių veiklos technologiniais ypatumais, traukinių eismo organizavimo pagrindais, traukinių eismo grafiko rodikliais.                                  |

2 lentelė. Geležinkelių eksploatacijos dalykų optimizavimo schema



to – su projektine ir mokslo tiriamąja praktika. Dalykus paranku būtų nuosekliai dėstyti remiantis E. Kovalenko (2003). Šiuo principu sudaryta disciplinos dalykų dėstymo tvarka pateikiama 2 lentelėje.

Dėl laiko veiksnio, rengiant dalykų komplekso optimizavimo metodologinę strategiją, siūloma pakeisti dalykų temų turinį ir jų nuoseklumą bei įtraukti temą, kuri supažindintų studentus su specifine geležinkelio transporto srities kalba.

Pastaraisiais metais geležinkelio transporto srityje daugiasluoksnei informacijai užrašyti ir komunikuoti dažnai vartojamos specializuotos dirbtinės kalbos: informacijos paieškos kalba, informacinė loginė kalba, programavimo kalba bei pazigrafija (dirbtinių kalbų apibūdinimas, žr. N. Mečkovskaja (2011)). Šiomis kalbomis fiksuojamos ir užrašomos operacijos, susijusios su traukinių judėjimu, keleivių vežimu, informacijos užrašymu, kaupimu, tvarkymu, perdavimu, įrenginių priežiūra ir krovinių priėmimu bei išdavimu. Todėl rengiant geležinkelių specialybių mokymo metodikas ir atliekant profesinį lavinimą tikslinga kaip mokomąją priemonę naudoti analogiškus lingvistikos metodus.

## Išvados

Geležinkelio eksploataavimo dalykų komplekso visuma sudaro geležinkelio specialybių pagrindinę išsilavinimo bazę. Studentai gauna žinių apie sudėtingas technines sistemas, susipažįsta su jų funkcionavimu ir dėsningumu, išmoksta analizuoti, spręsti technologines užduotis ir rengti projektus. Nuo informacijos pateikimo būdo ir teisingai parinktos mokymo metodinės strategijos priklauso medžiagos išmokimo galimybės. Optimizavus dalykų seką ir dėstymo metodiką, lektoriui būtų gerokai lengviau pateikti mokomąją medžiagą, pagerėtų jos supratimas ir išmokimas, be to, palengvėtų ir paties lektoriaus veikla, nes dėstyti auditorijai, kuri supranta dalyko esmę, daug lengviau ir įdomiau. Manytina, kad, įdiegus šiame straipsnyje pateikiamus pasiūlymus, atsirastų ryšys tarp dėstytojo ir studentų, studentai labiau susidomėtų dėstomu dalyku, aktyviai dalyvautų paskaitose ir šitaip būtų pasiekiamas pagrindinis tikslas – spartesnis ir kokybiškesnis

dėstomos medžiagos išmokimas ir reikiamų gebėjimų ugdymas.

## Literatūros sąrašas

1. Geležinkelių eksploataavimo inžinieriaus rengimo standartas, patvirtintas Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo bei socialinės apsaugos ir darbo ministrų 2004 m. gruodžio 31 d. įsakymu Nr. ISAK-2093/11-301. Vilnius, 2004.
2. Коваленко, Е. *Методика профессионального обучения*. Харьков: Штрих, 2003, ISBN 966-7757-36-6.
3. Мелецинек, А. *Инженерная педагогика*. Москва: МАДИ (ГТУ), 1998. 185 с.
4. Мечковская, Н. *Общее языкознание Структурная и социальная типология языков*. Москва: Наука, 2011, ISBN 978-5-02-011783-9

## Methodological strategy for teaching railway operation course

Elžbėta Jonceva

Vilnius University of Applied Engineering Sciences

The present paper analyses the methodology of presenting the course material of railway operation to students following the standards of training railway maintenance engineers. The course material is taught in the following order: Railway Station Equipment, Railway Stations and Nods, Technology of Station Operation and Railway Station Equipment. The teaching practice revealed that the presentation of course material in the said order was ineffective as two of the subjects – Railway Station Equipment and Technology of Station Operation – stand out as fundamental in providing information as basis for teaching Stations and Nodes. This ineffectiveness in teaching affects the consistency of the presentation of information and students' learning and it points to the necessity to change the methodology strategy of teaching and identify the optimal way of presenting information. The present paper suggests improving the topics of the current course material in order to achieve optimization of the information that is to be presented and meet the standards.

# TOROIDINIŲ KS MAGNETINIŲ LAUKŲ MODELIAVIMAS

Rimantas Matuliauskas

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

**Anotacija.** Straipsnyje nagrinėjamos įvairių elektronikos įrenginių kreipiamosios sistemos (KS), kurių generuojamas magnetinis laukas (ML) formuoja krūvininkų judėjimo trajektorijas. Šie įrenginiai yra naudojami mikroschemų gamyboje, mechanškai apdirbant medžiagas bei mokslo tiriamuosiuose darbuose. Toroidinio tipo kreipiamųjų sistemų ML pasiskirstymo funkcijos krūvininkų judėjimo aplinkoje yra surandamos toliau plėtojant autoriaus sukurtą metodą balninėms sistemoms analizuoti. ML pasiskirstymo funkcijos yra surandamos per du etapus. Pirmajame etape, remiantis lauko potencialo teorija, yra modeliuojamas magnetinių fiktyvių krūvių KS magnetolaidžio paviršiuje pasiskirstymas. Fiktyvūs krūviai randami transformavus žinomą dvimatę integralinę Fredholmo pirmosios rūšies lygtį potencialui apskaičiuoti į vienmatę. Tai atliekama apibrėžus integrandus – fiktyviuosius krūvius – Furje eilute bei fundamentaliąjį Laplaso lygties sprendinį – Ležandro funkcijomis. Antrajame tyrimo etape ML stipris yra surandamas ir pateikiamas skirtingiems uždaviniams specifine forma: vienokia – apibrėžiant ML atskirame bet kur paimtame erdvės taške, kitokia – kai siekiama nustatyti krūvininkų pluošto aberacijas.

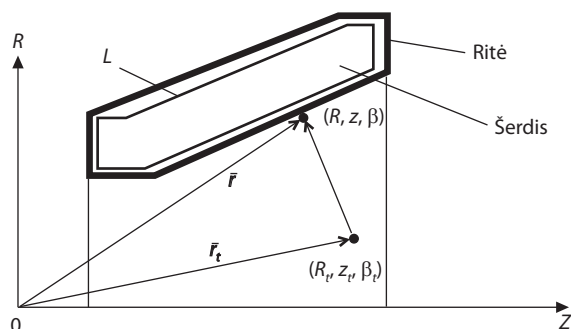
**Pagrindinės sąvokos:** kreipiamoji sistema, magnetinis laukas, potencialas, integralinė lygtis, fiktyvus magnetinis krūvis.

## Įvadas

Įvairių elektronikos įrenginių generuojamiems magnetiniams laukams nustatyti yra naudojami teorinis ir empirinis būdai. Gerai žinomo ir plačiai literatūroje aprašomo metodo, suteikiančio galimybę iš trimačio tinklelio taškuose, išmatuotų ML verčių, atkurti jo struktūrą tarpiniuose taškuose, trūkumas yra labai didelis darbo imlumas siekiant apibrėžti ML didesniuose tūriuose [1]. Naudojant hibridinį ML nustatymo metodą [2], kai KS generuojamo lauko potencialas nustatomas išmatuojant ML tik tą turį gaubiančio paviršiaus tinklelio taškuose, o po to kituose erdvės taškuose jį paskaičiuojant, darbo imlumas sumažėja. Tačiau didžiausias tokių empirinių metodų trūkumas būtų ne tiek darbo imlumas, kiek KS konstrukcijų optimizavimo galimybių ribojimas. Naudojant teorinį ML nustatymo būdą, šis trūkumas yra pašalinamas [3]. Darbo tikslas – toroidinio tipo KS magnetinių laukų teorinio modeliavimo būdo sukūrimas.

## Teorinė dalis

Siekiant apibrėžti toroidinių KS magnetinių laukų struktūras pasinaudosime potencialo teorija. Toroidinės KS konstrukcija susideda iš ritės ir magnetolaidžio šerdies, kurio  $\mu \gg 1$ , o histerezės kreivė yra artima tiesei (magnetiškai minkšta feritinė medžiaga). Schematiškai tokios KS išilginis-radialinis pjūvis pavaizduotas 1 pav.



1 pav. Toroidinė KS

Dėl magnetolaidžio magnetinių savybių tiesiškumo magnetinis laukas tokios KS gali būti surandamas taikant superpozicijos principą ritės ir magnetolaidžio kuriamiems laukams. Tačiau šį uždavinį galima supaprastinti įvertinus ritės vijų prigludimo prie magnetolaidžio aplinkybę (1 pav.).

Tokios konstrukcijos KS tyrimui panaudosime pilnutinės srovės dėsnį

$$\oint_{Sk} d(iw) \cong \int_0^R \vec{H} d\vec{l}; \quad (1)$$

čia:  $H$  – ML stiprumo vektorius;  $iw$  – ampervijos skerspiūvyje  $Sk$ , kurio plotas ribojamas spinduliu vektoriumi  $R$ , horizontalia tiese ( $\beta = 0$ ), bei kreive magnetolaidyje.

Išraiškoje (1) ML įtampa magnetolaidyje dėl aukščiau nurodytos aplinkybės paneigiama. Todėl ribinis ML potencialas magnetolaidžio paviršiuje gali būti apibrėžiamas vien KS ritės ampervijų pasiskirstymo funkcija, išreiškiamą Furje eilute

$$\Psi_r(\vec{r}) = \sum_m b_m \sin m\beta; \quad (2)$$

čia:  $\Psi_r$  – ribinis ML potencialas,  $b_m$  – ampervijų pasiskirstymo funkcijos, išreiškiamos Furje eilute, koeficientai.

KS konstrukcijos atveju, kai toroidinės ritės išdėstomos simetriškai, pavyzdžiui, YOZ plokštumos atžvilgiu, KS magnetiniai laukai apibrėžiami lygybėmis  $H_y(x) = H_y(-x)$ ,  $H_x(x) = -H_x(-x)$ . Tokių ričių ampervijų pasiskirstymo funkcijos koeficientų radimui yra panaudojama žinoma formulė:

$$b_m = 4/\pi \int_0^{\pi/2} iw d\beta; \quad (3)$$

čia, o taip pat (2) lygtyje:  $m \in 1, 3, 5 \dots$

Fiktyvių magnetinių krūvių paprastojo sluoksnio  $\sigma$  tankio funkcija magnetolaidžio paviršiuje  $S$  gali būti nustatoma iš žinomos integralinės lygties:

$$\Psi_r = 0.25/\pi \iint_S \sigma / |\vec{r} - \vec{r}_i| ds; \quad (4)$$



čia: potencialas  $\Psi$  prilygintas ribiniam (2), o spindulio – vektoriaus  $\vec{r}_i$  (1 pav.) taškų ( $R_i, z_i, \beta_i$ ) apibrėžimo sritis –  $\in S$ .

Gautoji lygtis yra dvimatė, todėl ją supaprastinsime suveddami į ekvivalenčias vienmatis integralines lygtis. Šiuo tikslu lygties integrandus išreikšim trigonometrišiais ir Ležandro funkcijų eilutėmis [2]. Fiktyvių krūvių funkciją apibrėšim forma, analogiška (2) lygčiai:

$$\sigma = \sum_m \sigma_m \sin(m\beta). \quad (5)$$

Kitą integrandą transformuosime į formą, tinkamą skleidimui Ležandro funkcijų eilute:

$$|\vec{r} - \vec{r}_i|^{-1} = [R^2 + R_i^2 + (z - z_i)^2 - 2RR_i \cos(\beta - \beta_i)]^{-0.5} = (2RR_i)^{-0.5} (\xi - \cos v)^{-0.5}, \quad (6)$$

$$\xi = 1 + \frac{(R - R_i)^2 + (z - z_i)^2}{(2RR_i)}, \quad v = \beta - \beta_i. \quad (7)$$

Dešiniajai lygybės (6) pusei galime pritaikyti skleidimą Ležandro funkcijomis  $\Theta_v^\mu$  [4]:

$$(z - \cos v)^{-\mu-0.5} e^{i\mu\pi} \sqrt{0.5\pi} \Gamma(\mu + 0.5) (z^2 - 1)^{0.5\mu} = \Theta_{-0.5}^\mu(z) + 2 \sum_n \Theta_{n-0.5}^\mu(z) \cos(nv); \quad (8)$$

čia:  $\Theta_v^\mu(z) = e^{i\mu\pi} 2^{-\nu-1} \sqrt{\pi} \frac{\Gamma(\nu + \mu + 1)}{\Gamma(\mu + 1.5)} z^{-\nu-\mu-1} (z^2 - 1)^{0.5\mu} \times F(0.5\nu + 0.5\mu + 0.5, 0.5\nu + 0.5\mu + 1; \nu + 1.5; z^{-2})$  (9)

F – hipergeometrinė funkcija, kuri savo ruožtu yra išreiškiamą per gama  $\Gamma$  funkcijas [5]:

$$F(a, b; c; z^{-2}) = \frac{\Gamma(c)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} \sum_n \frac{\Gamma(a+n)\Gamma(b+n)}{z^{-2n} n! \Gamma(c+n)}. \quad (10)$$

Įstatę į (9) ir (10) išraiškas, tinkamas integralinei lygčiai (4) spręsti, parametrus:  $\mu = 0, z = \xi, a = 1/2(m + 1/2), b = 1/2(m + 3/2), c = m + 1, n = 0, 1, 2, \dots, \infty$  ir, pasinaudoję trupmeninių  $\Gamma$  funkcijų savybėmis [5], po eilės perdirbimų (9) išraiška gauna tokį pavidalą:

$$\Theta_{m-0.5} = \pi(2\xi)^{-0.5} \Theta^0; \quad (11)$$

čia:  $\Theta^0 = \sum_n \frac{1 * 3 * 5, \dots, (2(2n - m) - 1)}{n! (n + m)! (4\xi)^{2n+m}}$  (12)

o (4) išraiška, įstačius funkcijas (5) ir (6), ir suintegruvus pagal kintamąjį  $\beta$  –

$$\Psi_r = \frac{0.5}{\sqrt{2R_i}} \sum_m \left[ \int_L (R\xi)^{-0.5} \sigma_m \Theta^0 dl \right] \sin(m\beta_i). \quad (13)$$

Sulyginus (4) ir (13) išraiškų dešiniąsias puses, gaunama kiekvieną potencialinės funkcijos harmoniką apibrėžianti vienmatė integralinė lygtis:

$$b_m = \frac{0.5}{\sqrt{2R_i}} \int_L (R\xi)^{-0.5} \sigma_m \Theta^0 dl. \quad (14)$$

Pasirenkant harmonikų skaičių  $m$  ir išsprendus integralines lygtis (14), yra apibrėžiamas reikiamu tikslumu

fiktyvių magnetinių krūvių pasiskirstymas (5) magnetolaidžio paviršiuje. Pažymėtina, kad šio tikslumo padidinimas nereikalauja jau surastųjų harmonikų perskaičiavimo. Tuo KS tyrimo 1-asis etapas yra užbaigiamas.

Suradus fiktyvių magnetinių krūvių pasiskirstymą, (4) lygtimi yra apibrėžiamas tokios konstrukcijos KS potencialas bet kuriame erdvės taške. Magnetinio lauko stipris šiame taške nustatomas diferencijuojant potencialą pagal žinomą formulę:

$$\vec{H} = -grad\Psi. \quad (15)$$

Ją panaudojus, ML stiprio tangentinė, radialinė ir išilginė komponentės gauna tokius pavidalus:

$$H_\beta = -\frac{d\Psi}{R_i d\beta_i} = -\frac{0.25}{\pi} \iint_S \frac{\sigma R \sin(\beta - \beta_i)}{(2RR_i)^{1.5} [\xi - \cos(\beta - \beta_i)]^{1.5}} ds, \quad (16)$$

$$H_R = -\frac{d\Psi}{dR_i} = \frac{0.25}{\pi} \iint_S \frac{\sigma [R_i - R \cos(\beta - \beta_i)]}{(2RR_i)^{1.5} [\xi - \cos(\beta - \beta_i)]^{1.5}} ds, \quad (17)$$

$$H_z = -\frac{d\Psi}{dz_i} = -\frac{0.25}{\pi} \iint_S \frac{\sigma(z - z_i)}{(2RR_i)^{1.5} [\xi - \cos(\beta - \beta_i)]^{1.5}} ds. \quad (18)$$

Šių išraiškų integrandus išskleidus aukščiau apibrėžtomis (5) ir (8) eilutėmis, į kurias įstačius tinkamus parametrus  $\mu = 1, z = \xi, a = 1/2(m + 3/2), b = 1/2(m + 5/2), c = m + 1, n = 0, 1, 2, \dots, \infty$  ir suintegruvus pagal  $\beta$ , dvimačiai integralai transformuojami į vienmačius:

$$H_\beta = -(2R_i)^{-1.5} \sum_m \left[ \int_L \sqrt{R\xi} \sigma_m (\Theta_{m-1}^1 - \Theta_{m+1}^1) dl \right] \cos(m\beta_i), \quad (19)$$

$$H_R = -(2R_i)^{-1.5} \sum_m \left[ \int_L \sqrt{R\xi} \sigma_m \left( \Theta_{m-1}^1 - \frac{2R_i}{R} \Theta_m^1 + \Theta_{m+1}^1 \right) dl \right] \sin(m\beta_i), \quad (20)$$

$$H_z = -\frac{1}{R_i \sqrt{2R_i}} \sum_m \left[ \int_L \sqrt{R\xi} \sigma_m \Theta_m^1 dl \right] \sin(m\beta_i); \quad (21)$$

čia  $\Theta_k^1 = \sum_n \frac{1 * 3 * 5, \dots, (2(2n + k) - 1)}{n! (n + m)! (4\xi)^{2n+k}}$  (22)

Išraiškomis (19) – (21) apibrėžiamas ML stipris bet kuriame erdvės taške.

Išvesim ML išraiškas, tinkamas krūvininkų pluoštelio aberacijoms paskaičiuoti bei elektroninės optikos sintezės uždaviniams spręsti. Tokio ML lauko struktūra apibrėžiama lygybėmis [1]:

$$\begin{cases} H_y = H_0 - (0.5H_0^{(1)} + H_2)xy + H_2x^2 + (1/24H_0^{(1)} + 1/6H_2^{(2)} + H_4)y^4 - (0.5H_2^{(2)} + 6H_4)x^2y^2 + H_4x^4 \dots \\ H_x = 2H_2xy - (1/3H_2^{(2)} + 4H_4)xy^3 + 4H_4x^3y + \dots \\ H_z = H_0^{(1)}y - 1/3(0.5H_0^{(3)} + H_2^{(1)})y^3 + H_2^{(1)}x^2y + \dots \end{cases} \quad (23)$$

Rasim šių išraiškų tris pagrindines funkcijas  $H_0(z), H_2(z), H_4(z)$ , kurias diferencijuojant bus galima apibrėžti visą ML struktūrą [3]. Plokštumoje  $z = 0$  šios funkcijos gali būti nustatytos radus ribas:

$$\lim_{x,y \rightarrow 0} H_y \rightarrow H_0, \quad \lim_{x,y \rightarrow 0} \frac{\partial^2 H_y}{\partial x^2} \rightarrow H_2, \quad \lim_{x,y \rightarrow 0} \frac{\partial^4 H_y}{\partial x^4} \rightarrow H_4, \quad (24)$$

čia:  $H_y$  funkcija apibrėžiama (16) išraiška, kai jos kintamieji  $\beta_t = 0$ ,  $R_t = x$ .

Į  $H_y$  išraišką įstačius fiktyvių magnetinių krūvių surastąjį pasiskirstymą (5) ir suintegravus pagal  $\beta$ , gauname:

$$H_0 = -0.25 \int_L \sigma_1 R^2 d^{-3} dl, \quad (25)$$

$$H_2 = \frac{3}{32} \int_L [4\sigma_1 d^2 - 5R^2(\sigma_1 + \sigma_3)] R^2 d^{-7} dl, \quad (26)$$

$$H_4 = -\frac{15}{512} \int_L \left\{ 2\sigma_1 [3R^4 - 8g^2(5R^2 - g^2)] - 28R^2(\sigma_1 - \sigma_3)(R^2 - 2g^2) - 21R^4(\sigma_3 - \sigma_5) \right\} R^2 d^{-11} dl; \quad (27)$$

$$\text{čia } d = \sqrt{R^2 + g^2}, \quad g = z - z_t. \quad (28)$$

Randomos išraiškų (23) likusios funkcijos:

$$H_0^{(1)} = -0.75 \int_L \sigma_1 g R^2 d^{-5} dl, \quad (29)$$

$$H_0^{(2)} = -0.75 \int_L \sigma_1 R^2 d^{-7} (5g^2 - d^2) dl, \quad (30)$$

$$H_0^{(3)} = -15/4 \int_L \sigma_1 g R^2 d^{-9} (7g^2 - 3d^2) dl, \quad (31)$$

$$H_0^{(4)} = -45/4 \int_L \sigma_1 R^2 d^{-11} (21g^4 - 14g^2 d^2 + d^4) dl, \quad (32)$$

$$H_2^{(1)} = 15/32 \int_L [4\sigma_1 d^2 - 7R^2(\sigma_1 + \sigma_3)] g R^2 d^{-9} dl, \quad (33)$$

$$H_2^{(2)} = 15/32 \int_L [4\sigma_1 (6g^2 - d^2) - 63g^2 R^2 (\sigma_1 + \sigma_3)] R^2 d^{-11} dl. \quad (34)$$

Išraiškų, apibrėžiančių ML struktūrą, nustatymu yra užbaigiamas toroidinių KS 2-asis tyrimo etapas. Konkretus tokios konstrukcijos kreipiamosios sistemos ML skaičiavimas bei palyginimas su eksperimentiniais rezultatais bus pateikiamas kitame darbe.

## Išvados

1. Toroidinės KS magnetinio lauko skaičiavimams atlikti pakanka apsiriboti fiktyvių magnetinių krūvių pasiskirstymo funkcijos magnetolaidžio paviršiuje nustatymu. Pačių ritelių generuojamas laukas įsivertina integraliai per magnetolaidžio reakciją į išorinį poveikį.

2. Dvimatės integralinės lygties, apibrėžiančios fiktyvių magnetinių krūvių pasiskirstymą magnetolaidžio paviršiuje, transformavimas į vienmatis padidina kreipiamosios sistemos ML skaičiavimo tikslumą.

3. Norimo ML tikslumo siekimas didinant harmonikų skaičių nereikalauja jau surastųjų lauko harmonikų charakteristikų perskaičiavimo.

## Literatūra

1. Čepulis, V. *Elektroninė optika*. Kaunas: Technologija, 2001. ISBN 9955-09-008-1.
2. Matuliauskas, R. The Hibrid Method Determinative Magnetic Fields of DY. In *Elektronika ir elektrotechnika*. 2004, Nr. 5. p. 15–17.
3. Matuliauskas, R. Determination Functions of Magnetic Fields Saddle-type DY. In *Elektronika ir elektrotechnika*. 2008, Nr. 5. p. 37–40.
4. Бейтмен, Г., Эрдейи, А. *Высшие трансцендентные функции*. Москва: Наука, 1973.
5. *Справочник по специальным функциям*. Москва: Наука, 1979.

## Modeling of magnetic fields toroidal – type DY

Rimantas Matuliauskas

Vilnius University of Applied Engineering Sciences

In this paper is investigated deflection yokes (DY), whose magnetic field (MF) is formed necessary trajectories of pencil charge rays. Such equipments are used in the chips production, processing of materials and for the purpose of research works. The structure of magnetic field distributions in the charge moving area are found on the basic method developed by author for the calculating MF of saddle-type DY. Distribution of MF are found during the two stages. On the first stage according to the potential theory are modeling fictitious charges density on the surface of the magnetic core. In the case when magnetic core is assumed infinite permeability, charge density can be finding from integral Fredholm equation of the first kind. This equation is of two dimensions, so it can be converted to series simple integral equations. For this purpose one part of integrand – fictitious charges – are determined with Furje series, other part – fundamental solution of Laplace equation – are determined with Legendre series. On the second stage of the study problem the MF are searched and founded on the specific form, which is suitable to calculate deformation of pencil charge rays according well-known aberration theory.

Such method when MF structure is determined having used series have much advantages. One of them is possibility to control precision of MF distribution. In practice that mean it is calculating some numbers harmonics of MF distribution and in case to raise the precision MF it is adding new harmonics without any recalculating having found.

**Keywords:** deflection yoke, magnetic field, potential, integral equation, fictitious magnetic charge.

# MODULINIO AUTOTRAUKINIO PANAUDOJIMO LIETUVOJE TYRIMAS

Saulius Tamošaitis, Dovilė Sevelevičiūtė

*Klaipėdos valstybinė kolegija, Technologijų fakultetas, Bijūnų g. 10, Klaipėda*

**Anotacija.** Europoje kelerius pastaruosius metus netyla kalbos apie naujos kartos krovininį kelių transportą. Ne vien apie ekonomišką, naudojantį mažiau kuro, bet ir ekologiškesnį, kuris būtų „draugiškesnis“ aplinkai t. y. mažiau išmestų kenksmingų išmetamųjų dujų į atmosferą bei mažiau kenktų pačių žmonių sveikatai. Tačiau daugiausia diskusijų kyla dėl to, kaip būtų galima padidinti vienu metu pervežamų krovinių kiekį (tonomis, m<sup>3</sup>, konteineriais) nepadarant pernelyg perdėtos ir nekontroliuojamos revoliucijos pervežimų srityje.

Straipsnyje analizuojamas modulinio autotraukinio pritaikymas Lietuvoje įvertinant Europos šalių patirtį.

**Raktiniai žodžiai:** autotraukiniai, ekologija, ekonomija, kroviniai, krovininiai automobiliai, puspriekabės, priekabos.

## Įvadas

Ekonomikai kylant, krovinių vežimas yra sparčiausiai besiplečiančių paslaugų sfera, bet ekonomikai sulėtėjus ši paslaugų sfera sulėtėja. Tokiam sparčiam šios ūkio šakos kilimui ir smukimui daug įtakos turi kitos pramonės šakos. Krovinių vežimai ir pervežimai glaudžiai susiję su ekonomikos augimu. Didėjant ekonominiam lygiui, didėja ir vartotojų poreikiai, kuriems tenkinti, prekėms bei paslaugoms tiekti pasitelkiamos pervežimo įmonės.

Pagrindinis poreikių tenkinimo tikslas – sutrumpinti užsakymo gavimo ir įvykdymo laikus. Už antrojo punkto vykdymą atsakinga yra autotransporto įmonė, vykdanči užsakymą. Autotransporto įmonė, norėdama sutrumpinti krovinių pristatymo laiką, turi iširti kai kurias procedūras: paraiškos dokumentus, krovinių parinkimą sandėlyje, įpakavimą, pakrovimą ir vežimą gavėjui.

Nors autotransporto įmonė ir atlieka procedūras, sutrumpinančias krovinių pristatymo laiką, ji taip pat dar privalo įvykdyti ir kitas operacijas: transporto priemonės parinkimą, maršruto ir eismo grafiko sudarymą, transporto priemonių techninį aptarnavimą. Šių operacijų tikslas – likviduoti teritorinį skirtumą tarp gamintojo ir vartotojo, užtikrinti saugų ir savalaikį krovinių vežimą iš gamybos vietos į vartojimo vietas.

Vienas pagrindinių uždavinių labai konkurencingoje rinkoje vežant krovinius – operacijų atlikimo greitis ir našumas. Kai didėjantys krovinių srantai reikalauja vis našesnių pervežimų, vežėjai susiduria su jau gana didele vairuotojų trūkumo problema. Tai problema, kurią galima išspręsti pasitelkiant talpesnes transporto priemones bei taip užtikrinti kokybišką krovinių pervežimą su daliniu vairuotojų trūkumu.

**Tikslas:** atlikti modulinio autotraukinio panaudojimo Lietuvoje tyrimą įvertinant Europos šalių patirtį.

## Uždaviniai

Įvertinti Europos šalių patirtį naudojant modulinio autotraukinius.

Apžvelgti modulinio autotraukinių rūšis.

Įvertinti modulinio autotraukinio panaudojimo ekonominį tikslingumą.

**Tyrimo metodai:** informacinių šaltinių analizė; matematinių skaičiavimų taikymas; gautų duomenų analizė ir palyginimas.

## Krovinių pervežimo situacija Europoje

Didžiausias visų krovinių kiekis Europoje pervežamas sausumos kelių transportu. Remiantis statistiniais duomenimis, krovinių pervežimai pagal transporto rūšis vidaus pervežimuose pasiskirsto: kelių transportas – 70%, geležinkelių transportas – 17%, vidaus vandens transportas – 13%. Išimtis iš Europos sąjungos šalių-narių (ES-27) yra Baltijos valstybės narės, Austrija, Švedija, kuriose daugiau nei vienas trečdalis visų krovinių pervežimų įvykdyta geležinkeliais. Belgijoje, Bulgarijoje, Vokietijoje ir Rumunijoje krovinių pervežimai vidaus vandens transportu sudaro nuo 10% iki 16% visų krovinių kiekio. Nyderlanduose pervežimai vidaus vandens transportu sudaro net 35% nuo visų krovinių kiekio (3).

Europoje kelerius pastaruosius metus netyla kalbos apie naujos kartos krovininį kelių transportą. Ne vien apie ekonomišką, naudojančią mažiau kuro, bet ir ekologiškesnį, kurie būtų daugiau „draugiškesni“ aplinkai t. y. mažiau išmestų kenksmingų išmetamųjų dujų į atmosferą bei mažiau kenktų pačių žmonių sveikatai. Tačiau daugiausia diskusijų kyla apie tai, kaip būtų galima padidinti vienu metu pervežamų krovinių kiekį (tonomis, m<sup>3</sup>, konteineriais) nepadarant pernelyg perdėtos nekontroliuojamos revoliucijos pervežimų srityje.

## Kitų šalių bandymų patirtis

### Nyderlandai

Nyderlanduose yra įteisinti ir leidžiama eksploatuoti 18,75 m ir 50 tonų junginius. Kaip ir kitose Europos sąjungos šalyse, tokie junginiai atitinka standartizuotus junginius savo matmenimis, tik galimybė vežti

daugiau krovinių čia palikta. Tačiau 1998 m. Susisiekimo ministerija, išnagrinėjusi ilgesnių junginių privalumus ir trūkumus, leido testuoti 25,25 m ilgio junginius vietiniuose maršrutuose iki 50 kilometrų.

Pirmojo eksperimento metu buvo siekiama įrodyti, kad įmanoma pasiekti mažesnes kuro sąnaudas gabenant krovinius. Teoriniai skaičiavimai rodė potencialą sutaupyti nuo 4% iki 30% kuro priklausomai nuo maršruto ir krovinių specifikos.

Antrojo eksperimento metu buvo pasiūlyta išbandyti naujus junginius didesniai ekspeditorių skaičiui. 69 ekspeditoriams buvo pasiūlyta 100 „EuroCombi“ junginių vietoj 139 standartinių junginių. Tiesa, gali būti keliai ar kelių atkarpos, kuriose buvo galima eksploatuoti tokius junginius, buvo nurodytos atskirai, baiminantis galimo kelių gadinimo ar infrastruktūros sugriovimų.

Pasibaigus eksperimentui, buvo apklausti visi ekspeditoriai ir vežėjai dalyvavę bandyme. Vyravusi nuomonė apie tokių junginių panaudojimą ir galimybę juos plačiau naudoti sutapo ir buvo vienareikšmiška ir teigiama.

Duomenų apie nelaimingus atsitikimus ar avarijas sukeltas būtent ilgesniųjų junginių nebuvo gauta.

Nuo 2009 m. vykdomas kitas bandymo etapas, kurį vykdo siuntų pristatymo tarnyba „DPD“. Bandymas pavadintas „EcoCombi“, toks junginio variantas iššifruojamas kaip „Ekonomija + Ekologija“. Eksperimentu siekiama įrodyti, kad tokie junginiai yra ne tik ekonomiškiesni, bet ir mažiau teršiantys aplinką.

### Vokietija

Eksperimentai prasidėjo tačiau su tam tikromis išlygomis. Buvo leista tik padidinti junginių ilgį iki 25,25 m, o maksimali sąstato masė buvo palikta tokia pat kaip ir jau esamų junginių, bet keliose žemėse buvo leista maksimalią masę padidinti iki 48 tonų.

Žemutinė Saksonijos žemė. Ekspedicinė įmonė „Boll Logistik“ eksploatavo 25,25 m, 40 tonų ir 150 m<sup>3</sup> junginį maršrutu Meppen–Hannover. Ekspedicinė įmonė „Hellmann Worldwide Logistics“ tokį patį junginį išbandė maršrutu Wolfsburg–Osnabrück. Per 15 eksploatavimo mėnesių buvo atliktos 344 važiuotės ir nuvažiuota per 271000 kilometrų. Bandymo periodu pavyko sutaupyti 17700 l dyzelinio kuro, nereikėjo įveikti 115000 km, kuriuos reikdavo nuvažiuoti vykstant pervežimus standartiniu junginiu bei CO<sub>2</sub> emisiją sumažinti 15%.

### Skandinavija

Remiantis Skandinavijos vežėjų patirtimi ir ekspertų išvadomis iš važiavimo ypatybių, traukos jėgos pasiskirstymo ir kitų kriterijų, „Euro“ modulio 25,25 m ir 60 t junginio variantai jau seniai pateisino krovinių gabenimo verslo atstovų viltis.

2002 m. Švedijos ir Suomijos pramonininkų bei verslininkų inicijuotu eksperimentu, kaip pažymi Vokietijos spauda, buvo įrodyta, kad naudojant 25,25 m ilgio ir 60 t svorio junginius, reisų skaičių galima su-

mažinti 30%, dyzelinio kuro sąnaudas – 15%, kenksmingų medžiagų emisiją – nuo 15 iki 20%, o bendros eksploatacijos išlaidos sumažėjo iki 23% (4).

### „EuroCombi“ junginiai

Toks pagrindinis ir bene vienintelis sprendimas problemai spręsti buvo pasiūlytas prisiminus ankstesnių dešimtmečių patirtį. Žvilgsnis atgal į aštuntąjį praejusio amžiaus dešimtmetį, patvirtina, jog padidinto ilgio ir svorio sunkvežimiai nėra visiškai nauja idėja. Jau praeito amžiaus aštuntojo dešimtmečio viduryje kai kurie Danijos transporto verslo atstovai, gabendami krovinius į Švediją ir atgal, kur nuo 1970 metų buvo pradėti eksperimentuoti įvairūs pailgintų sunkvežimių variantai, naudojo modulinius autotraukinius (5).

Bendras leidžiamas transporto priemonių junginių ilgis pagal „Euro“ modulio sistemą buvo nustatytas 1996 m. ES direktyva 96/53 EC. Nuo 1997 m. ši sistema 25,25 m bendrojo ilgio autotraukiniams buvo įteisinta Švedijoje ir Suomijoje.

Tai sunkiojo transporto junginys, kurio pagalba vienu metu galima transportuoti didesnę kiekį krovinių. Junginį daugiausia sudaro standartinės Europoje naudojamos transporto priemonės. Tačiau įvedus patobulinimus ar kelis naujus junginio elementus galima naudojamas standartinės transporto priemones sujungti ir panaudoti kroviniams pervežti.

**Junginys A** – balninis vilkikas su puspriekabe ir dviaše centrinio prikabinimo priekaba (vok. Sattelzug mit Tandem – Anhänger). Tai vienas lengviausiai sudaromų junginių. Šiam junginiui panaudojama jau standartinė puspriekabė prie kurios pritaikomas kabinimo įtaisas padedantis prie jos galo papildomai prikabininti priekabą.

Sudedamosios junginio dalys: triašis balninis vilkikas su važiuoklės kombinacija 6 × 2 viena valdoma ašimi arba 6 × 4 norint didesnės galios ir sukibimo išnaudojimo, triašė puspriekabė, dviašė centrinio prikabinimo priekaba. Bendras sąstato ilgis siekia iki 25,25 m bendroji masė iki 60 t.

**Junginys B** – balninis vilkikas su dviem puspriekabėmis (vok. Sattelzugmaschine und zwei Auflieger). Jo pirmosios puspriekabės antstatas yra pastumtas į priekį, o ant jos galinės dalies sumontuotas atraminis vilkimo įtaisas kitai puspriekabei vilkti.

Pastarasis junginys daugiausiai naudojamas Skandinavijoje, kurioje reikia krovinius vežti ypač dideliais atstumais, mažai laiko praleidžiant miestuose. Taip yra dėl to, kad šio junginio manevravimas nėra labai paprastas ir galinė puspriekabė linkusi daugiau pasislinkti į posūkio vidinę pusę taip sukeldama sunkumų manevruojant. Tačiau šis junginys turi vieną universalų pranašumą, kad galinę puspriekabę galima atkabinti ir perduoti vilkti kitam vilkikui, o sau prisikabinti naują ir tęsti važiavimą.

Sudedamosios junginio dalys: triašis balninis vilkikas su važiuoklės kombinacija 6 × 2 viena valdoma ašimi arba 6 × 4 esant didesniai galios ir sukibimo poreikiui, pirmoji puspriekabė su trumpesniu kėbulu ir sukabini-



mo įtaisais kitai puspriekabei, galinė standartinė puspriekabė naudojama dabartiniuose pervežimuose. Bendras sąstato ilgis iki 25,25 m, bendroji masė iki 60 t.

**Junginys C** – furgonas arba sunkvežimis su keičiamu antstatu ir priekaba (vok. Motorwagen mit Aufbau und Anhänger). Taip pat paprastai sudaromas junginys tik iš dviejų dalių. Junginio veikimas ir manevravimas sukelia mažiau nepatogumų judant miesto teritorijoje, negu aukščiau minėtas junginys B. Tokius pačius junginius galima pamatyti ir dabar tik šiek tiek trumpesnius nei aprašomas.

Junginių sudarančios dalys: dviašis, triašis ar keturašis furgonas arba sunkvežimis keičiamu antstatu su važiuoklės konfigūracijomis:  $4 \times 2$ ,  $6 \times 2$ ,  $6 \times 4$ ,  $8 \times 4$  valdoma ašimi, dviašė arba triašė priekaba su perslenkančiu prikabinimo įtaisu (gražulas). Bendras sąstato ilgis gali siekti 25,25 m, bendroji masė iki 60 t.

**Junginys D** – sunkvežimis keičiamu antstatu su dviašiu sukabinimo įtaisu ir puspriekabe (vok. Motorwagen mit Dally und Sattelaufleger). Vienas labiausiai pamėgtų ir šiuo metu intensyviai testuojamų junginių Europoje. Dėl to šio junginio panaudojimo galimybės labai plačios. Galima naudoti jį tiek krovinius kraunant į jo antstatą, tiek naudojant keičiamus antstatus transportuoti krovinius (krovinių vienetai ant palečių į antstato vidų, keičiamas antstatas, kraunami konteineriai). Eksperimentai parodė, kad tai vienas manevringiausių junginių iš visų siūlomų. Naudojant vairuojamąjį atraminį sukabinimo įtaisą galima pasiekti, kad galinės puspriekabės apsisukimo spindulys siektų tik 5,3 m, o viso sąstato apsisukimo spindulys – 12,5 m.

Junginys susideda iš: sunkvežimio keičiamu antstatu, kurio važiuoklės konfigūracija  $8 \times 2$  su dviem valdomomis ašimis arba  $6 \times 4$  bei  $8 \times 4$  su viena valdoma ašimi, atraminio dviašio sukabinimo vežimėlio, standartinės puspriekabės ar platformos konteineriams.

**Junginys E** – furgonas arba sunkvežimis keičiamu antstatu au dviem centriniu prikabinimo priekabomis (vok. Motorwagen mit zwei Tandem – Anhängern). Šis jungimo sprendimas pasižymi ypač dideliu lankstumu ir lengvu manevravimu. Tačiau iš pažiūros lengvas manevravimas reikalauja didesnės vairuotojo koncentracijos ir vairavimo įgūdžių, nes besilankstančių junginio vietų yra daugiau. Be abejo, dėl tokios lanksčios konstrukcijos į transporto priemonę yra pakraunamas mažesnis krovinių kiekis. Mažesnę krovinių kiekį lemia ne tik junginio konstrukcija, bet ir sąlyginai mažas ašių skaičius, kurių šiame sąstate tėra tik septynios. Todėl krovinių kiekis čia ribojamas iki 48 tonų.

Junginio sudedamosios: furgonas arba sunkvežimis keičiamu antstatu su galimomis važiuoklės konfigūracijomis:  $4 \times 2$ ,  $6 \times 2$ ,  $6 \times 4$  su valdoma viena ašimi, dvi dviašės centriniu prikabinimo priekabos. Toks junginys labai patogus kai reikia pervežti keleto gavėjų krovinius ir juos iškrauti į atskirus sandėlius. O naudojant keičiamų antstatų sistemą labai patogiu vienu metu transportuoti net tris 20 pėdų jūrinius konteinerius, kadangi junginį sudaro  $2 \times 7,82$  m,  $1 \times 6,05$  m atskiros dalys.

**Junginys F** – sunkvežimis keičiamu antstatu su puspriekabe (vok. Motorwagen mit Sattelaufleger). Labai reta ir neįprasta kombinacija. Jos pagrindą sudaro ilgas keturių ašių sunkvežimis, kuris turi trumpą keičiamą antstatą, o ant galinės jo ašies sumontuotas atraminis vilkimo įtaisas puspriekabei. Tokia junginio struktūra nepasiekia, kaip kiti junginiai, maksimalaus 25,25 m ilgio ir dėl to galima pakrauti mažesnę krovinių kiekį. Dėl šios priežasties tokia transporto priemonės kombinacija nesulaukia didelio susidomėjimo ir panaudojimo galimybių.

**Junginys G** – furgonas su triaše centriniu prikabinimo priekaba (vok. Langer Motorwagen mit Dreischsanhänger). Tai taip pat reta kombinacija kaip ir junginys F. Tai sąlygoja, kad šiam junginiui reikia gana didelio sunkvežimio su nemažu ašių skaičiumi ir centriniu prikabinimo priekabos su trimis ašimis. Taip bendras sąstato ilgis gali pasiekti 25,25 m. Nors junginys pasižymi geromis valdymo ir manevravimo savybėmis, tačiau mažesnis pakraunamų krovinių kiekis, kurį nulemia mažas ašių skaičius ant kurių gali pasiskirstyti krovinių svoris, jį daro silpnesniu varžovu prieš kitus „EuroCombi“ junginius, kurie gali pasigirti didesniu krovinių įkrovimu į transporto junginį.

Tad mažas vienu metu pervežamų krovinių kiekis, bei junginio konstrukcija reikalaujanti papildomų nemažų investicijų į jo gamimą, atbaido potencialius tokios kombinacijos eksploatuotojus ir vežėjus.

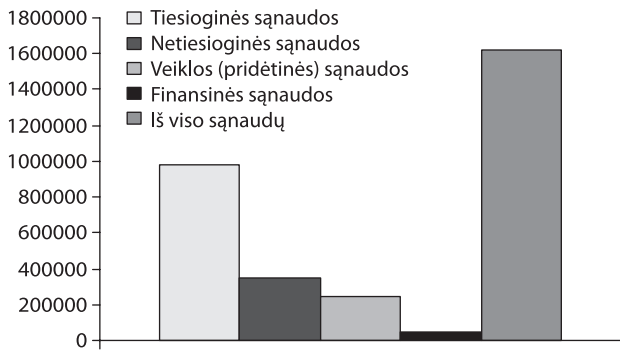
### Naujo junginio ekonomiškumas

Nagrinėjama lengvo krovinių transportavimo metinė savikaina. Krovinyje lengvas, bet užimantis pakankamai daug vietos. Tai gali būti lengvos statybinės medžiagos (putų polisterolis, akmens vata, lengvos izoliacinės medžiagos), maisto produktai, avalynė, tekstilės gaminiai ir t. t. Tai tokie kroviniai, kurių pakrautas didesnis tūris masės atžvilgiu neviršija leistinos bendrosios transporto masės bei taip pat neviršija ašių apkrovos.

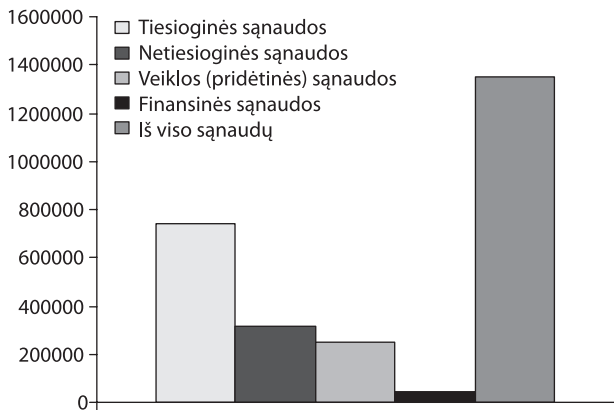
Būtent tokiems kroviniams ypač aktualus EMS plėtojimo klausimas, kur tokiais junginiais galima pervežti daugiau krovinių neviršijant dabartinių leistinių apkrovų, negadinant važiuojamųjų kelio dalių bei laisvus standartinius junginius panaudoti sunkesniems kroviniams gabenti. Nors į ilgesnius junginius būtų kraunami sunkūs kroviniai, bet būtų laikomasi dabar galiojančių ašių apkrovų, junginio naudojimas taptų nuostolingas. Tai atsitiktų dėl to, kad pakrautas sunkus krovinyje neišnaudotų naudingo ilgesnio junginio kroviniui skirtu tūriu.

Skaičiavimai parodė, kad standartinio junginio pervežimo sąnaudos susideda iš keturių stambių dalių: tiesioginės sąnaudos – 977374,51 Lt., netiesioginės sąnaudos – 351143,70 Lt., veiklos sąnaudos – 246511,20 Lt., finansinės sąnaudos – 47434,06 Lt. Galutinė sąnaudų suma – 1622498,77 Lt.

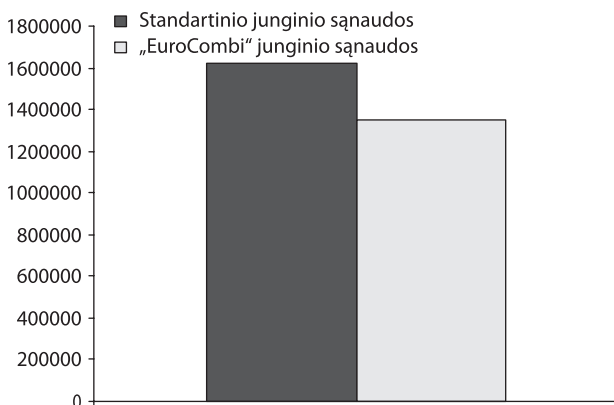
Tokios pačios sąnaudų grupės atitinka ir „EuroCombi“ junginio krovinių transportavimo sąnaudas.



1 pav. Standartinio junginio pervežimo sąnaudos



2 pav. „EuroCombi“ junginio pervežimo sąnaudos



3 pav. Pervežimų sąnaudų palyginimas

Tik čia kiekvienai grupei tenkančių sąnaudų suma yra kitokia: tiesioginės sąnaudos – 741405,96 Lt., netiesioginės sąnaudos – 314144,10 Lt., veiklos sąnaudos – 246511,20 Lt., finansinės sąnaudos – 47434,06 Lt. Galutinė sąnaudų suma – 1349522,87 Lt.

Iš tyrimų matyti, kad yra pasiektas numatytas rezultatas. Kaip ir buvo manoma bei kaip teigia kitų šalių ekspertai ir vežėjai, krovinio transportavimo sąnaudas galima sumažinti naudojant ilgesnius autotraukinius. Tai pavyksta pasiekti ne vien tik galint į transporto priemonę pakrauti daugiau krovinio, kurio transportavimo išlaidos iš karto mažėja gabenant daugiau, bet ir sutaupant lėšų eksploatuojant pačią transporto priemonę, sumokant mažesnius draudimo ir taršos mokesčius.

Gauti rezultatai parodė, kad panaudojus „EuroCombi“ junginį kroviniai vežti, sąnaudas galima su-

mažinti 17,8%. Tai džiuginantis rezultatas žinant, kad taip pavyko pagerinti ekonominius rezultatus į transporto priemonę pakrovus daugiau krovinų neviršijant leistinos bendrosios masės, bet pailginus junginį nuo 18,75 m iki 25,25 m.

## Išvados

Kitų šalių patirtis parodo, kad panaudojus ilgesnius junginius, transportavimo sąnaudas galima sumažinti iki 30%, atsižvelgiant į vykdomą maršrutą ir vežamą krovinį.

Pateikti junginių variantai išsiskiria unikalia nebūdinga šiandienai sujungimo galimybe. Tokia galimybė leidžia naudojamas dabartines transporto priemones sugrupuoti kokia tik norima kombinacija ir kiek tik leidžia techninės transporto priemonių charakteristikos. Naujai siūlomi Europinės modulinės sistemos junginiai ne tik gali sumažinti kelių eismo intensyvumą, bet taip pat prisidėti prie pervežamų krovinių kainų mažėjimo. O mažinant pačių transporto priemonių skaičių galima sumažinti kenksmingų teršalų išmetimą į aplinką bei kuro suvartojimą.

Remiantis kitų šalių patirtimi buvo atliekamas skaičiavimas. Skaičiavimo metu buvo pervežamas lengvas krovinys, kuris užima didelį tūrį, tačiau yra lengvas. Tokia krovinio charakteristika pasižymi nepalankiomis įkrovimo savybėmis, kai tenkantis krovinio svoris neišnaudoja maksimalios keliamosios masės, bet užima visą puspriekabės tūrį.

Tokiu atveju naudinga naudoti ilgesnį krovininio transporto junginį, kuris suteikia galimybę pakrauti didesnę tūrį krovinų, bet tuo pačiu neviršyti maksimalios leidžiamos masės. Tad naudojant tik ilgesnį junginį, į kurį telpa didesnis tūris krovinų, bet palikus galiojančią bendrąją masę, tokio krovinio transportavimo sąnaudas matematinį skaičiavimų būdu pavyko sumažinti – 17,8%.

Jau dabar galima negaišti laiko pradedant diskusijas apie Europinės modulinės sistemos diegimą – EMS. Derėtų Lietuvoje pradėti vykdyti eksperimentinius krovinių gabenimus su EMS. Nereikėtų užmiršti, kad ruošiant naujus sausumos kelius, reikia įvertinti tai, ar jais būtų galima leisti važinėti „EuroCombi“ junginiams. Taip pat vertėtų atlikti kelių monitoringą ir įvertinti esamą kelių būklę bei patvirtinti ar paneigti tų kelių eksploatavimą naujaisiais junginiais.

## Literatūra

1. Baublys, A. *Krovinių vežimai*. Vilnius: Technika, 2002. 431 p.
2. Minelga, R. *Krovinių transporto sistema: mokomoji priemonė*. Vilnius: Vilniaus universitetas, 1998. 138 p.
3. *European Commission*. Prieiga internetu: [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/index.php/Freight\\_transport\\_statistics](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Freight_transport_statistics). Peržiūrėta 2012 01 10.

4. Internetinis žurnalas. *Transporto pasaulis*. Prieiga internetu: [http://www.tp.cargo.lt/content.php?art\\_id=2121](http://www.tp.cargo.lt/content.php?art_id=2121). Peržiūrėta 2012 01 11.
5. Internetinis žurnalas. *Transporto pasaulis*. Prieiga internetu: [http://www.tp.cargo.lt/content.php?art\\_id=2190](http://www.tp.cargo.lt/content.php?art_id=2190), [http://www.tp.cargo.lt/content.php?art\\_id=2145](http://www.tp.cargo.lt/content.php?art_id=2145). Peržiūrėta 2012 01 12.
6. Internetinis žurnalas. *Transporto pasaulis*. Prieiga internetu: [http://www.tp.cargo.lt/content.php?art\\_id=2113](http://www.tp.cargo.lt/content.php?art_id=2113). Peržiūrėta 2012-01-16).
7. LR Susisiekimo ministerija. *Ilgalaikė iki 2025 metų Lietuvos transporto sistemos plėtros strategija*. Prieiga internetu: [http://www.transp.lt/lt/veikla/planavimo\\_dokumentai/ilgalaike\\_iki\\_2025\\_metu\\_lietuvos\\_transporto\\_sistemos\\_pletros\\_strategija\\_/ilgalaike\\_iki\\_2025\\_metu\\_lietuvos\\_transporto\\_sistemos\\_pletros\\_strategija/](http://www.transp.lt/lt/veikla/planavimo_dokumentai/ilgalaike_iki_2025_metu_lietuvos_transporto_sistemos_pletros_strategija_/ilgalaike_iki_2025_metu_lietuvos_transporto_sistemos_pletros_strategija/)(Peržiūrėta 2012 01 22).
8. *Trailer body builders*. Prieiga internetu: [http://trailer-bodybuilders.com/mag/trucks\\_eurocombi\\_coming/](http://trailer-bodybuilders.com/mag/trucks_eurocombi_coming/). Peržiūrėta 2012 01 24.

## Research of the Modular Autotrain Use in Lithuania

Saulius Tamošaitis, Dovilė Sevelevičiūtė  
*Klaipėda State College*

All over Europe during the last few years debates is going around about using the next generation of road freight transport units. The continuous conversation is going not just about fuel-efficiency, by engines which using less fuel, but also about fuel itself being more environmentally friendly. Fuel is becoming more eco-friendly with lower emissions of harmful exhaust gases which goes out into the atmosphere and at the same time being less harmful to the people's health. However, most of the debates part emphasis how to make possible simultaneously increase the cargo volumes (tones, m<sup>3</sup>, containers) without making too excessive unrealistic and uncontrollable revolution in the field of road freight transport.

The article analyzes the possibility by applying combination of modular road trains to the Lithuanian market evaluating the experience of European Union countries.

# ALTERNATYVIŲJŲ DEGALŲ PANAUDOJIMO ŠALIES AUTOTRANSPORTE TYRIMAS

Jūratė Liebuviene, Sigutė Ežerskienė

Klaipėdos valstybinė kolegija, Jaunystės g. 1, Klaipėda

**Anotacija.** Kasmet didėjantis transporto priemonių skaičius Lietuvoje ir miestų užterštumas išmetamosiomis dujomis, kylančios degalų ir siūlomų paslaugų kainos transporto sektoriuje žmones verčia ieškoti alternatyvių produktų. Lietuvos miestuose perspektyvus automobilių transporte skystųjų naftos produktų sąnaudų mažinimo būdas yra alternatyviųjų degalų naudojimas vidaus degimo varikliuose. Alternatyvieji degalai – tai ne tik tradicinių išteklių gaunami skystieji ir dujiniai degalai. Alternatyviems degalams, naudojamiems autotransporte, priskiriami visų rūšių degalai, išskyrus mineralinės kilmės degalus: benzina ir dyzelina. Daugelis alternatyviųjų degalų savo fizinėmis, cheminėmis ir eksploatacinėmis savybėmis labai skiriasi nuo tradicinių benzininių ir dyzelinių degalų, todėl norint juos praktiškai pritaikyti, reikia keisti variklių technines charakteristikas ir pačios transporto priemonės eksploatavimą. Pagrindinės alternatyviųjų degalų rūšys, kurios yra pritaikomos Lietuvos rinkoje, yra vandenilis, gamtinės dujos, biodyzelinas, bioetanolis, tačiau šios rūšys nėra tinkamai išplėtos, todėl būtina jas išanalizuoti.

Straipsnyje analizuojamos biodegalų rūšys, jų gamyba ir panaudojimas Lietuvoje, biodegalų ekonominiai rodikliai bei biodegalų gamybos skatinimo būdai.

**Raktiniai žodžiai:** alternatyvieji degalai, gamtinės dujos, biodyzelinas, bioetanolis.

## Įvadas

Pasaulyje nuolat didėja energijos poreikis, tačiau turimi šaltiniai senka ir neatsinaujina, todėl neišvengiamai didėja kuro kainos. Poreikio spartus augimas skatina ieškoti kitų energijos šaltinių, kurie atsinaujintų, nebūtų kenksmingi gamtai ir, žinoma, būtų priimtinesnės kainos.

Europos Komisijos viceprezidentas Simas Kalas (Siim Kallas, 2009), atsakingas už transportą teigia: „Jeigu norime turėti patvarią transporto sistemą, būtina apsvarstyti alternatyviųjų degalų galimybę ir atsižvelgti į visų rūšių transportą“, tačiau alternatyviųjų degalų tema nepakankamai plėtojama. Lietuvos Respublikos biokuro, biodegalų ir bioalyvų įstatymas nurodo šių degalų naudojimo taisykles bei nurodo, jog Aplinkos, Energetikos, Susisiekimo, Švietimo ir mokslo bei Žemės ūkio ministerijos turi rengti visuomenės švietimo ir informavimo priemones, skatinančias naudoti alternatyviuosius degalus. Galima teigti, jog alternatyviųjų degalų vartojimo šalies autotransporte tema plėtojama teisine kryptimi, o iškilę praktiniai klausimai lieka neatsakyti. Taigi tyrimo problemą sudaro trys probleminiai klausimai.

Probleminiai klausimai: Kodėl būtina nagrinėti alternatyviųjų degalų vartojimą Lietuvoje? Koks alternatyviųjų degalų poreikis? Kaip plėtojama alternatyviųjų degalų vartojimo sistema?

Biodegalų gamybą ir naudojimą Lietuvoje skatina tarptautiniai įsipareigojimai, susiję su šiltnamio efektą skatinančių dujų emisijos mažinimu bei transporte naudojamų biodegalų kiekio didinimu. Įtakos turi ir nuolat didėjanti dyzelino paklausa, palyginus su benzinu, bei nuolat kintanti naftos, taip pat ir mineralinių degalų, kaina. Be to, plečiant biodegalų gamybą ir naudojimą, sukuriama papildoma darbo vietos žemės ūkyje ir perdirbimo pramonėje.

Objektas – alternatyvieji degalai: biodujos; bioetanolis; biodyzelinas.

Tikslas – atskleisti alternatyviųjų degalų vartojimą ir galimybes šalies autotransporte.

Uždaviniai:

- apibūdinti alternatyviuosius degalus, bei jų gamybą;
- įvertinti alternatyviųjų degalų panaudojimą Lietuvoje;
- nustatyti alternatyviaisiais degalais varomų automobilių skaičių Lietuvoje;
- įvertinti biodegalų privalumus, trūkumus ir neigiamas vartojimo pasekmes.

Darbo metodai: literatūros šaltinių analizė; statistinių duomenų analizė.

## Alternatyviųjų degalų samprata ir rūšys

Alternatyvieji degalai – tai ne iš tradicinių išteklių gaunami skystieji ir dujiniai degalai, – teigia Pikūnas (2010). Pagal pasaulinius standartus alternatyviems degalams, naudojamiems autotransporte, priskiriami visų rūšių degalai, išskyrus mineralinės kilmės degalus: benzina ir dyzelina. Pagal fizines ir chemines savybes bei saugojimo sąlygas transporto priemonių variklių alternatyvieji degalai gali būti skirstomi į 3 grupes:

1. Naftiniai degalai su nenaftinės kilmės priedais. Pagal eksploatacines savybes šie degalai yra artimi iš naftos distiliuotiems degalams.

2. Sintetiniai (dirbtiniai) skystieji degalai savo savybėmis artimi tradiciniams naftos degalams.

3. Nenaftiniai degalai fizinėmis ir cheminėmis eksploatacinėmis savybėmis, o kartais ir agregatine būseną visiškai skiriasi nuo tradicinių degalų.

Mankutė (2011) aiškina, kad biodegalai yra iš biomasės gaminamas kuras, paprastai naudojamas kaip



kuras transportui. Dyzelino ir benzino analogai – biodyzelinas ir bioetanolis – labiausiai paplitusios jo rūšys. Biodyzelinas paprastai gaminamas iš augalinių aliejų ar gyvulinės kilmės riebalų (Lietuvoje – iš rapsų aliejaus), o bioetanolis – iš krakmolo ar cukraus turinčių žaliavų (Lietuvoje – daugiausia iš kvietrugių ar kviečių).

Šiuo metu pasaulyje didžioji biodegalų dalis pagaminama iš maistinių kultūrų – javų, runkelių, sojų, cukranendrių, rapsų, palmių ir pan. „Antrosios kartos“ biokurą galima gaminti iš bet kokios biomasės, įskaitant šiukšles ir dumblis.

Sintetiniai degalai gali pakeisti dyzeliną bei aviacinį kurą. Jie gali būti gaminami iš skirtingų žaliavų, pavyzdžiui, biomasę, anglį, dujas verčiant į skystį.

Suskystintos benzino dujos yra šalutinis produktas, susidarantis angliavandenilių kuro grandinėje, šiuo metu išgaunamas iš naftos bei natūralių dujų. Ateityje numatoma išskirti šias dujas ir iš biomasės. Šiuo metu suskystintos benzino dujos kaip alternatyvus kuras plačiausiai naudojamas Europoje. Paskaičiuota, kad šiomis dujomis aprūpinta 27 tūkst. visuomeninių degalinių.

Skirtingas transportas – skirtingos alternatyviųjų degalų rūšys.

Zagorskis (2011) mano, kad kelių transportui nedideliams atstumams įveikti būtų galima naudoti elektros energiją, vidutinėms distancijoms – vandenilį, metaną arba sintetinius degalus, išgaunamus iš biomasės. O itin dideliems atstumams nuvažiuoti rekomenduojama naudoti biometaną bei suskystintas benzino dujas.

Daugelis alternatyviųjų degalų savo fizinėmis, cheminėmis ir eksploatacinėmis savybėmis labai skiriasi nuo tradicinių benzininių ir dyzelinių degalų, todėl norint juos praktiškai pritaikyti, reikės keisti variklių technines charakteristikas ir pačios transporto priemonės eksploatavimą. Kadangi Lietuva beveik visiškai priklauso nuo naftos importo, taupant jos sąnaudas, tikslinga naftinės kilmės degalus pakeisti kitais, iš vietinių atsinaujinančių išteklių išgaunamais degalais.

Doc. dr. **Alvydas Pikūnas išskiria šias alternatyviųjų degalų rūšis:** vandenilis; gamtinės dujos; biodyzelinas; bioetanolis.

Jasinskas ir Liubarskis (2003) teigia, jog alternatyva iškastiniam kurui – biodegalai. Biodegalai – biokuras, tinkamas naudoti vidaus degimo varikliuose kaip degalai. Biokuras – iš biomasės pagaminti degūs dujiniai, skystieji ir kietieji produktai, naudojami energijai gaminti. Biodegalų gamybos ir naudojimo klausimais Lietuvoje intensyviau buvo pradėta domėtis pastarąjį dešimtmetį. Iki tol pavieniai entuziastai vykdė teorinius tyrimus, o išvados dažnai buvo prieštaringos ir, neskaitant kai kurių išimčių, dažnai buvo orientuojamos į tendencingai neigiamas.

Remiantis praktiniais tyrimų rezultatais ir literatūrinės medžiagos analize, buvo konstatuojama, kad biodegalai šalyje neturi ateities. Tik nuolat griežtėjantys aplinkosaugos reikalavimai ir beveik nepalaujami kylančios energijos išteklių kainos vėl privertė prisiminti biodegalų gamybos ir naudojimo galimybių tyrimus.

## Alternatyvieji degalai ir jų gamyba Lietuvoje

### Biodujos

Pagrindiniu biodujų gamybos žaliavų šaltiniu Lietuvoje yra gyvulių mėšlas. Didžiausią biodujų gamybos potencialą turintys kiaulių kompleksai pastaruoju metu modernizuojami ir plečiami.

Todėl didžiausią perspektyvą statyti biodujų jėgaines turi stambūs ūkiai, naudojantys bekrakes gyvulių ir paukščių laikymo technologijas bei turintys didelius šiluminės energijos poreikius. Biodujų jėgainėse perdirbus apie 30% gyvulių ir paukščių mėšlo, galima pagaminti apie 50 mln. kubinių metrų biodujų, kurių energetinė vertė – apie 300 GWh.

Biodujų gamybai gali būti naudojama energetinių augalų (liucernos, nendrinio dryžučio, ožiarūčio ir pan.) biomasė. Viename pievų hektare galima išauginti iki 40 tonų žaliosios masės arba 8–10 tonų sausosios masės. Anaerobinei biokonversijai paskyrus 10 tūkstančių ha pievų, per vieną sezoną galima išgauti apie 30 mln. m<sup>3</sup> biodujų, turinčių 190 mln. kWh energetinį potencialą.

Tikslinga plėtoti biodujų gamybą iš gyvūninės kilmės šalutinių produktų, susidarantių skerdyklose, mėsinėse, odų perdirbimo įmonėse.

Nemažą energetinį potencialą turi spirito žlaugtai ir pieno išrūgos, rapsų ir cukrinių runkelių išspaudos, alaus gamybos atliekos, virti arba žemos kokybės vaisiai ir daržovės, panaudotas aliejus, konservų, vyno, salyklo, uogienių, šokolado atliekos, pieno, sūrių, ledų, žuvies gamybos atliekos ir nuotekos (Lietuvos biomasės energetikos asociacija, Lietuvos atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo skatinimo veiksmų planas 2010–2020 m.).

Biodujas gaminančios įmonės. Pirmieji biodujų reaktoriai (metantankai) Lietuvoje buvo pastatyti dar aštuntajame dešimtmetyje. Lietuvoje veikiančios biodujų jėgainės: Utenos vandenys, Kauno vandenys, Kauno energija, Lekėčiai, Rokiškio sūris, Aukštaitijos vandenys. Šių jėgainių reaktorių talpa siekia 27000 m<sup>3</sup>.

Apibendrinant galima pastebėti, kad pagrindiniai biodujų gamybos pajėgumai yra sutelkti vandenvalos įmonėse. Šiose įmonėse įrengtų biodujų reaktorių talpa viršija 23 tūkst. m<sup>3</sup>, o energetinių įrenginių elektrinė galia yra apie 2 MW, šiluminė galia – daugiau negu 6,5 MW.

Remiantis dabartine ES šalių praktine patirtimi (Švedija) yra techninių galimybių iš pagamintų biodujų pašalinti anglies dioksidą ir gautas metano dujas naudoti degalams motorinėse transporto priemonėse arba tiekti į gamtinių dujų tinklus. Europoje pripažįstama, kad ši technologija yra viena pažangiausių, nes sudaro galimybes naudoti gryną metaną biodegalams, yra galimybė naudoti sintetinių degalų gamybai, lengviau ir efektyviau pagamintas dujas kaupti.

### Bioetanolis

Jasinskas ir Liubarskis (2003) teigia, jog bioetanolis – tai denatūruotas dehidratuotas etilo alkoholis, gaunamas distiliacijos būdu fermentuojant žemės ūkio kilmės

žaliavas. Gaunamas etilo alkoholis dehidratuojamas, t. y. pašalinamas drėgmės perteklius ir denatūruojama bešviniu benzinu. Paprastai jis 5% santykiu maišomas su benzinu ir gali būti varomas įprastuose nemonifikuotuose varikliuose. Modifikuotuose varikliuose, prisiderinančiuose prie degalų, bioetanolio dalis gali sudaryti iki 85% ar net iki 100% visų degalų kiekio.

Benzino mišiniuose būna 15%, 25% ir 85% etanolio. Tokie degalai žymimi 98 E15, 98 E25 ir E85. Lietuvoje 2007 m. buvo pradėta prekiauti E85 rūšies degalais. Tačiau juos galima naudoti tik specialios konstrukcijos varikliuose. Tokie varikliai, pritaikyti naudoti bioetanolį, nuo 2003 m. diejami Amerikoje. Europoje pirmieji automobiliai „Volvo“ su tokio tipo varikliais pradėti gaminti tik 2007 m. Jau parduodami ir gamykliniai, bioetanolio varomi automobiliai (pažymėti ženklų „Flex-Fuel“).

Bioetanolio žaliava bulvės, kurių nuo 2008 m. pradžios iki 2011 m. pabaigos, sodinama vis mažiau, tačiau derlingumas yra gana aukštas. Lietuvoje išgaunamas nemažas cukrinių runkelių derlingumas.

Remiantis statistikos departamento duomenimis, galima teigti, kad naudingiausia pirmosios kartos bioetanolį gaminti iš cukrinių runkelių, nes bioetanolio išeiga ir energijos kiekis, gaunamas iš 1 ha, pats didžiausias – 80 GJ/ha. Tam, kad pagamintume 100 tūkst. tonų bioetanolio, reikėtų 35,7 tūkst. ha runkelių, skaičiuojant pagal prancūzišką modelį – 50% javų, 50% runkelių.

Bioetanolį gaminančios įmonės. Žaliavos paruošimo technologija priklauso nuo perdirbamos biomasės rūšies ir savybių. Pristatytą žaliavą tenka valyti (atskirti įvairias priemaišas) ir smulkinti. Paskui biomasė hidrolizuojama ir fermentuojama. Šio proceso metu iš cukringųjų žaliavų išsiskiria cukrus, o iš krakmolo ar celiuliozės – monosacharidai, iš kurių bakterijos ar fermentai išskiria etanolį ir anglies dvideginį. Etanolis atskiriamas distiliavimo būdu.

Lietuvoje bioetanolį gamina šios įmonės: UAB „Biofuture“, UAB „Arvi cukrus“, UAB „Leo ir Co“, UAB „Nordetanolis“, UAB „Pasvalio agrochemija“. Gamybiniai pajėgumai šių įmonių 200 tūkst. tonų per metus.

### **Biodyzelinas**

Biodyzelinas – atsinaujinantys alternatyvieji degalai, gaminami iš įvairiausių augalinių aliejų ar sojų pupelių. Jis gali būti naudojamas visų tipų dyzeliniuose varikliuose. Biodyzelinas yra švaresnis, nei standartinis naftos dyzelinas. Kadangi biodyzelinas gali būti gaminamas lokaliai, tai svarbu šalių, kurios neturi savo gamtinių energetinių išteklių, ekonomikai, nes mažina priklausomybę nuo naftos atsargomis disponuojančių valstybių. Biodyzelinas yra vienas iš atsinaujinančių degalų, kuris gali būti gaminamas namų sąlygomis ir lengvai integruojamas į transporto infrastruktūrą. Taigi biodyzelinas gali būti pagamintas iš daugelio augalinių aliejų ir yra jų spiritingis esteris: rapsų aliejus, medžių derva (sakai), sojos alyva, hidratuota sojos alyva, riebalai.

Biodyzelino gamybai reikalingi ingredientai yra: augalinis aliejus, spiritas (dažniausiai etanolis arba metanolis), hidroksido katalizatorius (dažniausiai NaOH arba KOH).

Aliejaus gamybai gali būti naudojamas žalias, rafinuotas, hidratuotas, hidratuotas ir neutralizuotas aliejus. Augalinės kilmės aliejus yra peresterinamas metanolio. Peresterinimo proceso parametrai, katalizatoriai ir jų kiekis priklauso nuo žaliavos sudėties ir kokybės. Esterinimas suskaido kompleksinius gliceridus į nesudėtingus junginius ar molekules. Be to, sumažinama aliejaus klampa ir lydymosi temperatūra. Biodyzelino gamybai naudojami rūgštiniai arba šarminiai katalizatoriai. Rūgštinė katalizė vyksta aukštos temperatūros aplinkoje, todėl padidina energijos sąnaudas. Naudojant šarminius katalizatorius (kalio ar natrio šarmą), energijos sąnaudos sumažėja kelis kartus, todėl pastaruoju metu biodyzelino gamyboje dažniau naudojama šarminė katalizė.

Kitas biodyzelino gamybos šalutinis produktas – glicerolis gali būti naudojamas kosmetikos, muilo, farmacijos, maisto ir gėrimų, celiuliozės, tabako, esterų gamyboje, tačiau kitų gaminių gamybai reikalinga tam tikros sudėties glicerolio fazė. Glicerolio grynimui būtinos papildomos materialiosios sąnaudos, kurios atsipirka, esant tam tikrai gamybos apimčiai. Esant ribotoms galimybėms glicerolį galima naudoti kaip žaliavą pramonėje, jis naudojamas kurui, sumaišius su kitomis kuro rūšimis, arba biodujų gamybai. Nors biodyzelinas gaminamas iš augalinių aliejų, jie savo savybėmis labai panašūs į dyzeliną, gaunamus iš naftos, todėl gali būti maišomi bet kokių santykiu.

Biodyzeliną gaminančios įmonės. Lietuvoje biodyzeliną gamina šios įmonės: UAB „Rapsoila“, UAB „Arvi cukrus“, KB „SV Obeliai“, UAB „Mestila“, UAB „Baltijos dyzelino centras“. Gamybinis pajėgumas minėtų įmonių išaugo iki 204 tūkst. tonų metilo esterio ir metus. Tokiam biodyzelino kiekiui (2010 m.) pagaminti reikėtų apie 600 tūkst. tonų rapsų sėklų.

### **Kuro ir energijos gavimas ir sunaudojimas Lietuvoje**

Lietuvoje dar nėra biodegalų gamybos tradicijų ir patirties. Biodegalų pramonės kūrimas Lietuvoje buvo pradėtas praktiškai organizuojant pramoninę biodyzelino ir bioetanolio gamybą, lygiagrečiai kuriant įstatyminės bazės pagrindus.

Šiuo metu Mažeikių rajone, Ukričių kaime pastatyta ir jau veikia moderni, pakankamai šiuolaikinė kompiuterizuota RME gamykla „Rapsoila“, kurioje yra trys cechai – grūdų, aliejaus spaudimo ir metilo esterio (RME) gamybos. Numatoma, kad dirbdama visu pajėgumu „Rapsoilos“ gamykla per metus pajėgi perdirbti iki 30 tūkst. tonų rapsų sėklų ir pagaminti apie 10 tūkst. tonų metilo esterio, atitinkančio ES bei Lietuvos standartus. Į metilo esterio gamyklą investuota keliolika milijonų litų. Ateityje, plečiantis biodyzeli-

no vartojimo rinkai, yra numatytos galimybės didinti gamybos apimtį, o tam prireiks papildomų investicijų, kurios preliminariais vertinimais, gali sudaryti dar keletą milijonų litų.

Pagrindinė žaliava biodyzelino gamybai Lietuvoje yra rapsų sėklos. Esant rapsų derlingumui apie 2,0 tonas iš hektaro, iš šio kiekio galima pagaminti iki 640 kg RME (apie 320 kg iš 1 t rapsų sėklų).

Lietuva už prieinamą kainą (900–1200 Lt/t) gali importuoti žalią aliejų iš Ukrainos, su kuria sudaryta laisvosios prekybos sutartis. Tačiau šie klausimai turi būti sprendžiami kompleksiskai, gamintojų ir šalies atsakingų institucijų lygiu, visapusiškai apsvarsčius visus su tuo susijusius probleminius aspektus. Viena iš diskutuotinų sąlygų galėtų būti glicerino panaudojimo problemos sprendimas.

Bioetanolį Lietuvoje gali gaminti Šilutės spirito gamykla, priklausanti AB „Stumbras“. Jos pajėgumas – 10 tūkstančių tonų bioetanolio per metus. UAB „Rapsoila“ taip pat svarsto galimybę pasistatyti bioetanolio gamybos cechą.

Lietuvoje bioetanolį nenumatoma maišyti su benzinu. Tačiau Europos Sąjungos valstybėse bioetanolio ir benzino mišiniai naudojami. Lietuvoje bioetanolis bus naudojamas bioetiltretbutileteriui (ETBE) gaminti. Šis biodegalas ir bus įmaišomas į benziną. Lietuva turėtų remtis užsienio valstybių patirtimi ir diegti ETBE gamybą.

2008 m. biodegalai (biodyzelinas, bioetanolis, bio-ETBE) sudarė 4,3 proc. nuo bendro benzino ir biodyzelino sunaudoto transporte kiekio. Pagrindinė žaliava naudojama biodegalams gaminti yra rapsų ir javų grūdai. Transporto sektoriuje biodegalų dalį šalies degalų, skirtų transportui, rinkoje 2020 m. numatoma padidinti iki 15 procentų.

Akivaizdžiai pastebima, kad beveik visos Lietuvoje pagaminamo biodegalų kuro ir energijos rūšys yra naudojamos tik transporto sektoriuje, išskyrus biodujas (1 lentelė). Biodujos yra gaminamos mūsų šalyje, tačiau jos nėra pritaikytos transporte.

### Alternatyviu kuru varomų transporto priemonių skaičius Lietuvoje

Alternatyvieji degalai buvo naudojami Lietuvoje ir anksčiau. Prieškarinėje Lietuvoje buvo priimtas įstatymas į benziną pilti iki 20% etilo spirito. Tačiau tų laikų

automobilių varikliai buvo lėtaeigiai, nesudėtingi ir jokių mokslinių tyrimų šioje srityje nebuvo atlikta.

Išsamesnius tyrimus, naudojant benzino ir spirito mišinius vidaus degimo varikliuose, atliko Vilniaus Gedimino technikos universiteto mokslininkai.

Jasinskas ir Liubarskis (2003) nustatė, kad mūsų klimatinėmis sąlygomis, ypač žiemos metu, varikliai sunkiai užvedami, nes spiritas traukia drėgmę. Dirbant su benzino-spirito mišiniu padidėja degalų sąnaudos, 10% padidėja detalių korozija, be to, spiritui gauti sunaudojama praktiškai tiek pat energijos, kiek jos gaunama jam sudegus.

Pirmą kartą bioetanolis buvo panaudotas JAV 1860 metais. Vokietijoje jis buvo pradėtas naudoti 1925 metais. Lietuvoje – dešimtmečiu vėliau. Antrojo pasaulinio karo metu 10% etanolio buvo maišoma su benzinu. Po karo etanolio populiarumas krito dėl atpigusių mineralinių degalų. Be to, etanolis yra svarbiausias komponentas gaminant benziną gerinančius priedus, o svarbiausias biodegalų su etanoliumi pranašumas, palyginti su tradiciniais degalais, yra tas, kad jie mažina atmosferą teršiančių medžiagų kiekį.

2011 metais lengvųjų automobilių skaičius sudarė 88% visų transporto priemonių, tuo tarpu viešojo transporto priemonių skaičius buvo itin mažas, troleibusai sudarė 0,02%, o autobusai 0,3% šalies autotransporto skaičiaus. Krovinių automobilių paplitimas yra reikšmingas, kadangi tai pagrindinė priemonė plėtojant verslą. Šie automobiliai sudaro 8,9%, o kitos transporto priemonės sudaro 2,78%. Kelių transporto priemonių lentelėje yra nurodyta, jog lengvųjų automobilių skaičius auga.

Išanalizavus statistinius duomenis, galima daryti išvadas, kad nuo 2010 m. kovo mėnesio pradžios iki 2011 m. kovo mėnesio pabaigos:

- lengvųjų automobilių, varomų alternatyviaisiais degalais, užregistruota 53 vienetai;
- autobusų, varomų alternatyviaisiais degalais, užregistruota 14 vienetai;
- krovinių automobilių, varomų alternatyviaisiais degalais, užregistruota 3 vienetai.
- puspriekabių vilkikų neužfiksuota. Dominuoja vien tik dyzelinu varomų puspriekabių vilkikų skaičius (pirmą kartą užregistruotų).
- specialiųjų automobilių neužfiksuota.

Remiantis Statistikos departamento pateiktais duomenimis galima teigti, jog didžioji dalis bioetanolio

1 lentelė. Alternatyviųjų degalų sunaudojimas transporte

| Kuro ir energijos rūšis                            | Metai |       |       |        |        |       |       |
|--|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
|  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007   | 2008   | 2009  | 2010  |
| Benzinas (su biodegalais), tūkst. tonų             | 340,7 | 335   | 359,3 | 432,6  | 433,1  | 381,7 | 306,7 |
| Bioetanolis, tūkst. tonų                           | 0,1   | 0,9   | 2,7   | 7,4    | 12,3   | 14,6  | 10,4  |
| Bio- ETBE (etil-tercijo-butil-eteris), tūkst. tonų | –     | –     | 5,5   | 10,4   | 11,9   | 0,3   | 0,1   |
| Dyzelinas (gazoliai) (su biodegalais), tūkst. tonų | 694,9 | 760,5 | 828,6 | 1021,8 | 1047,6 | 864,8 | 980,3 |
| Biodyzelinas-metilo (etilo esteris), tūkst. tonų   | 0,8   | 3,2   | 15,8  | 47,6   | 51,8   | 37,8  | 34,8  |
| Biodujos, mln. kubinių metrų                       | –     | –     | –     | –      | –      | –     | –     |



ir biodyzelino yra suvartojami kaip sudedamoji dalis benzine ir dyzeliniuose degaluose. Akcentuotina, jog vandenilis priskiriamas alternatyviems degalams, tačiau Statistikos departamentas duomenų apie jo suvartojamus kiekius nepateikia, todėl galima teigti, jog vandenilis nėra paplitęs Lietuvoje kaip degalų rūšis.

## Biodegalų privalumai ir trūkumai

Palijanskas (2010) apibūdino biodegalų sektoriaus tiesioginę naudą Lietuvai:

- energetiniai augalai – alternatyva žemdirbiams, kuri didina jų ir tuo pačiu Lietuvos biudžeto pajamas;
- perdirbama žemės ūkio žaliava kuria pridėtinę vertę bei didina biudžeto pajamas (iki atsirandant biodegalų pramonei buvo eksportuojama žaliava);
- eksporto pajamos prisideda prie teigiamo Lietuvos importo-eksporto balanso. Vartojimas Lietuvoje dar nėra pakankamai išvystytas, todėl iki 70% biodegalų eksportuojama;
- lietuviški biodegalai turi potencialą ženkliai sumažinti priklausomybę nuo iškastinių energijos išteklių, sektoriaus vystymas 2020 m. galėtų pakeisti iki 20% Lietuvoje sunaudojamų degalų;
- vykdomi pagal ES direktyvas keliami aplinkosauginiai bei kiti reikalavimai dėl biodegalų privalomo naudojimo, kuris turėjo būti ne mažesnis kaip 5,75% 2010 m., o 2020 m. turi išaugti iki 10%.

Kazamekas (2006) išskiria šiuos biodegalų privalumus:

- augančios mineralinių degalų kainos. ES reikalavimai diegti ir plėtoti atsinaujinančios energijos naudojimą, griežtėjantys aplinkosauginiai reikalavimai susiję su šiltnamio efektą sukeliančių emisijų bei atliekų mažinimu, verčia kuo plačiau panaudoti vietinius atsinaujinančios energijos išteklius, tarp jų ir biodegalus;
  - įgyvendinama tolygios plėtros strategija subalansuoja šalies ekonominį augimą su socialiniu progresu ir aplinkosaugos priemonių sistema;
  - galimybė panaudoti vietinius energijos išteklius, tuo sumažinant importuojamų mineralinių išteklių naudojimą;
  - galimybė plėtoti žemės ūkį, negaminant maisto produktų;
  - vietinių atsinaujinančių energijos išteklių įsisavinimas sumažina ūkio subjektų priklausomybę nuo mineralinių išteklių ir padeda išvengti pasekmių, susijusių su energijos aprūpinimo sutrikimais.
- Kazamekas (2006) išskiria biodegalų trūkumus:
- nesukurta žaliavų ir biodegalų gamybos bei naudojimo skatinimo sistema;
  - nėra susiformavusi biodegalų rinka, šalies degalų gamybos ir prekybos įmonės nėra suinteresuotos naudoti biodegalus;
  - neskatinamos įmonių investicijos į atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo technologijų plėtrą;

- žemesnio rango teisės aktai (standartai, taisyklės ir pan.) neskatina biodegalų patekimo į rinką.

## Neigiamos biodegalų vartojimo pasekmės

Dažniausiai kalbant apie biodegalus yra atskleidžiamos teigiamos šio kuro savybės ir pranašumai lyginant juos su mineraliniais degalais. Tačiau ekspertai ir mokslininkai skelbia ir apie neigiamas biodegalų vartojimo pasekmes.

Jacobsenas (2009) skelbia, kad iš kukurūzų, grūdinių kultūrų gaminami degalai gali būti daug kenksmingesni plaučiams nei įprastas benzinai ar dyzelis. Jei visi automobiliai būtų varomi tokiais biodegalais, dėl oro taršos kylančių mirčių skaičius išaugtų 4%. Tyrimo rezultatai rodo, kad etanolio dūmai kenkia ne ką mažiau. Jacobsenas (2008) kompiuteriu atliko oro kokybės simuliacijas. Vienu atveju buvo imituojamos oro sąlygos esant benzinu varomų automobilių daugumai, kitu – etanoliumi. Kompiuterinė oro taršos simuliacija parodė, kad etanoliumi varomi automobiliai sukeltų daugiau ir didesnę smogą nei benzininiai.

Didžiuoliais kiekiais auginamos biodegalų gamybai reikalingos žemės ir miškų ūkio kultūros kelia grėsmę natūraliai ekosistemų pusiausvyrai: gali sumažėti biologinė įvairovė, o didėjantis žemės poreikis būtų patenkinamas naikinant natūralias buveines. Siekiant didinti derlių naudojamas neadekvatus dirbtinių trąšų ir chemikalų kiekis sukeltų dirvos eroziją, požeminių ir paviršinių vandenų taršą. Didėjant alkoholio kiekiui degaluose, didėja ir garų slėgis, dėl to intensyviau garuoja degalai ir formuojasi kenksmingasis pažemio ozonas, galintis dirginti kvėpavimo takus, sukelti kvėpavimo sutrikimus ar net pažeisti plaučius.

Biodegalų gamyba mažina aplinkos teršimą, tačiau gali padidinti badaujančių žmonių skaičių pasaulyje.

Didėjanti etanolio paklausa reiškia, kad vis daugiau kukurūzų ir javų bus sunaudota gaminant biodegalus, o ne maisto produktus. Didėjanti paklausa kelia ir kainas ne tik pačių javų ir kukurūzų, bet ir kitų kultūrų kainas, pavyzdžiui, ryžių. Kadangi javai sudaro didelę dalį gyvulių pašaro neišvengiamai brangsta gyvuliniai produktai. Įvairių mokslinių institutų skaičiavimais, išliekant dabartinėms tendencijoms, iki 2015 m. javų kainos pasaulinėse rinkose padidės 20 proc., o iki 2020 m. – 41 proc. Panašus augimas prognozuojamas ir sojos pupelėms, rapsams bei saulėgrąžoms.

Pasaulio banko skaičiavimais, pasaulyje gyvena beveik 3 mlrd. žmonių, kurie per dieną išleidžia mažiau nei 2 dolerius, todėl net mažiausias maisto produktų kainų padidėjimas gali sukelti rimtą katastrofą. 2025 m. pasaulyje badaus apie 1,2 mlrd. žmonių – 600 mln. daugiau nei buvo prognozuojama. Galime teigti, kad javų naudojimas etanolio gamybai sumažina aplinkos teršimą, tačiau maistinių produktų kainų didėjimas ateityje atsvers teikiamą naudą.

Tačiau daugelyje ES valstybių didieji naftos perdir-



bimo koncernai, kurie, kaip taisyklė, kontroliuoja ir galutinį degalų paskirstymą – degalinių tinklus – arba pasinaudojo biodegalais, susižerdami didžiąją dalį iš jų gaunamo pelno, arba tiesiog blokavo kai kurių biodegalų rūšių priėjimą prie vartotojo.

## Išvados

1. Alternatyviųjų degalų rūšys naudojamos Lietuvoje yra: biodujos, biodyzelinas, bioetanolis. Lietuvoje veikia 6 biodujų jėgainės. Bioetanolį gamina 5 įmonės, jų pajėgumas 200 tūkst. tonų per metus. Biodyzeliną gamina 5 įmonės, kurių pajėgumas 204 tūkst. tonų metilo esterio per metus. Bioetanolio per metus Lietuvoje sunaudojama 10,4 tūkst. t, biodyzelino – 34,8 tūkst. t, biodujų transporto sektorius nenaudoja.

2. Lietuvoje alternatyviaisiais degalais varomų transporto priemonių yra: 300 lengvųjų automobilių, 568 autobusai, 8 krovininiai automobiliai, 1 pusprickabės vilkikas, 97 specialūs automobiliai.

3. Sėkmingam biodegalų gamybos sektoriaus šalyje sukūrimui ir vystymui, būtina LR Vyriausybės parama sudarant ilgalaikę valstybinę veiksmų programą, apimančią visus alternatyviųjų degalų gamybos, paskirstymo ir vartojimo dalyvius. Remiantis Vakarų Europos šalių patirties analize, biodegalų pramonės dalyviams būtina sukurti ir realiai taikyti efektyvaus ekonominio skatinimo priemones.

4. Biodegalai yra kur kas agresyvesnis kuras nei tradicinis, tad juos vartojančioms transporto priemonėms reikia daugiau priežiūros. Todėl išlaidos susidaro didžiulės, tuo tarpu alternatyviųjų degalų kainos nėra daug mažesnės nei tradicinių degalų.

## Literatūros sąrašas

1. Mankutė E., Zagorskis S. Intensyviai ieškoma alternatyvų tradiciniam kurui.// Agroakademija – pasaulyje, 2011, vasario 24 d. [interaktyvus]. [žiūrėta 2011-12-29]. Prieiga per internetą: <http://www.agroakademija.lt/pasaulyje/?SID=151>
2. Tomas Labžentis, Cargo news, straipsnis „Alternatyvūs degalai: privalumai ir trūkumai“, 2010 m. lapkričio 29 d., [interaktyvus]. [žiūrėta 2011-12-19]. Prieiga per internetą: <http://www.cargonews.lt/Pages/NewsItem.aspx?itemId=8797&hash=>
3. Internetinis puslapis apie automobilių naujienas, straipsnis „Emissions: gasoline-vs-diesel-vs-bioethanol“, [interaktyvus]. [žiūrėta 2011-12-11]. Prieiga per internetą: <http://www.autoevolution.com/news/emissions-gasoline-vs-diesel-vs-bioethanol-3657.html>
4. Internetinis puslapis apie biodegalus, straipsnis „Bioethanol and biodiesel“, [interaktyvus]. [žiūrėta 2011-12-11]. Prieiga per internetą: <http://www.nextgreencar.com/biofuels.php>
5. Department for transport; policy, guidance and research, straipsnis „International resource costs of biodiesel and bioethanol“, [interaktyvus]. [žiūrėta 2011-12-11]. Prieiga per internetą: [arch/cqvcf/internationalresourcecostsof3833?page=6

  6. Mestila. <http://www.mestila.lt>; \[interaktyvus\]. \[žiūrėta 2011 12 25\]. Prieiga per internetą: \[www.mestilla.lt/lt/gamyba\]\(http://www.mestilla.lt/lt/gamyba\)
  7. Lietuvos žemės ūkio universitetas. <http://www.lzuu.lt>; \[interaktyvus\]. \[žiūrėta 2011 12 25\]. Prieiga per internetą: \[http://www.lzuu.lt/nm/l-projektas/Atsinaujinantys\\\_agrariniai/17.htm\]\(http://www.lzuu.lt/nm/l-projektas/Atsinaujinantys\_agrariniai/17.htm\)
  8. Biodujos. <http://www.lei.lt>; \[interaktyvus\]. \[žiūrėta 2011 12 25\]. Prieiga per internetą: \[http://www.lei.lt/\\\_img/\\\_up/File/atvir/bioenerlt/index\\\_files/Biodujos\\\_bros-SVVVV.pdf\]\(http://www.lei.lt/\_img/\_up/File/atvir/bioenerlt/index\_files/Biodujos\_bros-SVVVV.pdf\)
  9. Sąvartynų dujos ir jų naudojimas. <http://www.lei.lt>; \[interaktyvus\]. \[žiūrėta 2011 12 25\]. Prieiga per internetą: <http://www.lei.lt/Opet/pdf/Vrubliauskas.pdf>
  10. S. Vrubliauskas. <http://www.lei.lt>; \[interaktyvus\]. \[žiūrėta 2011 12 25\]. Prieiga per internetą: <http://www.lei.lt/Opet/pdf/Vrubliauskas.pdf>
  11. Lietuvos žemės ūkio universitetas. <http://www.lzuu.lt>; \[interaktyvus\]. \[žiūrėta 2011 12 25\]. Prieiga per internetą: <http://www.lzuu.lt/nm/l-projektas/atliekutvarkymas/17.htm>
  12. Biofuel. <http://www.biofuell.eu>; \[interaktyvus\]. \[žiūrėta 2011 12 25\]. Prieiga per internetą: \[http://www.biofuell.eu/index.php?option=com\\\_content&view=article&id=46&Itemid=54&lang=lt\]\(http://www.biofuell.eu/index.php?option=com\_content&view=article&id=46&Itemid=54&lang=lt\)
  13. Biodegalų asociacija. <http://biodegalai.lt>; \[interaktyvus\]. \[žiūrėta 2011 12 25\]. Prieiga per internetą: <http://biodegalai.lt/biodegalai-kas-tai/biodegalai-privalumai-ir-trukumai.html>
  14. Etransporter. <http://www.etransporter.lt> \[interaktyvus\]. \[žiūrėta 2011 12 20\]. Prieiga per internetą: <http://www.etransporter.lt>
  15. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. <http://vddb.library.lt>; \[interaktyvus\]. \[žiūrėta 2011 12 20\]. Prieiga per internetą: \[http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001-E.02~2008~D\\\_20080722\\\_134431-78542/DS.005.0.02.ETD\]\(http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001-E.02~2008~D\_20080722\_134431-78542/DS.005.0.02.ETD\)
  16. Lietuvos žemės ūkio universitetas. <http://www.lzuu.lt>; \[interaktyvus\]. \[žiūrėta 2011 12 20\]. Prieiga per internetą: \[http://www.lzuu.lt/nm/l-projektas/Atsinaujinantys\\\_agrariniai/17.htm\]\(http://www.lzuu.lt/nm/l-projektas/Atsinaujinantys\_agrariniai/17.htm\)
  17. Lietuvos mokslų akademija. <http://www.lmaleidykla.lt>; \[interaktyvus\]. \[žiūrėta 2011 12 20\]. Prieiga per internetą: <http://www.lmaleidykla.lt/publ/1392-0200/2008/4/40-52.pdf>
  18. Statistikos departamentas, Rodiklių duomenų bazė, \[interaktyvus\]. \[žiūrėta 2011-12-19\]. Prieiga per internetą: <http://db1.stat.gov.lt/statbank/default.asp?w=1280>](http://www.dft.gov.uk/pgr/roads/environment/rese-</a></li>
</ol>
</div>
<div data-bbox=)

## Research of Alternative Fuel Use in the Transport of the Country

Jūratė Liebuviėnė, Sigutė Ežerskienė  
Klaipėda State College

Annually increasing number of vehicles in Lithuania and urban pollution by exhausted gas, rising fuel's and services prices at transport sector are forcing people to look for alternative products. A perspective way to make lower the costs of liquid petroleum products is to use the alternative fuel in internal combustion engines. The alternative fuels are not only liquid and gaseous fuels gained from traditional resources. Alternative fuels include all types of fuel, except mineral fuels:

gasoline and diesel fuel. Many of the alternative fuels in their physical, chemical and performance characteristics are very different from conventional gasoline and diesel fuel, so in order to be putted them into practice needs to change engines and technical characteristics of the vehicle's operation. The main alternative fuels, which are adapted to the Lithuanian market is hydrogen, natural gas, biodiesel, bioethanol, but these types

of fuel are not properly developed and that's the reason why it is necessary to analyze them.

Types of biofuels, their manufacturing and possibilities to use them in Lithuania, economic indicators of biofuels, promotion of biofuels manufacturing are analyzed in this article.

**Keywords:** Alternative fuels, Natural gas, Biodiesel, Bioethanol, Internal combustion engine.

# SUSLĖGTŲ GAMTINIŲ DUJŲ IR VANDENILIO DEGALŲ MIŠINIO PANAUDOJIMO VILNIAUS MIESTO VIEŠAJAME TRANSPORTE EFEKTYVUMO TYRIMAS

Alfредas Rimkus<sup>1,2</sup>, Mindaugas Melaika<sup>1</sup>, Valdas Valiūnas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, LT-10303 Vilnius

<sup>2</sup>Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius

**Anotacija.** Vilniaus miesto viešajame transporte daugiausiai naudojami autobusai su dyzeliniais varikliais, kurie į orą išmeta didelius kiekius kenksmingų degimo produktų. 2009 m. Vilniaus autobusų parke įrengta suslėgtų gamtinių dujų užpildymo į autobusus stotis. Įsigyti autobusai, kurie naudoja gamtines dujas, yra nenauiji, jų eksploatavimas yra neefektyvus, dažnai genda. Šiuose autobusuose sumontuota senos kartos dujinio maitinimo įranga, ir jų oro tarša neatitinka keliamų ekologinių reikalavimų. Šaunauds degalams yra didesnės nei naudojant dyzelinius variklius. 2011 m. įvyko naujų autobusų su dujų maitinimo įranga pirkimo konkursas ir nuspręsta įsigyti naujas viešojo transporto priemones – autobusus „MAN Lion’s City“. Pasauliye vykdomi gamtinių dujų ir vandenilio mišinio panaudojimo transporto priemonėse moksliniai tyrimai. Remiantis moksline literatūra, šių dujų mišinys gerina variklio darbo efektyvumą, mažina CO, CO<sub>2</sub> ir HC kiekių išmetamosiose dujose. Analizuojant mišinio efektyvumą šiame tyrime panaudota „Diesel-RK“ programa, kuri padėjo išanalizuoti degimo proceso charakteristikas, variklio efektyviusius rodiklius ir galimą išmetamųjų dujų sudėtį. Tyrimo metu pastebėta, kad varikliui dirbant paliesintais mišiniais, azoto oksidų (NO<sub>x</sub>) kiekis pradeda žymiai didėti. Siekiant surasti variklio darbo režimus, kurie padėtų pasiekti optimalius galios ir išmetamųjų deginių rodiklius, atliktas modeliavimas keičiant turbokompresorius ir išmetamųjų dujų recirkuliacijos sistemos parametrus. Panaudojus gautus rezultatus, nustatyti galimi ekologinių rodiklių gerinimo būdai. Variklio darbo proceso teorinio modeliavimo rezultatus reikia pagrįsti atliekant standinius bandymus, kurie patvirtintų, ar suslėgtų gamtinių dujų ir vandenilio degalų mišinį racionalu naudoti Vilniaus viešajame transporte.

**Pagrindinės sąvokos:** vandenilis, gamtinės dujos, vidaus degimo variklis, išmetamųjų dujų recirkuliacija.

## Įvadas

Vilniaus autobusų parkas šiuo metu turi apie 400 eksploatuojamų autobusų, kurių dauguma turi dyzelinius variklius. Likę 25% transporto priemonių naudoja suslėgtas gamtines dujas (SGD). Šių degalų panaudojimo privalumas – mažesnės kenksmingų medžiagų (CO, CO<sub>2</sub>, HC, kietųjų dalelių) kiekis išmetamosiose dujose. Tačiau, naudojant gamtines dujas senuose autobusų modeliuose, padidėja NO<sub>x</sub> koncentracija deginiuose. Siekiant pagerinti ekologinę situaciją Vilniaus mieste, reikia atnaujinti viešojo transporto parką. 2011 m. Vilniaus autobusų parke įvyko naujų autobusų pirkimo konkursas, po kurio nuspręsta įsigyti „MAN Lion’s City“ autobusus su suslėgtų dujų maitinimo sistema. Remiantis šių autobusų techniniais duomenimis, atliktas reguliuojamų variklio parametrų (degiojo mišinio sudėties, išmetamųjų dujų recirkuliacijos, pripūtimo slėgio) įtakos variklio darbo rodikliams tyrimas.

**Tyrimo tikslas** – nustatyti variklių su suslėgtų dujų maitinimo sistema darbo efektyvumo gerinimo būdus ir galimybes.

### Tyrimo uždaviniai:

1. Išanalizuoti vandenilio gavybos būdus, gamtinių dujų ir vandenilio mišinių savybes bei panaudojimo automobilių transporte galimybes.
2. Atliekant variklio darbo proceso modeliavimą, nustatyti variklio efektyvių ir ekologinių rodiklių kitimą, varikliui dirbant skirtingais gamtinių dujų ir vandenilio mišiniais.
3. Įvertinti variklio galios ir ekologinių rodiklių reikšmes, varikliui dirbant skirtingais gamtinių dujų ir

vandenilio mišiniais, keičiant išmetamųjų dujų recirkuliacijos intensyvumą bei turbokompresoriaus slėgį.

Analizuojant suslėgtų gamtinių dujų ir vandenilio degalų mišinio panaudojimą pritaikyta Maskvos Baumano valstybiniame technikos universitete Vidaus degimo variklių katedroje sukurta matematinio modeliavimo programa „Diesel-RK“. Šioje programoje įdiegti pažangūs vidaus degimo variklių šiluminių, dinaminių ir išmetamųjų dujų emisijų parametrų skaičiavimo matematiniai modeliai. Teorinio modeliavimo ir praktinių tyrimų rezultatų palyginimas rodo, kad ši programa pakankamai tiksliai modeliuoja vidaus degimo variklių darbo procesus.

## Vandenilio gamyba ir panaudojimas vidaus degimo varikliuose

### Vandenilio gamybos būdai

Naftos atsargos žemėje senka. Išskyla būtinybė ieškoti tradicinių vidaus degimo variklio degalų pakaitalų (Dubovkin, 1989). Ateityje perspektyviausia vandenilinė energetika. Taigi vandenilis galėtų tapti svarbiu elementu švariai kaupti ir perduoti energiją (Rimkus, 2011).

Vandenilis, kaip automobilio energijos šaltinis, gali būti naudojamas:

- kuro elementais iš vandenilio išgaunant elektros energiją, kuria automobilyje varoma įrengta elektrinė pvara;
- deginant vandenilį vidaus degimo varikliuose kaip degalus.

Dažniausiai planetoje aptinkamas elementas vandenilis nėra grynas, jis gamtoje randamas kaip cheminis junginys. Šiuo metu pramonėje daugiausia vandenilio išgaunama perdirbant naftos produktus, taigi grįžtama prie priklausomybės nuo naftos, o tokiu būdu pagamintas vandenilis sąlygiškai neekologiškas. Taip pat vandenilis gali būti išgaunamas iš vandens biologinių procesų, vykstančių dumblių bioreaktoriuje, be to, naudojant elektrą – elektrolizės arba kaitrą – termolizės būdais (1 pav.). Vandenilį galima pagaminti perdirbant gamtines dujas, išgaunamas iš žemės gelmių ar biomasės, bet vis dėlto perspektyviausias būdas – vandens skaidymas elektrolizės būdu. Elektra elektrolizei gali būti gaunama iš švarių, atsinaujinančių energijos šaltinių, tokių kaip saulės kolektoriai, vėjo jėgainės, geoterminės energijos ir pan.

Suslėgtų gamtinių dujų ir vandenilio mišinių panaudojimo apžvalga

Gamtinės dujos, kaip ir vandenilis, gali būti suslegiamos į balionus kartu. 1 lentelėje pateikiamos šių degalų pagrindinės fizikinės savybės.

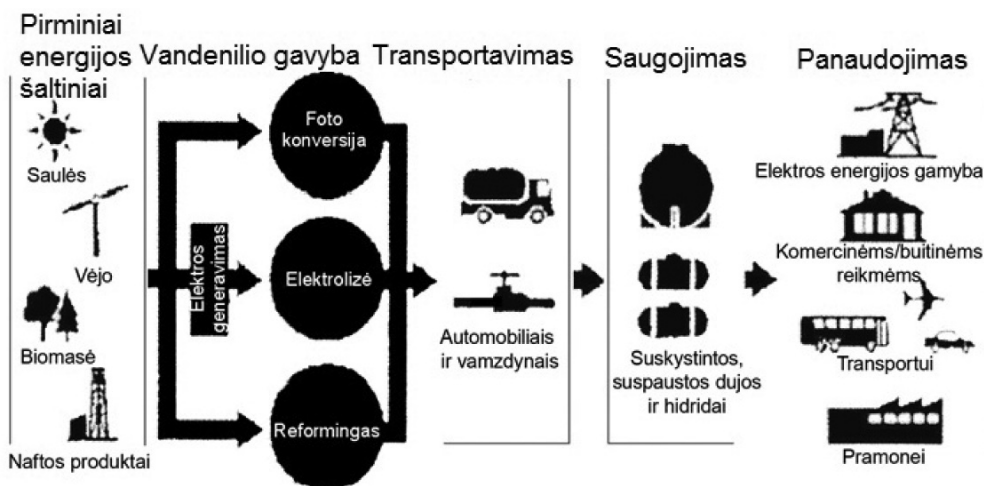
Gamtinių dujų ir vandenilio mišiniai gali būti perspektyvūs ir alternatyvūs iškastiniam kurui todėl, kad jie padidina variklio efektyvumą ir sumažina bendrą kenksmingų išmetamųjų deginių kiekį. Žiūrint į ateitį, tokie mišiniai gali leisti vystyti transporto priemones išmetamųjų dujų emisijos mažinimo linkme. Oro taršos problema yra ypač aktuali didžiulių miestų vietovėse, kur automobiliai ir sunkiasvoris transportas akivaizdžiai prisideda prie aplinkos taršos (Mariami,

2012). Automobiliai, maitinami gamtinėmis dujomis (2 pav.), išmeta mažesnius CO<sub>2</sub> kiekius palyginus su benziniais varikliais (Ristovski, 2004).

Raman ir kt. (1994) atliko eksperimentinius tyrimus su V8 varikliu panaudodamas vandenilio ir gamtinių dujų mišinius, kai vandenilio kiekis mišiniuose yra nuo 0% iki 30%. Autoriai pastebėjo NO<sub>x</sub> emisijos sumažėjimą su 15–20% vandenilio mišiniais. Taip pat pastebėtas nedidelis HC emisijos padidėjimas esant itin liesam mišiniui. Larsen ir kt. (1997), atlikę bandymus su sunkiasvoriais automobiliais, varomais vandenilio ir gamtinių dujų mišiniais, išsiaiškino, kad išmetamosiose dujose sumažėja CO, CO<sub>2</sub> ir HC emisija.

Taip pat varikliai su gamtinių dujų maitinimo sistema turi aukštą detonacijos laipsnį, kuris leidžia padidinti suspaudimo laipsnį. Tačiau dujiniai varikliai turi mažesnę tūrinę naudingumą todėl, kad įsiurbimo takto metu besiplėsdamos gamtinės dujos užima laisvą cilindro tūrį, skirtą šviežiam orui, o tai sumažina variklio galingumą (Mello, 2006).

Vandenilis gali būti naudojamas kaip degalai vidaus degimo varikliuose. Das ir kt. (2000) palygino vidaus degimo variklio darbo charakteristikas ir degimo charakteristikas, kai atskirai naudojamos suspaustos gamtinės dujos ir vandenilio degalai. Autoriai išsiaiškino, kad šiluminis efektyvumas labiau padidėja naudojant vandenilį negu gamtines dujas. Gamtinėmis dujomis maitinamo variklio charakteristikos gali būti pagerintos naudojant vandenilį kaip priedą siekiant gauti gamtinių dujų ir vandenilio mišinius. Yra nusta-



1 pav. Vandenilio gamyba ir panaudojimas

1 lentelė. Gamtinių dujų ir vandenilio degalų fizikinės savybės (Surygala (2008))

| Rodiklis                                 | Žymėjimas   | Matavimo vienetas  | SGD            | H <sub>2</sub> |
|--|-------------|--------------------|----------------|----------------|
| Pagrindinių elementų sudėtis pagal svorį | $m_{\%}$    | %                  | 77,7 C, 22,3 H | 100H           |
| Degalų šilumingumas                      | $H_a$       | MJ/kg              | 45,3           | 120            |
| Savaiminio užsidegimo temperatūra        | $t$         | °C                 | 540            | 585            |
| Maksimalus liepsnos greitis              | $v_{deg}$   | m/s                | 0,43           | 3,46           |
| Difuzijos koeficientas                   | $D$         | cm <sup>2</sup> /s | 0,20           | 0,61           |
| Tankis                                   | $\rho$      | kg/m <sup>3</sup>  | 0,754          | 0,082          |
| Stechiometrinis oro – degalų santykis    | $V_{\%}$    | % pagal tūrį       | 9,396          | 2,387          |
| Laminarinis degimo greitis               | $v_{deg,l}$ | m/s                | 0,38           | 2,9            |
| Oktaninis skaičius (tiriamuoju metodu)   | RON         | OS                 | 120            | ≈130           |





2 pav. Autobusas „MAN Lion's City“ su suslėgtų gamtinių dujų balionais ant stogo

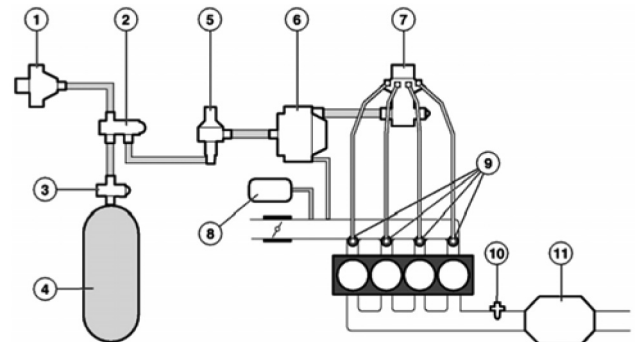
tyta, kad vandenilio priedas padidina gamtinių dujų laminarinio degimo greitį, taip kartu padidinamas variklio efektyvumas (Karim, 2003). Nagalingam (1983) savo tyrimo rezultatais atskleidžia, kad esant didesniai liepsnos greičiui ir nuosekliai mažinant uždegimo kampą, pasiekiamas maksimalus sukimo momentas. Karim (1996) publikavo vidaus degimo variklių, maitinamų gamtinių dujų ir vandenilio mišiniais, eksperimentinius rezultatus, kuriuose teigiama, kad vandenilis kaip priedas gali pagerinti tokias charakteristikas kaip galia, efektyvumas ir emisija, varikliui dirbant liesais mišiniais. Vandenilis neturi įtakos detonacijos charakteristikoms gamtinių dujų degaluose. Huang (2007) nustatė, kad uždegimo laikas yra svarbus parametras gerinant suslėgtomis dujomis maitinamo variklio charakteristikas ir degimą.

## Tyrimo objektas

Atliekant suslėgtų gamtinių dujų ir vandenilio degalų mišinio panaudojimo autobuse tyrimą, baziniu automobiliu pasirinktas autobusas „MAN Lion's City“ (2 pav.).

Suspaustų gamtinių dujų balionai yra iš lengvų kompozicinių medžiagų 4 tipo pagal ISO standartą Nr. 11439, bendra dujų balionų talpa yra ne mažesnė kaip 1200 l, ir šis degalų kiekis užtikrina ne mažesnę kaip 450 km ridą be papildymo, eksploatuojant autobusą mieste normaliomis eksploatacavimo sąlygomis. Balionai patikimai apsaugoti nuo atmosferos poveikio. Maitinimo įranga turi dujų išleidimo galimybę. Degalų užpildymo jungčių tipai – NGV11 tipo (lėtam užpildymui) ir – NGV26 tipo (greitam užpildymui). Gamtinių dujų vamzdynas pagamintas iš nerūdijančio plieno ir atitinkantis EN 1.4404 reikalavimus (3 pav.). „MAN Lion's City“ autobuso variklio „E2876 LUH“ techniniai duomenys pateikti 2 lentelėje, o 4 pav. pateikta variklio išorinė greičio charakteristika.

„MAN Lion's City“ autobuso variklis „E2876 LUH“, maitinamas suspaustomis gamtinėmis dujomis į aplinką išmeta mažus kiekius kenksmingų deginių palyginus su priimtais Europos standartais EURO 5 (ETC) ir EEV (ETC) (5 pav.). Analizuojant 2008 m. išleistą EURO 5 (ETC) standartą ir autobusų gamintojo MAN pateiktą informaciją, varikliui dirbant mi-

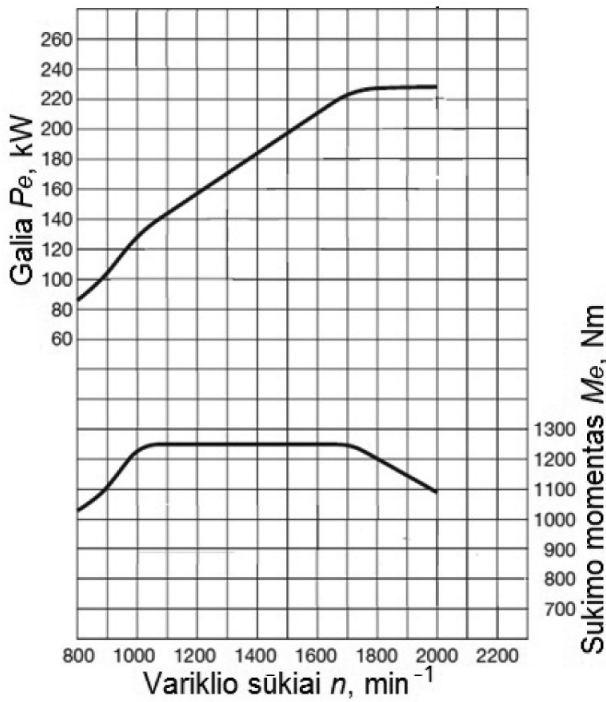


3 pav. Variklio maitinimo suslėgtomis gamtinėmis dujomis sistema: 1 – gamtinių dujų baliono užpildymo jungtis; 2 – aukšto slėgio atbulinis vožtuvas; 3 – vožtuvas su dujų tankio jutikliu ir dujų srauto ribotuviu; 4 – SGD balionas; 5 – aukšto slėgio apsauginis vožtuvas; 6 – žemo slėgio reguliatorius; 7 – dozavimo blokas su atbuliniu vožtuvu; 8 – kolektoriaus slėgio jutiklis; 9 – purkštuvai; 10 – deguonies jutiklis; 11 – katalizatorius

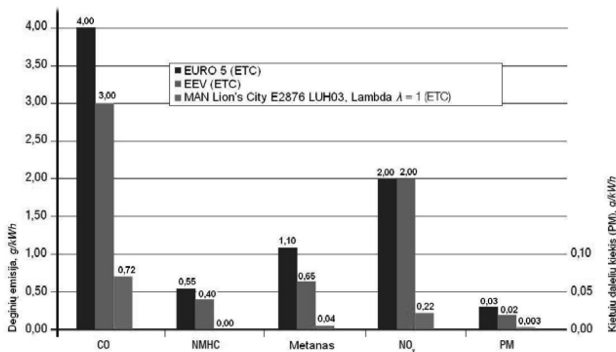
2 lentelė. Autobuso „MAN Lion's City“ variklio techniniai rodikliai

| Rodiklis  | Žymėjimas | Matavimo vienetai | Reikšmės |
|---|-----------|-------------------|----------|
| Nominali variklio galia                         | Pe        | kW                | 228      |
| Nominalios variklio apsukos                     | n         | min-1             | 2000     |
| Maksimalus sukimo momentas                      | Me        | Nm                | 1250     |
| Cilindro diametras                              | D         | mm                | 128      |
| Stūmoklio eiga                                  | S         | mm                | 166      |
| Variklio litražas                               | VH        | l                 | 12,8     |
| Suspaudimo laipsnis                             | ε         | kartai            | 12:1     |
| Maksimalus absoliutus turbokompresoriaus slėgis | pTK       | bar               | 2,2      |
| Cilindrų skaičius                               | z         | vnt.              | 6        |
| Vožtuvų skaičius cilindre                       | nv        | vnt               | 2        |

šiniu, kurio  $\lambda = 1$ , į aplinką išmetama anglies oksidų (CO) koncentracija yra mažesnė apie 5 kartus, azoto oksidų ( $\text{NO}_x$ ) mažesnė apie 9 kartus, o kietųjų dalelių (PM) kiekis mažesnis net apie 10 kartų. Angliavandenių (HC) kiekis beveik visiškai panaikinamas. Tokie teigiami rezultatai gamintojui leidžia nenaudoti degalų priedų, gerinančių degimo procesą bei brangių ir sudėtingų išmetamųjų dujų filtravimo sistemų, kurios reikalauja sudėtingos ir atsakingos priežiūros. Taip pat naudojant gamtinių dujų maitinimo sistemą, autobuso variklis dirba kur kas tyliau negu dyzelinis variklis, o tai leidžia sumažinti miesto triukšmo taršą.



4 pav. Autobuso „MAN Lion's City“ variklio „E2876 LUH“ išorinė greičio charakteristika



5 pav. MAN autobuso išmetamųjų deginių palyginimas su ES standartais

## Tyrimo metodika

Tiriamąjį variklio degimo procesą analizė atlikta naudojant „Diesel RK“ programą. Programoje panaudotas dviejų zonų degimo modelis Stiesch (2010). Atsižvelgiant į tiriamųjų degalų parametrus, bendru pavidalu nagrinėjama atvira termodinaminė sistema, kuri keičiasi mase ir energija su kitomis variklio sistemomis. Tai leidžia suformuoti darbo ciklo modelį kaip tokių procesų submodelį:

- Dujų kaitos procesų;
- Slėgimo procesų;
- Degimo ir išsiplėtimo procesų.

Kiekvienas iš submodelių turi tokias fundamentalias lygtis:

Materijos balanso lygtis:

$$\frac{dm}{d\varphi} = \frac{dm_{i\dot{e}j}}{d\varphi} = \frac{dm_{i\dot{s}e\dot{s}}}{d\varphi} \quad (1)$$

Energijos balansas:

$$\frac{d(mu)}{d\varphi} = h_{i\dot{s}e\dot{s}} \frac{dm_{i\dot{s}e\dot{s}}}{d\varphi} - h_{i\dot{e}j} \frac{dm_{i\dot{e}j}}{d\varphi} + \frac{dV}{d\varphi} + \frac{dQ_W}{d\varphi} + \frac{dQ_x}{d\varphi} \quad (2)$$

Idealios dujų būsenos lygtis:

$$\frac{dp}{d\varphi} = \frac{mR}{V} \frac{dT}{d\varphi} + \frac{mT}{V} \frac{dR}{d\varphi} + \frac{RT}{V} \frac{dV}{d\varphi} - \frac{p}{V} \frac{dV}{d\varphi} \quad (3)$$

čia:  $m$ ,  $m_{i\dot{e}j}$ ,  $m_{i\dot{s}e\dot{s}}$  – bendra darbinio kūno masė ir jo masės, įvertinus dujų apykaitą,  $u$  – vidinė darbinio kūno energija;  $Q_W$  – šiluma, sklindanti nuo darbinio kūno į degalų sistemos sienelės;  $h_{i\dot{e}j}$ ,  $h_{i\dot{s}e\dot{s}}$  – santykinės srauto entalpijos įėjime į cilindrą ir išėjime iš jo;  $R$ ,  $T$ ,  $p$ ,  $V$  – dujų konstanta, temperatūra, slėgis, darbinio kūno tūris.

Slėgio cilindre skaičiavimas atliekamas pagal dviejų zonų degimo modelį:

$$p = \frac{m_b R_b T_b}{V_b} = \frac{m_u R_u T_u}{V_u} \quad (4)$$

Azoto oksidų formavimosi modelis sudarytas naudojant išplėstą Zeldovičiaus mechanizmą, kuris aprašomas tokiomis cheminėmis formulėmis:

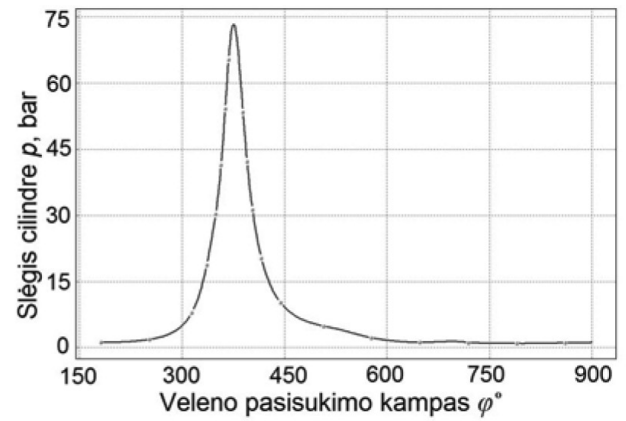
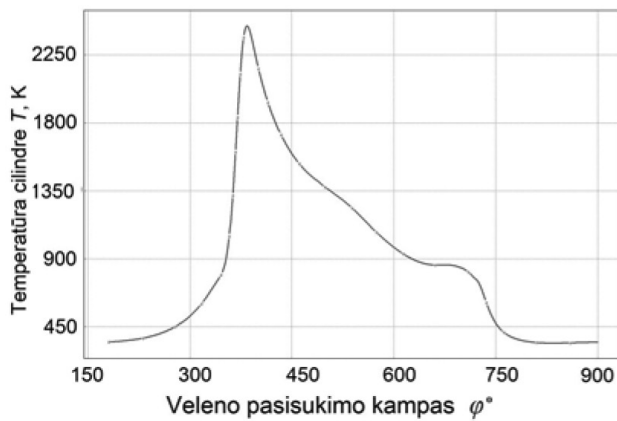


## Tyrimo rezultatai ir jų analizė

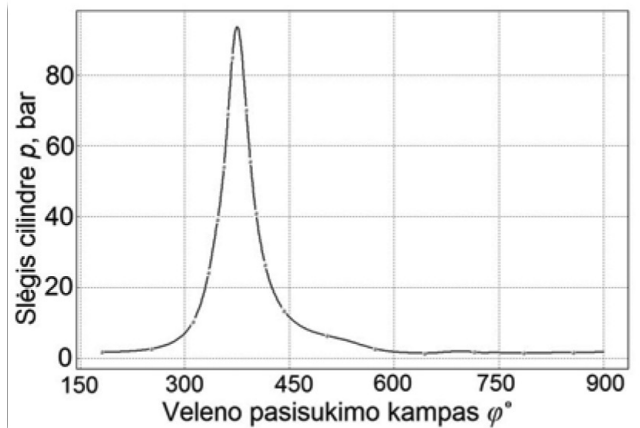
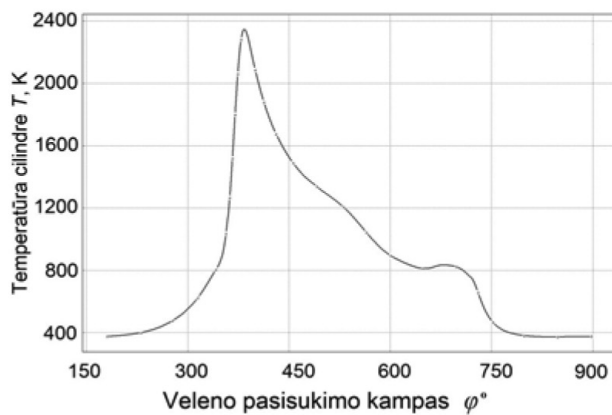
„Diesel RK“ programos pagalba apskaičiuavus temperatūros ir slėgio kitimą cilindre gauname, kad esant stochiometriniam mišiniui, kai padidinamas vandenilio kiekis mišinyje nuo 0 iki 20% bei padidinamas turbokompresoriaus slėgis nuo 1,34 iki 2,2 bar, o išmetamųjų dujų recirkuliacija padidinama nuo 0 iki 0,2, cilindre maksimali degimo temperatūra sumažėja nuo 2441 iki 2273 °K, tačiau maksimalus slėgis išauga nuo 73,2 iki 86,6 bar. Tai leidžia pasiekti reikiamą variklio galingumą prie variklio sūkių 1600 min<sup>-1</sup>, sumažinant NO<sub>x</sub> kiekį deginiuose (6 ir 7 pav.).

Variklio galios priklausomybės nuo degiojo mišinio sudėties ir išmetamųjų dujų recirkuliacijos diagrama (8 pav.) rodo, kad, didinant vandenilio dalį degaluose, variklio galia auga, o deginių recirkuliacija ir mišinio liesinimas galią mažina. Tačiau, kompleksiskai naudojant papildomą vandenilio tiekimą ir deginių recirkuliaciją, galima išgauti variklio galią artimą nominaliai.

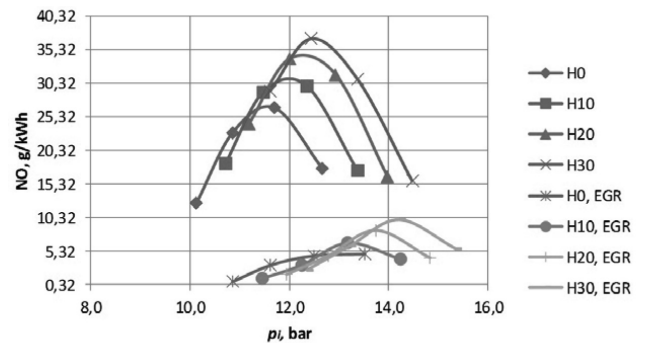
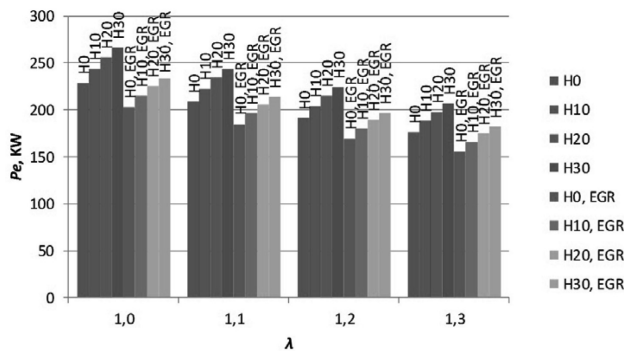
Su deginiais išmetamųjų azoto oksidų priklausomybės nuo variklio vidutinio indikatorinio slėgio grafikas (9 pav.) rodo, kad esant vienodoms indikatorinio slėgio reikšmėms, išmetamas azoto oksidų kiekis ženkliai sumažėja panaudojus deginių recirkuliaciją. Vandenilio priedas didina vidutinio indikatorinio slėgio dydį,



6 pav. Dujų temperatūros ir slėgio kitimas cilindre (H0; EGR0)



7 pav. Dujų temperatūros ir slėgio kitimas cilindre (H20; EGR0,2)



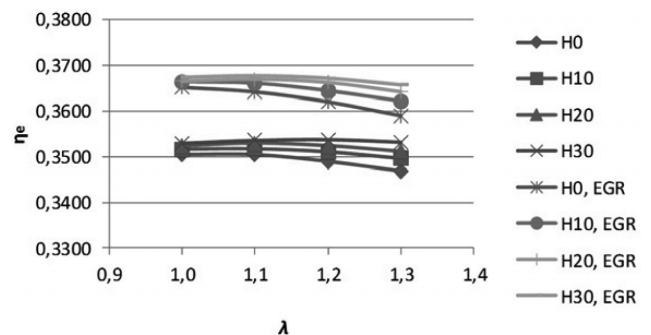
8 pav. Variklio galios priklausomybė nuo degiojo mišinio sudėties ir išmetamųjų dujų recirkuliacijos

9 pav. Azoto oksidų priklausomybė nuo variklio indikatorinio slėgio

bet prie liesų mišinių padidina  $NO_x$  kiekį deginiuose.

Tyrimai parodė, kad didinant vandenilio dalį degaluose, auga variklio efektyvus naudingumo koeficientas (10 pav.). Efektyvumą padidina ir deginių recirkuliacija naudojama kartu su variklio pripūtimu. Didžiausias efektyvus naudingumo koeficientas pasiekiamas prie paliesinto mišinio  $\lambda = 1,1$ .

„Diesel-RK“ programos pagalba atliktas teorinis variklio darbo proceso modeliavimas, naudojant suspaustų gamtinių dujų ir vandenilio degalų mišinius. Siekiant išsamiai įvertinti šių degalų panaudojimo efektyvumą, reikia papildomai atlikti standinius bandymus, optimizuojant variklio reguliuojamus parametrus.



10 pav. Variklio darbo efektyvumo priklausomybė nuo mišinio sudėties



## Išvados

1. Didinant vandenilio dalį suslėgtose gamtinėse dujose, auga variklio galia, tačiau didėja ir  $\text{NO}_x$  kiekis išmetamosiose dujose. Deginių recirkuliacijos sistema  $\text{NO}_x$  koncentraciją deginiuose ženkliai sumažina.

2. Padidinus variklio turbokompresoriaus slėgį nuo 1,34 iki 2,2 bar ir deginių recirkuliacijos koeficientą iki 0,2 bei vandenilio kiekį iki 20%, variklio galia tampa nominali esant variklio sukiamams  $1600 \text{ min}^{-1}$ . Šiame variklio darbo režime  $\text{NO}_x$  sumažėja iki ES standartuose numatytų normų.

3. Didžiausias variklio efektyvus naudingumo koeficientas pasiekiamas prie paliesinto mišinio  $\lambda = 1,1$ , į suslėgtas gamtines dujas tiekiant 20% vandenilio ir pakėlus turbinos slėgį iki 2,2 bar.

## Literatūra

1. Das, L. M., Gulati, R., Gupta, P. K. A. Comparative evaluation of the performance characteristics of a spark ignition engine using hydrogen and compressed natural gas as alternative fuels. *Int J Hydrogen Energy*, 2000, 25: 783 – 93.
2. Huang, Z., Wang, J., Liu, B., Zeng, K., Yu, K., Jiang, D. Combustion characteristics of a direct-injection engine fuelled with natural gas-hydrogen blends under different ignition timings. *Fuel*, 2007, 86: 381–7.
3. Karim, G. A. Hydrogen as a spark ignition engine fuel. *Int J Hydrogen Energy*, 2003, 28: 569–77. Elsevier.
4. Karim, G. A., Wierzba, I., Al-Alousi, Y. Methane-Hydrogen mixtures as fuels. *Int J Hydrogen Energy*, 1996, 21: 625–31.
5. Larsen, J. F., Wallace, J. S. Comparison of emissions and efficiency of a turbocharged lean-burn natural gas and hydrogen-fueled engine. *J Eng for Gas Turbines Power*, 1997, 119: 218–26.
6. Mariani, A., Morrone, B., Unich, A. Numerical evaluation of internal combustion spark ignition engines performance fuelled with hydrogen – Natural gas blends. *Int J Hydrogen Energy*, 2012, 37: 2644–2654. Elsevier.
7. Mello, P., Pelliza, G., Cataluna, R., da Silva, R. Evaluation of the maximum horsepower of vehicles converted for use with natural gas fuel. *Fuel*, 2006, 85: 2180–6.
8. Nagalingam, B., Duebel, F., Schmillen, K. Performance study using natural gas, hydrogen-supplemented natural gas and hydrogen in AVL research engine. *Int J Hydrogen Energy*, 1983, 8: 715–20.
9. Raman, V., Hansel, J., Fulton, J., Lynch, F., Bruderly, D. Hydrogen – an ultraclean transportation fuel. *Procs. of 10th World Hydrogen Conference*, Cocoa Beach, Florida, USA, 1994.
10. Rimkus, A. HHO dujų kibirkštinio uždegimo vidaus degimo varikliuose efektyvumo tyrimas *Technologijos ir menas*. VTDK 2011/2 ISSN 2029 – 400X. 65–71.
11. Ristovski, Z., Morawska, L., Ayoko, G. A., Johnson, G., Gilbert, D., Greenaway, C. Emissions from a vehicle fitted to operate on either petrol or compressed natural gas. *Sci Total Environ*, 2004, 323: 179–94.
12. Stiesch, G. Modeling Engine spray and combustion processes.

Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010, 282 p. ISBN 978-3-642-05629-1.

13. Surygala, J. Wodorod joko paliwo. Warszawa: Wydawnictwa naukowo-techniczne, 2008, 177 p. ISBN 978-83-204-3457-6.
14. Дубовкин, Л. Н.; Смирнова; Под ред. Гамбурга, Д. Ю.; Дубовкина, Н. Ф. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение. Москва: Химия, 1989, 672 с. ISBN 5-7245-0034-5.

## Effectiveness Research of Compressed Natural Gas and Hydrogen Fuel Compound Use in Vilnius Public Transport

Alfredas Rimkus, Mindaugas Melaika,  
Valdas Valiūnas

Vilnius University of Applied Engineering Sciences  
Vilnius Gediminas Technical University

Vilnius city public transport buses are mainly used with diesel engines which emit large quantities of harmful products of combustion. In 2009 Vilnius public transport company was equipped with compressed natural gas filling station for the buses. Purchased buses which use compressed natural gas are not new, their operation is not efficient and often break down. These buses are equipped with old generation gas engine management system. For this reason their air pollution does not meet environmental requirements. Fuel costs are higher than using diesel engines. In 2011 there was made a purchase contest of new buses with gas engine management systems. In this case, it was decided to buy new public vehicles – buses MAN Lion's City. In world there are carried out scientific researches of natural gases and hydrogen blend usage in vehicles. According scientific literature these gas blends improve engine efficiency, reduce CO, CO<sub>2</sub> and HC amount in exhaust gases. For analysis of mentioned blend effective usage there was used Diesel-RK software, which helped to do a research of characteristics of combustion processes, effective engine performance and possible exhaust gas compositions. In research it has been noticed that while engine works on lean fuel mixtures the nitrogen oxides ( $\text{NO}_x$ ) amount is rising significantly. In order to find the engine operating conditions to achieve the optimal power and exhaust emission indicators, simulation was carried out by changing the turbocharger and exhaust gas recirculation system parameters. According to obtained results there was identified possible ways to improve environmental indicators. Theoretical engine simulation results must be based on the results of bench tests to confirm that compressed natural gas and hydrogen fuels can be rational to use in Vilnius public transport.

**Keywords:** hydrogen, natural gas, internal combustion engine, exhaust gas recirculation.



# PLIENINIŲ ARKINIŲ IR ARKINIŲ KOMBINUOTŲJŲ PĖSČIŲJŲ TILTŲ KONSTRUKCINIAI SPRENDIMAI IR ĮRĄŽŲ ANALIZĖ

Darius Ulbinas

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, Vilnius

**Anotacija.** Arkinės perdangos dėl savo veiksmingumo yra dažnos šiuolaikiniuose pėsčiųjų tiltuose. Racionali apybrėžos forma (dažniausiai kvadratinė parabolė) lemia šių konstrukcijų racionalų įrąžų pasiskirstymą. Arkų eksploatacinio funkcionavimo pagrindinis bruožas yra tas, kad vertikališiosios apkrovos, be vertikalių reakcijų paduose, sukelia ir horizontalias reakcijas (skėtimo jėgas).

Be tradicinių arkinų perdangų, iš istorijos šaltinių yra žinoma ir unikalios sandaros arkinų lęšio formos tiltų. Jie reikšmingi ne tik dėl savo unikalios formos, bet ir dėl istorinės vertės, nes buvo statomi du paskutinius XIX a. dešimtmečius, kaip dinozaurai mėgavosi savo istorine epocha prieš daug metų ir tada staiga išnyko.

Šiame straipsnyje aptariamos arkinės ir akinės – kombinuotosios plieninės pėsčiųjų tiltų konstrukcijos. Nagrinėjama arkinė kombinuotoji tilto konstrukcija, sudaryta iš parabolės apybrėžos viršutinės ir apatinės juostų – arkų, sujungtų tarpusavyje bei tinkleliu su standumo sija. Nagrinėjami keturi šios konstrukcinės tilto sistemos variantai, kuriuose keičiami pagrindiniai geometriniai arkų – juostų parametrai. Taikant skaitinį eksperimentą, nustatytas arkinio kombinuotojo tilto konstrukcijų variantų įrąžų pasiskirstymas, veikiant simetrinėms ir asimetrinėms apkrovoms. Pateikta lyginamoji keturių tilto konstrukcinių variantų analizė.

**Pagrindinės sąvokos:** arkinės perdangos, pėsčiųjų tiltai, įrąžos, skaitinis eksperimentas, simetrinės apkrovos, asimetrinės apkrovos.

## Įvadas

Arkų konstravimo pagrindiniai principai yra žinomi nuo antikos laikų. Apverstoji arka yra laivo korpuso skersinio pjūvio natūrali forma. Ši konstrukcinė forma yra matoma gamtoje: arkos iš akmenų, požeminiai skliautai. Statiniai, kurių laikančioji konstrukcija buvo arka, atlaikė tūkstantmečius. Puikus pavyzdys yra akvedukas Pont du Gard (Prancūzija), kuriuo tiekiamas vanduo į Nimo miestą ir kuris jau daugiau kaip 1800 metų yra eksploatuojamas.

Arkos dėl savo veiksmingumo yra dažnos ir šiuolaikiniuose pėsčiųjų tiltuose. Racionali apybrėžos forma (dažniausiai kvadratinė parabolė) lemia šių konstrukcijų racionalų įrąžų pasiskirstymą. Veikiančios simetrinės apkrovos arkoje sukelia tik gniuždymo įrąžas. Nedidelis lenkiamasis momentas atsiranda tik dėl asimetrinių apkrovų poveikio. Dėl tokios elgsenos ypatumo arkoms sunaudojama santykinai mažai plieno.

## Arkinų tiltų konstrukciniai sprendimai

Anksčiau arkinis tiltas buvo suvokiamas kaip tiltas su važiuojamąja dalimi (tilto paklotu) virš laikančiosios arkos. Vystantis medžiagų pramonei ir didėjant konstruktorių sumanumui, pakloto padėtis arkos atžvilgiu kito. Kartais paklotas įrengiamas arkos padų lygyje ir joje veikiančios skėtimo jėgos perduodamos sijai – stygai. Tokių neskėtrių statinių skaičiuojamoji schema jau yra gerokai nutolusi nuo primityvių arkų.

Pagal pakloto padėtį plieniniai arkiniai tiltai gali būti:

- su paklotu virš arkos, kai jį palaiko antstatas iš statramsčių, kartais juos sustiprinant spyriais (1 pav.);
- su paklotu arkos viduryje, pakabomis palaikomu

arkos vidurinėje dalyje, o galiniuose ruožuose paremtu neaukštų statramsčių (2 pav.);

- su paklotu arkos apačioje, pakabomis palaikomu visame jos tarpatramyje (3 pav.).



1 pav. Glen-Dam kanjono tiltas

Konstruojant visus šiuos statinius stengiamasi išvengti lenkiamųjų momentų laikančiojoje arkoje, tačiau ne visuomet tai pavyksta. Be to, kiekvienas projektas turi būti kuriamas priklausomai nuo jam realizuoti numatytų metodų bei priemonių, neignoruojant statinio estetinio vaizdo.



2 pav. Sidnio uosto tiltas Australijoje



3 pav. Apolo arkinis tiltas Bratislavoje

Arka paprastai yra gniuždoma. Plieniniuose tiltuose jos apybrėža buvo parenkama tokia, kad nebūtų tempiamųjų sluoksnių. Įprastos formos arkoje horizontalias reakcijas (skėtimo jėgas) ir vertikalias reakcijas perima pamatai. Neskėtriose arkose atramų lygyje šią skėtimo jėgą atlaiko styga (4 pav.).



4 pav. Arkinis plieninis pėsčiųjų tiltas su styga. Cataluna, Ispanija

Arkinių perdangų arkos gali būti klasifikuojamos pagal įtvirtinimo sąlygas:

- standžiai įtvirtinta arka;
- arka su vienu lankstu;
- arka su dviem lankstais;
- arka su trim lankstais.

Galuose standžiai įtvirtinta arka yra tris kartus statiškai neišsprendžiama. Bendriausiu atveju buvo labai sunku tinkamai standžiai įtvirtinti plieninę arką atramoje iš betono ar akmenų. Belankstei arkinei perdangai reikia palyginti mažiau plieno, ji pasižymi geru standumu vertikaloje plokštumoje, bet dėl atramų sėdimo arba temperatūros pokyčių, kaip ir visose statiškai neišsprendžiamose sistemose, atsiranda papildomi lenkiamieji momentai ir papildomi įtempimai.

Jei arkos atramos yra lankstinės, tai sistema yra vieną kartą statiškai neišsprendžiama. Taip yra daugumoje plieninių tiltų su plieniniais cilindriniais lankstais atramose. Arkinių perdangų su dviem lankstais standumas yra šiek tiek mažesnis nei standžiai įtvirtintų. Dviejų lankstų arkos šiek tiek skiriasi nuo standžiai įtvirtintų arkų jėgų perdavimo atramoms atžvilgiu ir

plieno sąnaudų kiekiu, o atramų sėdimas ir temperatūros pokyčiai joms neturi didelės įtakos, todėl dviejų lankstų arkos plieninėms perdangoms naudojamos gana dažnai.

Kai kuriuose statiniuose dviejų lankstų arkos pavėčiamos statiškai išsprendžiamomis, įrengiant lankstą jos sąvoroje. Taip daroma arkiniuose tiltuose su daugele simetrinių tarpatriamių, kai arkos atsveriamos konsolėmis, sumažinančiomis skėtimo jėgą lankstinėse atramose. Trijų lankstų arkoms reikia daugiau plieno nei dviejų lankstų arkoms, jos yra mažesnio standumo vertikaloje plokštumoje, o dėl sąvoroje įrengto šarnyro, siekiant nepažeisti jo darbo, komplikuojasi perdangos konstrukcijos eksploatavimas. Trijų lankstų arkos dažniausiai naudojamos pėsčiųjų ir nedidelių tarpatriamių automobilių kelių tiltams.

Pagal konstrukcinę sandarą arkos gali būti:

- liauna arka su standžia standumo sija;
- standi arka su lanksčia standumo sija;
- arka atremta atskirai nuo standumo sijos;
- arka sujungta su temple;
- standžiai įtvirtinta arka;
- arka su vienu lankstu;
- arka su dviem lankstais;
- trijų lankstų arka.

Tarp modernių plieninių arkinių tiltų ypatingą vietą užima sudėtinė konstrukcija – liauna arka su standžia sija, kurios tarpusavyje sujungtos pakabomis. Standi sija leidžia nemazginiu būdu tvirtinti pakloto skersines sijas ir tai yra ekonomišką važiuojamosios dalies konstrukcinis sprendimas. Ši aplinkybė, įvertinus architektūrinius šios sistemos privalumus, leidžia taikyti tiltams tokias neskėtrias (savaiame inkaruotas) konstrukcijas. Vertikaliosios apkrovos per tempiamas pakabas perduodamos pusiausvirai arkai, kuri yra gniuždoma. Šiuo atveju taip pat pasireiškia ir lenkiamieji momentai – templės, kurios pasiskirsto tarp arkos ir sijos priklausomai nuo jų standumų santykio.

Arkos gali būti ištisinės arba spragotinės. Vientiso skerspjūvio arkos dažniausiai naudojamos iki 200 m tarpatriamiams perdengti. Kartais gali būti perdengiami ir gerokai ilgesni tarpatriamiai.

Vientisų skerspjūvių arkos esti įvairių konstrukcijų. Kai tarpatriamiai ne ilgesni kaip 50 m, tikslinga naudoti dvitėjinio skerspjūvio arkas. Arkos dažniausiai projektuojamos simetrinio skerspjūvio. Tačiau, kai arkos skerspjūvyje veikia nemaži lenkiamieji momentai, jų skerspjūvį tikslinga daryti su skirtingomis juostomis. Šiuo atveju juostos parenkamos taip, kad jų įtempimai nuo ašinių jėgų ir lenkimo momentų būtų vienodi ir artimi skaičiuojamajam stipriui.

Jeigu perdangos tarpatriamis ilgesnis kaip 50 m, naudojamos dėžinio arba apskrito skerspjūvio arkos. Dėžinis skerspjūvis gali būti iš apačios atviras (pusiau dėžinis) arba uždaras. Dėžinio skerspjūvio bendrasis pastovumas padidinamas, statant skersines diafragmas. Dėžinio skerspjūvio arkose, kad būtų patogiau eksploatuoti (apžiūrėti, dažyti), atstumas tarp verti-

kalių sienelių daromas ne mažesnis kaip 0,6...0,8 m, o diafragmose paliekamos angos praeiti. Dabar vis dažniau daromos apskrito skerspjūvio arkos – tai racionali konstrukcija medžiagos sąnaudų požiūriu, aptaki vėjui, gerai atlaikanti gniuždymo įrašas, be to, tokios konstrukcijos daug mažesnis korodavimo paviršius. Vientiso skerspjūvio arkų aukštis sąvoroje imamas (1/50–1/60) l. Šarnyrinėse arkose didžiausi lenkiamieji momentai yra tarpatramio ketvirčiuose. Šiose vietose turėtų būti ir didžiausias skerspjūvio aukštis. Tačiau daryti didesnę skerspjūvį arkos tarpatramio ketvirčiuose gamybiniu požiūriu netikslinga, todėl dažniausiai visame arkos ilgyje skerspjūvis nekeičiamas.

Kartais jis daromas didėjantis nuo atraminių šarnyrų iki tarpatramio ketvirčių, o viduriniame ruože paliekamas pastovus. Spragotinių arkų skerspjūvio aukštis būna – (1/30–1/60) l. Kadangi arkų lenkiamieji momentai yra labai maži ir arkos konstruojamos atlaikyti gniuždymo įrašas, ištisinę arkos skerspjūvį geriau daryti platų, o sienelę storą –  $\delta \geq 1/60$  h.

Spragotinių arkų konstrukcija gali būti panaši į lengvųjų santvarų konstrukciją 5 pav.: juostos sudarytos iš dviejų kampuočių arba dviejų lovių. Galimi atvejai, kai abi juostos yra gniuždomos.



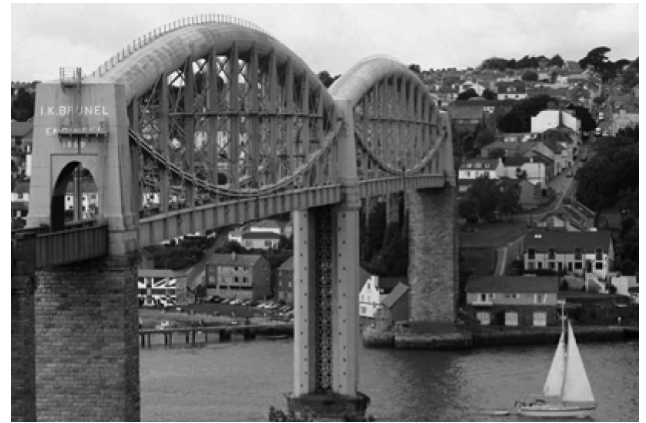
5 pav. Spragotinė arkinio tilto perdanga

Arkų tinklelis gali būti trikampis su papildomais strypais. Tačiau tokių arkų gamyba yra sudėtingesnė, nes visi tinklelio elementai yra skirtingo ilgio. Todėl dažnai naudojamas trikampis tinklelis.

## Arkinių kombinuotųjų tiltų konstrukciniai sprendimai

Pastaruoju metu pastatoma daugybė, vienas už kitą gražesnių arkinių tiltų. Kai kuriuos iš šių statinių galima būtų priskirti prie didžiausių pasaulio stebuklų, sukurtų žmogaus rankomis. Daugelis tiltų formų, sukurtos prieš daug metų, buvo tobulinamos ir išliko iki mūsų dienų. Tačiau ne visoms konstrukcinėms formoms buvo lemta peržengti šį istorinį slenkstį ir vis dar džiuginti žmogaus akį. Todėl apie daugelį didingų tiltų galima sužinoti tik iš istorinių šaltinių. Vieni iš tokių buvo arkiniai kombinuotieji lėšio formos tiltai (6 pav.). Šie statiniai reikšmingi ne tik dėl savo unikalios formos, bet ir dėl istorinės vertės, nes buvo statomi

tik iki XIX a. pabaigos. Jie kaip dinozaurai mėgavosi savo istorine epocha prieš daug metų ir tada staiga išnyko.



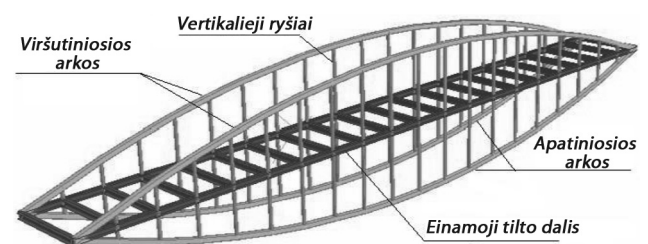
6 pav. Karališkasis Alberto tiltas per Tamar upę Anglijoje 1859 m.

Lėšio formos tiltai taip vadinami dėl jų unikalios formos, kurią sudaro dvi išlenktos juostos, tarpusavyje sudaromos lėšio formą, kitaip dar vadinamą „žuvelės“ formą, arba parabolinę santvarą 6 pav. Abipusiai iškilos formos tiltuose viršutinės ir apatinės juostos yra tokios formos, kad viršutinė dalis tarnauja kaip arka, o apatinė dalis kaip kabamasis lynas. Vertikalūs ir įstriži pakabų tinklelio elementai atskiria apatinę juostą – arką nuo viršutiniosios ir paskirsto apkrovą konstrukcijos elementams.

## Skaitinis eksperimentas

Atliekant skaitinį eksperimentą, pagrindinis tikslas – išanalizuoti keturių metalinio arkinio kombinuotojo pėsčiųjų tilto variantų elementuose veikiančių įrašų pasiskirstymą, keičiant tilto komponuojamuosius parametrus (7 pav.).

Skaitinis eksperimentas buvo atliekamas naudojant programinį paketą STAAD.Pro. Analizuojant keturis metalinio arkinio kombinuotojo pėsčiųjų tilto variantus, buvo keičiami viršutiniųjų ir apatiniųjų arkų pakylų aukščiai, išlaikant tą patį bendrą jų pakylų aukštį – 8 m. Visų keturių variantų atitinkamiems tiltų konstrukciniams elementams buvo taikomas vienodas lenkiamasis standis. Visų keturių analizuojamojo tilto variantų tarpatramiai – po 40 m.



7 pav. Arkinio kombinuotojo pėsčiųjų tilto konstrukcinė schema

Pirmojo tilto varianto viršutiniųjų ir apatiniųjų arkų pakylų aukščiai vienodi ir lygūs 4 m. Vertikalieji ryšiai išdėstomi kas 2 m.

Antrojo arkinio kombinuotojo tilto varianto arkų



pakylų aukščiai lygūs 6 m, o apatiniųjų arkų pakylų aukščiai – 2 m. Arkų vertikaliosios pakabos išdėstomos kas 2 m.

Trečiojo tilto varianto atveju viršutiniųjų arkų pakylų aukščiai lygūs 3 m, o apatiniųjų arkų pakylų aukščiai – po 5 m. Vertikalieji ryšiai išdėstomi kas 2 m.

Ketvirtojo arkinio kombinuotojo pėsčiųjų tilto konstrukcinės sistemos varianto viršutiniųjų ir apatiniųjų arkų pakylų aukščiai yra po 4 m. Vertikalieji tilto ryšiai išdėstomi kas 4 m, tarp jų įrengiant skersinius ryšius.

Atlikus šių keturių metalinio arkinio kombinuotojo pėsčiųjų tilto variantų skaitinį eksperimentą, pateikiama lyginamoji keturių tilto konstrukcinių variantų analizė. Šiuo palyginimu siekiama nustatyti, kurio konstrukcijos varianto elementuose veiks mažiausios įrašos ir kuris iš šių variantų yra racionaliausias.

1 lentelė. Santykinis įrašų kitimas 2-ojo, 3-iojo ir 4-ojo tiltų arkose

|                    |    | 2-ojo tilto | 3-iojo tilto | 4-ojo tilto |
|--------------------|----|-------------|--------------|-------------|
| Viršutiniųjų arkų  |    |             |              |             |
| Simetrinė apkrova  | Fx | 14,04 %     | -27,5 %      | -51,4 %     |
| Simetrinė apkrova  | Mz | -10,5 %     | -2,1 %       | 36,5 %      |
| Asimetrinė apkrova | Fx | 14,02 %     | -25,4 %      | -41,4 %     |
| Asimetrinė apkrova | Mz | -1,9 %      | 0,9 %        | -94,3 %     |
| Apatiniųjų arkų    |    |             |              |             |
| Simetrinė apkrova  | Fx | -33,1 %     | 14,7 %       | -51,4 %     |
| Simetrinė apkrova  | Mz | -4,9 %      | -5,8 %       | 36,5 %      |
| Asimetrinė apkrova | Fx | -30,1 %     | 17,8 %       | -41,4 %     |
| Asimetrinė apkrova | Mz | 1,7 %       | -0,9 %       | -94,3 %     |

Iš santykinų įrašų kitimo lentelės duomenų matyti, kad, esant simetrinei apkrovai, antrojo tilto varianto viršutinėse arkose ašinės jėgos padidėjo iki 14,04%, o ketvirtojo tilto varianto viršutinėse arkose jos sumažėjo net iki 51,4% pirmojo tilto varianto atžvilgiu. Veikiant asimetrinei apkrovai, ketvirtojo tilto varianto konstrukcinės sistemos viršutinėse arkose iki 41,4% sumažėjo ašinės jėgos ir iki 94,3% sumažėjo lenkiamieji momentai.

Iš šios lentelės taip pat matyti, kad veikiant simetrinei apkrovai iki 33,1%, ir, veikiant asimetrinei apkrovai iki 30,1%, sumažėjo ašinės jėgos antrojo tilto varianto apatinėse arkose, kadangi mažesni yra apatiniųjų arkų pakylų aukščiai, palyginti su pirmojo tilto konstrukcinės sistemos varianto apatiniųjų arkų pakylų aukščiais. Didžiausias įrašų pokytis pastebimas ketvirtojo tilto konstrukcijos varianto apatinėse arkose, kai iki 51,4% sumažėjo ašinės gniuždymo jėgos nuo simetrinės apkrovos ir iki 41,4% sumažėjo ašinės jėgos nuo asimetrinės apkrovos. Taip pat šio tilto varianto apatinėse arkose net apie 94,3% sumažėjo ir lenkimo momentai nuo asimetrinės apkrovos. Tai lėmė ketvirtajame tilto variante įrengti viršutines arkas su apatinėmis jungiantys įstriži tinklelio elementai, sumažinę ne tik šio varianto konstrukcinės formos elementuose veikiančias įrašas, bet ir konstrukcijos poslinkius nuo asimetrinės apkrovos.

## Išvados

1. Atlikus antrojo ir pirmojo tilto konstrukcinių variantų lyginamąją analizę, nustatyta, kad antrojo varianto viršutiniosiose arkose ašinės gniuždymo įrašos nuo simetrinės apkrovos padidėjo apie 14%, o apatinėse arkose tempimo įrašos nuo asimetrinės apkrovos sumažėjo iki 30,1 %, palyginti su pirmojo tilto varianto ašinėmis jėgomis.

2. Atlikus trečiojo tilto varianto analizę, nustatyta, kad viršutiniosiose arkose iki 27,5 % sumažėjo gniuždymo įrašos, tačiau iki 14,7 % padidėjo tempimo įrašos apatiniosiose arkose, palyginti su pirmojo tilto varianto įrašomis.

3. Ketvirtąjį tilto variantą lyginant su pirmuoju tilto konstrukcinės sistemos variantu, nuo simetrinės apkrovos ketvirtojo varianto viršutinėse arkose gniuždymo, o apatinėse arkose tempimo įrašos sumažėjo net iki 51,4%. Esant asimetrinei apkrovai, ketvirtojo tilto varianto atveju, palyginus įrašas su pirmojo tilto varianto įrašomis, gniuždymo jėgos viršutiniosiose arkose sumažėjo iki 41,4 %, lenkimo momentai standumo sijoje – iki 94,2%. Taip pat iki 41,4% sumažėjo ir tempimo įrašos bei apie 94,3% – lenkimo momentai apatinėse arkose.

4. Atlikus lyginamąją tilto konstrukcinių variantų analizę, nustatyta, kad racionaliausias ašinių jėgų pokyčio atžvilgiu yra ketvirtasis tilto variantas, kadangi šio varianto konstrukcinės sistemos viršutinėse arkose gniuždymo, o apatinėse arkose – tempimo jėgos sumažėjo net iki 51,4%, esant simetrinei apkrovai, ir iki 41,4%, esant asimetrinei apkrovai. Šio varianto standumo sijos lenkimo momentai nuo asimetrinės apkrovos taip pat sumažėjo iki 94,2%, o apatinėse arkose – iki 94,3%. Taigi iš gautų rezultatų matyti, kad įrašų pasiskirstymo požiūriu racionaliausias yra ketvirtasis arkinio kombinuotojo tilto konstrukcinis variantas.

## Literatūra

1. Troyano, L. F. *Bridge Engineering: A Global Perspective*. Thomas Telford Ltd., 2003. p. 800.
2. Ryall, M. J., Parke G. A. R., Harding, J. E. *The Manual of Bridge Engineering*. London: Thomas Telford, 2000. p. 1012.
3. Bangach, M. Y. H. *Prototype bridge structures: analysis and design*. Thomas Telford, 1999. p. 1224.
4. Bennett D. *The Architecture of Bridge Design*. London: Thomas Telford Ltd., 1997. p. 200.
5. Guise, D. *Development of the lenticular truss bridge in America*. Journal of bridge Engineering „ASCE“ American society of civil Engineers. January/February, 2007. p. 128.
6. Pang, J., Hai-Fan, X. *Designing American Lenticular Truss Bridges*. The journal of the society for industrial archeology, 2007. p. 82.
7. Wang, C. M. *Bridge engineering handbook*. New York: Thomas & Telford, 2001. p. 580.



8. Abipusiai iškilos formos tiltai [žiūrėta 2011m. lapkričio 24d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.bridgehunter.com/browse/type/truss/through/lenticular.html>>.
9. Arkiniai lęšio formos tiltai [žiūrėta 2012m. Sausio 15d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.historycooperative.org/journals/sia/30.1/boothby.html>>.
10. Arkiniai tiltai [žiūrėta 2011m. lapkričio 16d.]. Prieiga per internetą: <http://www.mrdbridges.com/engineering.php>.
11. Arkiniai – santvariniai tiltai [žiūrėta 2011 balandžio 4d.]. Prieiga per internetą: <[http://www.ecs.umass.edu/cee/cee\\_web/bridge/1.html](http://www.ecs.umass.edu/cee/cee_web/bridge/1.html)>.

## Constructions and analysis for stress of steel arched and arched-combined pedestrian bridges

Darius Ulbinas

*Vilnius University of Applied Engineering Sciences*

Due to their effectiveness, arched entablatures are common in modern footbridges. Wellbalanced form of contour (most commonly quadratic parable) determines a well-balanced stress distribution of these constructions. The main feature of the running behaviour of arcs is that

vertical loads without vertical reactions in the hearths create horizontal reactions as well (forces of thrust).

Not only traditional bridges with arched entablatures but also unique structured arched lenticular bridges. They are significant not only for its unique shape and few examples but also for the historic value that they were only built during the last two decades of 19th century, like dinosaurs had enjoyed a historic age long long ago and then suddenly vanished at all.

This article discusses a combined steel construction of a pedestrian bridge in the form of a lens, composed of parabolic upper and lower lines – interconnected arches with a stiffening beam and a grid. At least four versions of this constructional system of a bridge are discussed, in which the main parameters of the arches-lines can be changed. Applying numerical experimentation, a distribution of action-effects of constructional versions of an arched combined bridge (when it is affected by symmetric and asymmetric loads) has been established. A comparative analysis of the four versions of the bridge constructions is presented.

**Keywords:** footbridges, stress distribution, vertical loads, horizontal reactions, combined steel construction, numerical experimentation, symmetric and asymmetric loads, comparative analysis.

# SLĖGIO NUOSTOLIŲ VAMZDYNUOSE EKSPERIMENTINIS TYRIMAS

Virginija Urbonienė, Povilas Milius, Vytautas Norvila, Edvard Ulevič

*Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija*

**Anotacija.** Pastato inžinerinių sistemų ir šilumos tiekimo lauko tinklų vamzdynuose, cirkuliuojant vandeniui, susidarantys slėgio nuostoliai tiesiogiai veikia elektros energijos, reikalingos siurblių veikimui, suvartojimą. Didžiausi slėgio nuostoliai susidaro vamzdinių konstrukcinių elementuose: alkūnėse, trišakiuose, vamzdžių skersmenų kitimo vietose, reguliuojančioje bei uždarojoje armatūroje.

Ekspimentiniai tyrimai atlikti moderniu hidraulikos laboratoriniu stendu (kompanija G.U.N.T., Vokietija), kuriame buvo tiriamos dviejų tipų alkūnės ( $R > d$  ir  $R < d$ ) bei vamzdžių skersmenų pokyčiai PVC vamzdyje. Nustatant slėgio nuostolius, slėgis buvo matuojamas prieš kliūtį (alkūnę ar skersmens pokytį) ir už jos. Prietaisai, parodantys matavimų rezultatus, yra diferencinis manometras, šešių vamzdelių manometras, skaitmeninis slėgio ir vandens kiekio elektroninis prietaisas. Hidraulinės trinties, pasipriešinimo koeficientai skaičiuoti pagal Blazijaus, Nikuradzės, Kolbruko ir Altšulio formules, siekiant palyginti gautus rezultatus. Ekspimentiniu tyrimu ir teoriniais skaičiavimais nustatyta, kuriose vamzdinių nagrinėjamos dalyse slėgio nuostoliai yra didžiausi.

**Pagrindinės sąvokos:** tankis, kinematinė klampa, hidraulinės trinties koeficientas, laminarinis ir turbulentinis tekėjimas, Reinoldso skaičius.

## Įvadas

Pagrindinis tikslas, projektuojant inžinerinių sistemų vamzdynus, yra nustatyti vamzdžių skersmenis pagal žinomus cirkuliuojančio vandens kiekius bei slėgio nuostolius visoje sistemoje ar atskiruose jos taškuose. Vamzdynais tekant vandeniui, slėgio nuostoliai susideda iš hidraulinės trinties pasipriešinimų per vamzdinių ilgį ir pasipriešinimų vietinėse kliūtyse (alkūnėse, trišakiuose, vamzdžių skerspjūvio pokyčiuose, armatūroje ir pan.). Pageidautina, kad inžineriniuose tinkluose vidinės vamzdžių sienelės būtų kuo lygesnės, nes tai siejasi su slėgio nuostolių mažėjimu. Skaičiuojant hidraulinius pasipriešinimus, atsirandančius dėl trinties, svarbus hidraulinės trinties koeficiento dydis, priklausantis nuo Reinoldso skaičiaus ( $Re$ ) ir santykinio vamzdžio šiurkštumo. Lygiuose (pvz. PVC vamzdyje) ekvivalentinis vamzdžio šiurkštumas lygus 0,001. Didėjant  $Re$  skaičiui, hidraulinės trinties koeficientas tolygiai mažėja, todėl ir slėgio nuostoliai taip pat mažėja.

Vamzdžių fizines savybes reglamentuoja standartai: LST, EN, DIN, ISO. Pagal tarptautinį ISO standartą išorinėje vamzdžio sienelės pusėje nurodomas darbinis tarpinis slėgis barais. Inžinerinėse sistemose plačiai naudojami PVC vamzdžiai, nes jie yra lengvi, vidinis paviršius hidrauliškai lygus, juose nesikaupia nuosėdos.

**Straipsnio tikslas** – eksperimentinio tyrimo metu išnagrinėti slėgio nuostolių vamzdinių alkūnėse bei skersmenų pokyčiuose priklausomybę nuo tekančio vandens kiekio ir pateikti išvadas.

## Tyrimo metodika ir eksperimentinis stendas

Tyrimui atlikti naudojamas eksperimentinis hidraulikos stendas, skirtas įvairiems skysčių mechanikos bandymams, vamzdžių bei vamzdinių komponentų charakteristikų tyrimams.

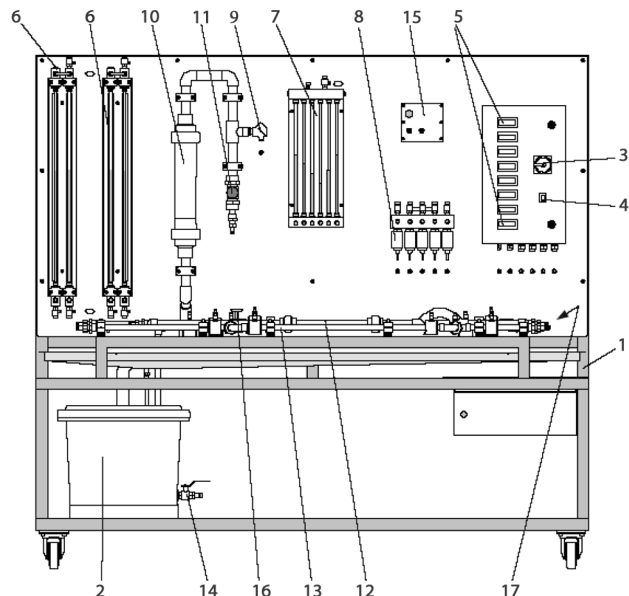
Tyrimo apibūdinimas suskirstytas į:

1. Eksperimentinio stendo aprašymą.
2. Skaičiavimuose naudojamų formulių aprašymą.
3. Tyrimo metodo, pateikiant matavimo vertes, aprašymą.

## Ekspimentinio stendo aprašymas.

Stendas susideda iš:

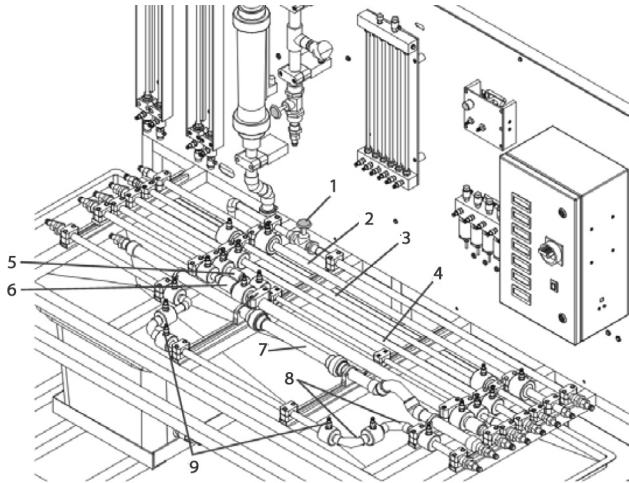
- Uždaro vandens kontūro, suteikiančio galimybę naudoti stendą atskirai nuo pagrindinio vandentiekio;



1 pav. Ekspimentinio stendo konstrukcija. 1 – laboratorinis vežimėlis; 2 – vandens talpa su viduje esančiu siurbliu; 3 – pagrindinis maitinimo jungiklis; 4 – siurblio jungiklis; 5 – skaitmeniniai debito ir slėgio ekranai; 6 – dviejų vamzdelių manometras (diferencialinis manometras); 7 – šešių vamzdelių manometras; 8 – elektroniniai slėgio jutikliai; 9 – termometras; 10 – vandens kiekio matuoklis; 11 – vandens tiekimo vožtuvas; 12 – keičiami matavimo objektai; 13 – įvairios matavimo sekcijos; 14 – vandens išleidimo iš bakelio sklendė; 15 – diferencialinio slėgio jutiklis; 16 – atbulinis vožtuvas; 17 – grąžinimo vamzdis

- Elektroninio skaitiklio su skaitmeniniu ekranu pratekančio vandens kiekiui matuoti;
- Penkių nepriklausomų slėgio matavimo sistemų diferencialiniam slėgiui ir hidrauliniams nuostoliams matuoti;
- Dalies skaidrių matavimo objektų, suteikiančių galimybę stebėti proceso pokyčius;

### Eksperimentinio stendo įranga



2 pav. Vamzdžių sekcijų išdėstymas 1 – grąžinimo vamzdis su atbuliniu vožtuvu į vandens baką; 2 – galvanizuoto plieno vamzdis, ½ colio; 3 – varinis vamzdis, 18 × 1 mm; 4 – PVC vamzdis, 20 × 1,5 mm; 5 – siaurėjantis vamzdis PVC, 20–16 mm; 6 – plėtėjantis vamzdis PVC, 20–32 mm; 7 – keičiamų matavimo objektų sekcija; 8 – suapvalinta ir 90° alkūnė, PVC 20 × 1,5 mm; 9 – greito prijungimo jungtys, skirtos slėgiui matuoti

### Skaičiavimuose naudojamų formulių aprašymas

Atskiros vamzdynų dalys (vamzdžių alkūnės, trišakiai, skersmens pokyčiai) bei armatūra (vožtuvai, sklendės) be slėgio nuostolių, atsirandančių dėl trinties į sienes, sudaro papildomus slėgio nuostolius vietinėse kliūtyse.

Šiuose tyrimuose eksperimentiškai nustatomi slėgio nuostoliai  $\Delta p_v$  dėl trinties arba hidrauliniai nuostoliai  $\Delta h_v$ .

Turbulentinio tekėjimo vamzdyje atveju, kai Reynoldso skaičius  $Re > 2320$  ir tekėjimas laikomas nusišvėjusiu, slėgio nuostoliai bus proporcingi:

- vamzdžio ilgiui,  $l$ , m;
- vamzdžio trinties koeficientui,  $\lambda$ ;
- tekančio vandens tankiui,  $\rho$ , kg/m<sup>3</sup>;
- tėkmės greičio  $v$  kvadratui.

Slėgio nuostoliai didėja mažėjant vamzdžio skersmeniui:

$$\Delta p_v = \frac{\lambda \cdot l}{2 \cdot d} \rho \cdot v^2 \quad (1)$$

Turbulentinio tekėjimo vamzdyje atveju trinties koeficientas  $\lambda$  priklauso nuo vamzdžio vidinio paviršiaus šiurkštumo  $k_c$  ir Reynoldso skaičiaus  $Re$ . Koeficientas  $k_c$

rodo vamzdžio vidinių sienelių nelygumų aukštį mm.

Reinoldso skaičius  $Re$  priklauso nuo vamzdžio vidinio skersmens  $d$ , srauto greičio  $v$  ir kinematinio klampumo  $\nu$ :

$$Re = \frac{vd}{\nu} \quad (2)$$

Tėkmės greitis  $v$ , m/s, priklauso nuo kiekio  $V$ , m<sup>3</sup>/h, ir vamzdžio skerspjūvio  $d$ , m<sup>2</sup>:

$$v = \frac{4V}{\pi d^2} \quad (3)$$

Hidrauliškai lygių ( $Re < 65 d/k$ ) vamzdžių atveju ir, kai Reynoldso skaičius yra intervale  $2320 < Re < 105$ , vamzdžio trinties koeficientas apskaičiuojamas pagal Blazijaus formulę:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (4)$$

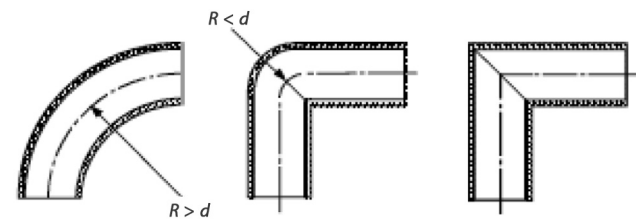
Eksperimentiškai nustatyta hidraulinio trinties koeficiento priklausomybė nuo Reynoldso skaičiaus  $Re$  ir santykinio šiurkštumo pateikta universalioje Altšulio formulėje:

$$\lambda = \frac{1}{(1,821 \lg Re - 1,64)^2} \quad (5)$$

### Tyrimo metodo, pateikiant matavimo vertes, aprašymas

#### Slėgio nuostolių nustatymas alkūnėse

Metodo esmė – nustatyti slėgio nuostolių priklausomybę nuo srauto kiekio alkūnėse ( $R < d$  ir  $R > d$ ).



3 pav. Įvairaus tipo alkūnių pavyzdžiai

Vamzdžių alkūnių pasipriešinimo koeficientas  $\zeta$  priklauso nuo pratekančio srauto krypties (kampu) bei nuo santykio alkūnės spindulio ir vamzdžio skersmens. Be to, nuo alkūnės formos priklauso pasipriešinimo koeficiento dydis.

#### Eksperimento eiga

Dviejų vamzdelių manometras prijungiamas prie vamzdžio alkūnės ( $R < d$ ) slėgio matavimo taškų (8 vamzdžio sekcija, žr. 2 pav.) ir užrašomi diferencialinio manometro 6 ar diferencialinio slėgio jutiklio 15 ir debito matuoklio 10 parodymai (žr. 1 pav.). Analogiškai kartojami matavimai, prijungus alkūnę ( $R > d$ ). 1-oje lentelėje diferencialinis slėgis  $\Delta p_v$ , mbar, nustatomas matuojant slėgį prieš alkūnę ir už jos;  $\Delta p_v$  ir kiekio  $V$ , l/min., parodymai fiksuojami skaitmeniniame

slėgio matavimo ekrane 5 (1 pav.); hidrauliniai slėgio nuostoliai, mm, nustatomi matuojant vamzdiniu diferenciniu manometru 6 (1 pav.).

1 lentelė. Matavimų rezultatai (alkūnė  $R < d$ , PVC 20 × 1,5 mm)

| Bandymų Nr. | Vandens kiekis, V, m <sup>3</sup> /h | Vandens kiekis, V, l/min. | Diferencinis slėgis $\Delta p_v$ , mbar | Slėgio nuostoliai, $h_v$ , mm |
|-------------|--------------------------------------|---------------------------|---|-------------------------------|
| 1           | 2,0                                  | 32,6                      | 26,0                                    | 290                           |
| 2           | 1,5                                  | 25,0                      | 14                                      | 165                           |
| 3           | 1,0                                  | 15,8                      | 5,0                                     | 78                            |

2 lentelė. Matavimų rezultatai (alkūnė  $R > d$ , PVC 20 × 1,5 mm)

| Bandymų Nr. | Vandens kiekis, V, m <sup>3</sup> /h | Vandens kiekis, V, l/min. | Diferencinis slėgis $\Delta p_v$ , mbar | Slėgio nuostoliai, $h_v$ , mm |
|-------------|--------------------------------------|---------------------------|---|-------------------------------|
| 1           | 2,0                                  | 32,6                      | 16,0                                    | 175                           |
| 2           | 1,5                                  | 25,0                      | 10,0                                    | 103                           |
| 3           | 1,0                                  | 15,8                      | 6,0                                     | 52                            |

### Skaičiavimai

Matavimo vertės naudojamos nustatant alkūnių pasipriešinimo koeficientus. Šiuo atveju nėra vamzdžio skersmens pasikeitimų, tad pasipriešinimo koeficiento  $\zeta$  skaičiavimui naudojama formulė:

$$\zeta = \frac{2h_v g}{v^2} - \lambda \frac{l}{d} \quad (6)$$

kur:  $l$  – atstumas tarp slėgio matavimo taškų, m;  $d$  – vidinis vamzdžio skersmuo, m.

Tėkmės greitis  $v$ , m/s, skaičiuojamas:

$$v = \frac{4V}{\pi d^2} \quad (7)$$

Esant vandens kiekiui  $V = 2,0$ , m<sup>3</sup>/h, tėkmės greitis yra:

$$v = \frac{4 \times 2,0}{\pi \times 0,017^2 \times 3600} = 2,45$$

Reinoldso skaičius nustatomas pagal formulę (2), kur:  $d$  – vidinis vamzdžio skersmuo, m;  $\nu$  – kinematinio klampumo koeficientas, m<sup>2</sup>/s ( $\nu = 0,980 \times 10^{-6}$ , kai skysčio temperatūra  $t = 21$  °C).

$$Re = \frac{2,45 \times 0,017}{0,980 \times 10^{-6}} = 42500$$

Vamzdžio trinties koeficientas, apskaičiuotas pagal Blazijaus formulę (4):

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (8)$$

3 lentelė. Skaičiavimų rezultatai (alkūnė  $R < d$ ,  $R > d$ )

| Band. Nr. | Vidinis skersmuo $d$ , mm | Ilgis $l$ , mm | Vandens kiekis       |                         |          | Vandens tėkmės greitis, $v$ , m/s | Reinoldso skaičius, Re | $d/k_e$ |
|-----------|---------------------------|----------------|----------------------|-------------------------|----------|-----------------------------------|------------------------|---------|
|           |                           |                | V, m <sup>3</sup> /h | V, m <sup>3</sup> /s    | V, l/min |                                   |                        |         |
| 1         | 17                        | 160            | 2,0                  | 0,56 x 10 <sup>-3</sup> | 33,33    | 2,45                              | 42500                  | 17000   |
| 2         | 17                        | 160            | 1,5                  | 0,42 x 10 <sup>-3</sup> | 25,00    | 1,84                              | 31910                  | 17000   |
| 3         | 17                        | 160            | 1,0                  | 0,2 x 10 <sup>-3</sup>  | 16,67    | 1,22                              | 21160                  | 17000   |

Analogiškai  $\lambda$  atliekami skaičiavimai atliekami kitoms Re reikšmėms.

Vamzdžio trinties koeficientas, apskaičiuotas pagal Nikuradzės formulę:

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}} \quad (9)$$

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{42326^{0,237}} = 0,0209$$

Vamzdžio trinties koeficientas, apskaičiuotas pagal Altšulio formulę (5):

$$\lambda = \frac{1}{(1,821g42326 - 1,64)^2} = 0,0217$$

Vamzdžio trinties koeficientas, apskaičiuotas pagal Kolbruko formulę:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,81g \frac{Re}{7} \quad (10)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,81g \frac{42326}{7}, \text{ iš čia } \lambda = 0,0216$$

Kliūtis (alkūnės) pasipriešinimo koeficientas  $\xi$  skaičiuojamas pagal formulę:

$$\zeta = \frac{2h_v g}{v^2} - \lambda \frac{l}{d} \quad (11)$$

$$\xi = \frac{2 \times 0,290 \times 9,81}{2,45^2} - 0,0221 \frac{0,160}{0,017} = 0,74$$

Kiti  $\xi$  skaičiavimai atliekami analogiškai. Skaičiavimų rezultatai pateikti 4 ir 5 lentelėse.

Slėgio nuostoliai, Pa, skaičiuojami:

$$\Delta p_v = \xi \frac{\rho v^2}{2} \quad (12)$$

kur:  $\rho$  – vandens tankis, kg/m<sup>3</sup>, kai vandens temperatūra  $t = 20$  °C ( $\rho = 998,2$ );  $\xi$  – vietinės kliūtis (alkūnės) pasipriešinimo koeficientas (4 lentelė).

$$\Delta p_v = 0,74 \frac{998,2 \times 2,45^2}{2} = 2217$$

Slėgio nuostoliai  $\Delta h_v$ , m vand. st., skaičiuojami:

$$\Delta h_v = \frac{\Delta p_v}{\rho \times g} \quad (13)$$

kur:  $\rho$  – vandens tankis, kg/m<sup>3</sup>, kai vandens temperatūra  $t = 20$  °C ( $\rho = 998,2$ ).



4 lentelė. Skaičiavimų rezultatai (alkūnė  $R < d$ )

| Vamzdžio sekcija | $\lambda$ apskaičiuotas pagal formulę | Vamzdžio trinties koeficientas, $\lambda$ | Vandens tekėjimo greitis, $v$ , m/s | Reinoldso skaičius, $Re$ | Išmatuoti slėgio nuostoliai, $h_p$ , m | Pasipriešinimo koeficientas, $\zeta$ |
|------------------|---------------------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------|--|--------------------------------------|
| 8                | Blazijaus                             | 0,0221                                    | 2,45                                | 42500                    | 0,290                                  | 0,74                                 |
|                  |                                       | 0,0237                                    | 1,84                                | 31910                    | 0,165                                  | 0,74                                 |
|                  |                                       | 0,0262                                    | 1,22                                | 21160                    | 0,078                                  | 0,78                                 |
| 8                | Nikuradzės                            | 0,0209                                    | 2,45                                | 42500                    | 0,290                                  | 0,75                                 |
|                  |                                       | 0,0221                                    | 1,84                                | 31910                    | 0,165                                  | 0,75                                 |
|                  |                                       | 0,0241                                    | 1,22                                | 21160                    | 0,078                                  | 0,80                                 |
| 8                | Altšulio                              | 0,0217                                    | 2,45                                | 42500                    | 0,290                                  | 0,74                                 |
|                  |                                       | 0,0223                                    | 1,84                                | 31910                    | 0,165                                  | 0,75                                 |
|                  |                                       | 0,0257                                    | 1,22                                | 21160                    | 0,078                                  | 0,79                                 |
| 8                | Kolbruko                              | 0,0216                                    | 2,45                                | 42500                    | 0,290                                  | 0,75                                 |
|                  |                                       | 0,0231                                    | 1,84                                | 31910                    | 0,165                                  | 0,74                                 |
|                  |                                       | 0,0255                                    | 1,22                                | 21160                    | 0,078                                  | 0,79                                 |

5 lentelė. Skaičiavimų rezultatai (alkūnė  $R > d$ )

| Vamzdžio sekcija | $\lambda$ apskaičiuotas pagal formulę | Vamzdžio trinties koeficientas, $\lambda$ | Vandens tekėjimo greitis, $v$ , m/s | Reinoldso skaičius, $Re$ | Išmatuoti slėgio nuostoliai, $h_p$ , m | Pasipriešinimo koeficientas, $\zeta$ |
|------------------|---------------------------------------|---|-------------------------------------|--------------------------|--|--------------------------------------|
| 8                | Blazijaus                             | 0,0221                                    | 2,45                                | 42500                    | 0,175                                  | 0,36                                 |
|                  |                                       | 0,0237                                    | 1,84                                | 31910                    | 0,103                                  | 0,37                                 |
|                  |                                       | 0,0262                                    | 1,22                                | 21160                    | 0,052                                  | 0,44                                 |
| 8                | Nikuradzės                            | 0,0209                                    | 2,45                                | 42500                    | 0,175                                  | 0,38                                 |
|                  |                                       | 0,0221                                    | 1,84                                | 31910                    | 0,103                                  | 0,39                                 |
|                  |                                       | 0,0241                                    | 1,22                                | 21160                    | 0,052                                  | 0,46                                 |
| 8                | Altšulio                              | 0,0217                                    | 2,45                                | 42500                    | 0,175                                  | 0,37                                 |
|                  |                                       | 0,0223                                    | 1,84                                | 31910                    | 0,103                                  | 0,39                                 |
|                  |                                       | 0,0257                                    | 1,22                                | 21160                    | 0,052                                  | 0,44                                 |
| 8                | Kolbruko                              | 0,0216                                    | 2,45                                | 42500                    | 0,175                                  | 0,37                                 |
|                  |                                       | 0,0231                                    | 1,84                                | 31910                    | 0,103                                  | 0,38                                 |
|                  |                                       | 0,0255                                    | 1,22                                | 21160                    | 0,052                                  | 0,45                                 |

6 lentelė. Slėgio nuostoliai alkūnėje ( $R < d$ )

| Apskaičiuota pagal formulę | Vandens tekėjimo greitis $v$ , m/s | Apskaičiuoti nuostoliai $\Delta p_p$ , kPa | Išmatuoti slėgio nuostoliai $\Delta h_p$ , m | Apskaičiuoti slėgio nuostoliai $\Delta h_p$ , m |
|----------------------------|------------------------------------|--|--|---|
| Blazijaus                  | 2,45                               | 2,217                                      | 0,175  | 0,226   |
|                            | 1,84                               | 1,252                                      | 0,103  | 0,127   |
|                            | 1,22                               | 0,580                                      | 0,052  | 0,059   |
| Kolbruko                   | 2,45                               | 2,246                                      | 0,290  | 0,229   |
|                            | 1,84                               | 1,252                                      | 0,165  | 0,127   |
|                            | 1,22                               | 0,587                                      | 0,078  | 0,060   |

7 lentelė. Slėgio nuostoliai alkūnėje ( $R > d$ )

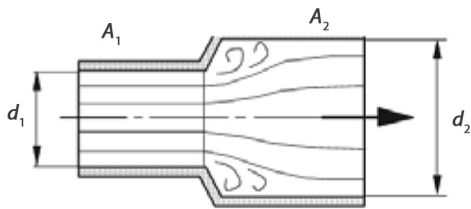
| Apskaičiuota pagal formulę | Vandens tekėjimo greitis $v$ , m/s | Apskaičiuoti slėgio nuostoliai $\Delta p_v$ , kPa | Išmatuoti slėgio nuostoliai $\Delta h_v$ , m | Apskaičiuoti slėgio nuostoliai $\Delta h_v$ |
|----------------------------|------------------------------------|---|--|---|
| Blazijaus                  | 2,45                               | 1,078   | 0,175  | 0,110                                       |
|                            | 1,84                               | 0,626   | 0,103  | 0,064                                       |
|                            | 1,22                               | 0,327   | 0,052  | 0,033                                       |
| Kolbruko                   | 2,45                               | 1,108   | 0,175  | 0,113                                       |
|                            | 1,84                               | 0,643   | 0,103  | 0,066                                       |
|                            | 1,22                               | 0,335   | 0,052  | 0,034                                       |

### Slėgio nuostolių nustatymas keičiantis vamzdžio skerspjūviui

Eksperimentiniame stende (2 pav.) esančios skirtingų skerspjūvių sekcijos yra praplatėjančios (6) arba susiaurėjančios (5). Esant netolygiam skerspjūvio pasi-

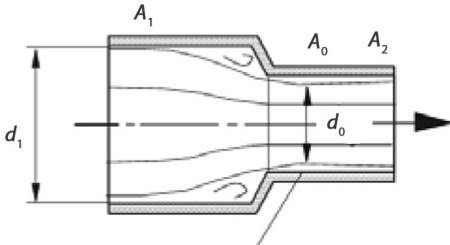
keitimui, pasipriešinimo koeficientą galima skaičiuoti naudojantis Bernulio lygtimi ir srauto kiekio dėsniumi.

Vamzdžio skerspjūvio pasikeitimo pavyzdžiai pateikti 4 paveiksle. Abiem atvejais atliekami bandymai slėgio nuostoliams nustatyti ir atlikti palyginimą.



Praplatėjimo atveju:

$$\zeta = \left( \frac{A_2}{A_1} - 1 \right)^2 = \left( \frac{d_2^2}{d_1^2} - 1 \right)^2 \quad (14)$$



Susiaurėjimo atveju:

$$\zeta = \left( \frac{A_1}{A_0} - 1 \right)^2 = \left( \frac{d_1^2}{d_0^2} - 1 \right)^2 \quad (15)$$

Constriction of flow cross-section

4 pav. Vamzdžio skersmens pokyčiai; kur:  $A_0$  ir  $d_0$  – susiaurėjusio vamzdžio skerspjūvio plotas ir skersmuo.

**Ekspimentiniai matavimai keičiantis vamzdžio skerspjūviui**

Dviejų vamzdelių manometras arba diferencialinio slėgio jutiklis prijungiamas prie tolygiai plėtėjančio skerspjūvio sekcijos slėgio matavimo taškų (6 sekcija) ir užrašomi manometro ir vandens kiekio skaitiklio parodymai. Matavimai kartojami su tolygiai siaurėjančio skerspjūvio sekcija (5 vamzdžio sekcija). Matavimų rezultatai surašomi į 6 ir 7 lenteles.

**Skaičiavimo metodas, keičiantis vamzdžio skerspjūviui**

Vamzdžio praplatėjimo atveju pasipriešinimo koeficientas  $\xi$  skaičiuojamas pagal formulę (14):

Vamzdžio skerspjūvio plotai  $A_2$  ir  $A_1$ ,  $m^2$ , skaičiuojami:

$$A_1 = 0,785d_1^2 = 0,758 \times 17^2 = 0,2269$$

$$A_2 = 0,6421$$

$$\xi = \left( \frac{0,6421}{0,2269} - 1 \right)^2 = \left( \frac{0,0286^2}{0,017^2} - 1 \right)^2$$

$$\xi = 3,35$$

Vamzdžio susiaurėjimo atveju pasipriešinimo koeficientas  $\xi$  skaičiuojamas analogiškai, kaip ir praplatėjimo atveju. Vamzdžio skerspjūvio plotai  $A_1$  ir  $A_0$ ,  $m^2$ , skaičiuojami:

$$A_1 = 0,785d_1^2 = 0,758 \times 17^2 = 0,2269$$

$$A_0 = 0,1673$$

$$\zeta = \left( \frac{0,2269}{0,1673} - 1 \right)^2 = \left( \frac{0,017^2}{0,0146^2} - 1 \right)^2$$

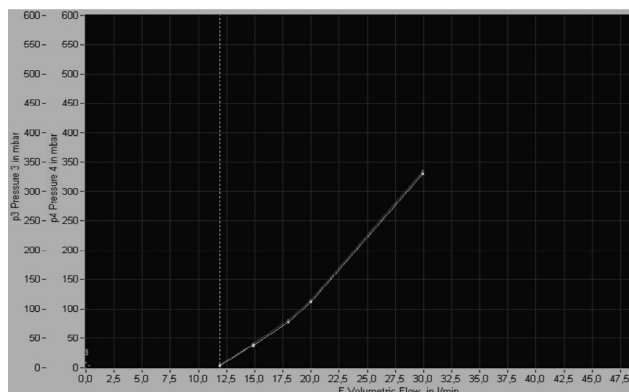
$$\xi = 0,127$$

6 lentelė. 6 vamzdžio sekcija: tolygiai plėtėjanti 20–32,  $d_1 = 17$  mm,  $d_2 = 28,6$  mm,  $l = 145$  mm

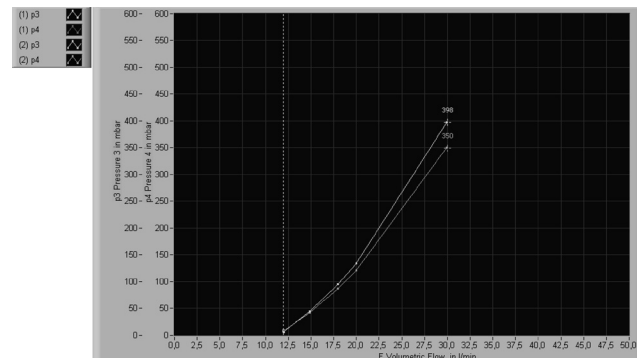
| Vandens kiekis, V, l/min. | Slėgio nuostoliai, $h_v$ , mm | Slėgio nuostoliai, $p_v$ , mbar |
|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 12                        | -9,0                          | -1,0                            |
| 15                        | -11,0                         | -2,0                            |
| 18                        | -13,0                         | -3,0                            |
| 20                        | -16,0                         | -4,0                            |
| 30                        | -42,0                         | -5,0                            |

7 lentelė. 5 vamzdžio sekcija: tolygus susiaurėjimas 20–16,  $d_1 = 17$  mm,  $d_2 = 14,6$  mm,  $l = 145$  mm

| Vandens kiekis, V, l/min. | Slėgio nuostoliai, $h_v$ , mm | Slėgio nuostoliai, $p_v$ , mbar |
|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 12                        | +118                          | -3,0                            |
| 15                        | +163                          | +2,0                            |
| 18                        | +230                          | +6,0                            |
| 20                        | +274                          | +10,0                           |
| 30                        | +612                          | +48,0                           |



7 pav. Slėgio nuostolių priklausomybė nuo srauto kiekio esant tolygiam vamzdžio praplatėjimui



8 pav. Slėgio nuostolių priklausomybė nuo srauto kiekio esant tolygiam vamzdžio siaurėjimui

## Išvados

1. Pasipriešinimo koeficientas vamzdyno alkūnėje, kai  $R < d$ , yra apie 50 proc. didesnis, nei esant alkūnei, kurios  $R > d$ , todėl, montuojant inžinerinių sistemų vamzdžius, būtina juose vengti staigių alkūnių ir, siekiant optimalaus hidraulinio režimo, montuoti alkūnes, kurių  $R > d$ .

2. Vamzdžio susiaurėjimo atveju hidraulinis pasipriešinimo koeficientas  $\xi$  yra 3,35, vamzdžiui plėtėjant – 0,127 (skirtumas – 264 proc.), taigi projektuojant reikia numatyti plėtėjančius link vartotojų šilumą vartojančių įrenginių vamzdynus, kuriuose slėgio nuostoliai yra mažesni.

3. Eksperimentų duomenys parodė, kad vamzdžio praplatėjimo atveju ir, esant 30 l/min. vandens kiekiui, slėgio nuostoliai yra nykstamai maži, nes slėgio padidėjimas, sąlygotas vandens tekėjimo greičio mažėjimo, eliminuoja slėgio kritimą, atsiradusį dėl trinties į vamzdžio vidinę sienelę.

4. Projektuojant ir montuojant pastatų inžinerinių sistemų ir šilumos perdavimo lauko tinklų vamzdynus pagal 1 ir 2 išvados nustatytus dėsningumus, tinkamai cirkuliacijai palaikyti reikės mažiau elektros energijos, reikalingos cirkuliacinių siurblių veikimui užtikrinti. Taip pat papildomai taupyti elektros energiją gali kintamo srovės dažnio siurbliai, kurių elektros energijos suvartojimas keičiasi priklausomai nuo cirkuliuojančio vandens kiekio.

## Literatūra

1. Pekus, R. Inžinerinių tinklų hidraulinis skaičiavimas. Vilnius: Technika, 2004.
2. Šaulys, V. Skysčių mechanikos pagrindai. Vilnius: Technika, 2010.
3. Munson, B. et al. Fundamentals of Fluid Mechanics [fourth edition]. New York: John Wiley & Sons, 2002.

## Experimental investigation of piping's pressure losses

Virginija Urbonienė, Povilas Milius,  
Vytautas Norvila, Edvard Ulevič

Vilnius University of Applied Engineering Sciences

Pressure losses are forming during the circulation of the hot water in the building's engineer systems and heat supply outside network pipes. These losses have a direct influence on energy amount consumed over the operation of circulation pumps. The maximum of pressure losses are forming in the constructional elements of piping, i.e. in the bends, positions of variation of tube's diameter, controlling and shut-down armature.

Experimental investigation was performed using the modern laboratory hydraulic system produced developed by German company G.U.N.T. Tube bends of two types ( $R > d$  and  $R < d$ ) and positions of variation of PVC tube's diameter were investigated. Pressure was measured before the obstacle (bend or position of variation of PVC tube's diameter) and behind it. Differential manometer, six tube manometer, digital appliance metering pressure and water amount were the devices indicating the measurements results.

Seeking to compare the got data hydraulic friction and resistance coefficients were calculated agreeably to Blasius, Nikuradse, Colbrook and Altshul formulas. Experimental investigation and theoretical calculations were applied establishing the positions of developed piping where the maximum of pressure losses exist.

**Keywords:** density, kinetic viscosity, hydraulic friction coefficient, laminar and turbulent flow, Reynolds number.

# TRAUKOS RIEDMENŲ PATIKIMUMO TYRIMAS LIETUVOS GELEŽINKELYJE

Viačeslav Petrenko

Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, Antakalnio g. 54, Vilnius

**Anotacija.** Patikimumas tai pagrindinis lokomotyvų, dyzelinių ir elektrinių traukinių kokybės parametras. Jeigu šilumvežio patikimumo lygis nepakankamas, tai jis negalės laiku atlikti kitų savo kokybės rodyklių, pavyzdžiui paskirties arba ekonomiško. Taigi, galima tvirtinti, kad viena iš pagrindinių Lietuvos geležinkelio riedmenų ūkio problemų, tai lokomotyvų, dyzelinių ir elektrinių traukinių patikimo darbo užtikrinimas. Straipsnyje nagrinėjami pagrindiniai traukos riedmenų patikimumo parametrai: vidutinis gedimų skaičius, darbo be gedimų tikimybė. Tiriamojoje lokomotyvų grupėje eksploatuojami skirtingo eksploatacinio amžiaus ir skirtingo patikimumo lygio šilumvežiai, kuriems atliekamos skirtingo lygio periodinės apžiūros ir remontai, todėl norint gauti tikslius traukos riedmenų patikimumo tyrimo rezultatus, skaičiavimuose būtina įvertinti šių faktorių įtaką patikimumo parametrui. Straipsnyje siūlomas naujas duomenų apdorojimo algoritmas, įvertinantis lokomotyvų amžių ir periodines apžiūras ir remontus. Straipsnyje aprašytas traukos riedmenų atsarginių dalių nomenklatūrinių grupių ribos nustatymo metodas, kuris leidžia struktūrizuoti atsargines dalis, įvertinant dalių poreikį ir išlaidų dalį pirkimui, gedimų šalinimui, dalių sandėliavimui ir transporto priemonių prastovai ir įvertinant kitus įmonės veiklos prioritetus ir ypatumus.

**Pagrindinės sąvokos:** Geležinkelio riedmenys, patikimumas, patikimumo nustatymas, atsarginių dalių nomenklatūra.

## Įvadas

Patikimumas – tai pagrindinis lokomotyvų, dyzelinių ir elektrinių traukinių kokybės parametras. Traukos riedmenų patikimumą išreiškia nustatyti parametrai, kurie išlieka nepakitę tam tikrą laiką. Parametrai apibūdina riedmenų savybes atliekant reikiamas funkcijas, kai jie eksploatuojami, prižiūrimi, remontuojami ir saugomi nustatytuose režimuose ir sąlygose.

Jeigu šilumvežio patikimumo lygis nepakankamas, tai prastėja ir kiti kokybės rodikliai, pavyzdžiui, paskirties arba ekonomiško. Nepakankamas patikimumas mažina traukos riedmenų parko naudojimo ekonominį efektyvumą, didėja geležinkelio transporto keleivių ir krovinių vežimų išlaidos.

Taigi galima tvirtinti, kad viena iš pagrindinių Lietuvos geležinkelio riedmenų ūkio problemų – tai lokomotyvų, dyzelinių ir elektrinių traukinių patikimo darbo užtikrinimas. Ši problema tampa vis opesnė, nes tobulėja traukos riedmenų įrenginiai, automatizuojami energijos keitimų procesai, taikomos šiuolaikinės elektrinės ir elektroninės reguliavimo sistemos, didėja traukos riedmenų naudojimo intensyvumas.

Lokomotyvų, kaip ir kitų gaminių, patikimumo tiesiogiai apskaičiuoti neįmanoma, todėl jų patikimumo savybių kiekybines charakteristikas aprašo vienetiniai ir kompleksiniai patikimumo rodikliai. Negendamo rodiklių grupę sudaro gedimų srautas, vidutinis gedimų skaičius, įdirbis iki gedimo, vidutinis darbo laikas be gedimų, darbo be gedimų tikimybė. Prie ilgą amžiškumo rodiklių galima priskirti vidutinį traukos riedmenų resursą iki pirmo kapitalinio remonto. Patikimumo savybių rodiklis – vidutinis traukos riedmenų remonto laikas. Traukos riedmenų patikimumo kompleksinis rodiklis – techninio panaudojimo koeficientas, stovėjimo koeficientas.

## Traukos riedmenų patikimumo informacijos rinkimas ir apdorojimas

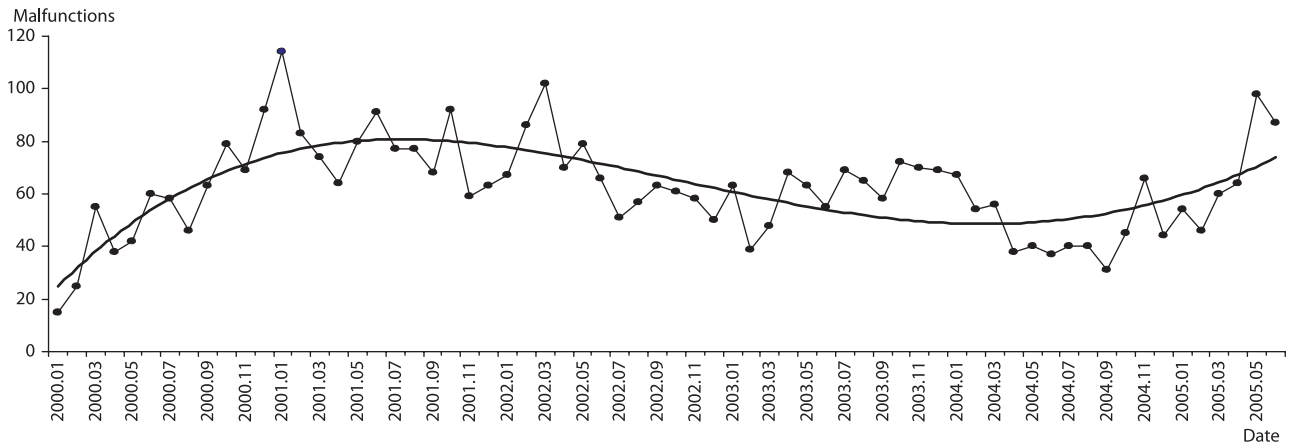
Duomenų bazė aprašoma loginių duomenų algoritmu arba lokomotyvų gedimų diagrama. Šis modelis nusako pagrindinių objektų nustatymą, objektų savybes ir jų tarpusavio ryšius. Siūlomoje lokomotyvų gedimų registracijos diagramoje duomenų bazė dalinama į keturias dalis: riedmenų atranka, gedimų registracija, lokomotyvų ridų registracija ir patikimumo parametrų skaičiavimas. Pirmoje dalyje pateiktas bendras visų lokomotyvų sąrašas ir siūlomi lokomotyvų atrankos variantai pagal lokomotyvų depą, tipą, seriją ir pagaminimo metus. Antra dalis skirta gedimų registracijai: lokomotyvas atrenkamas pagal seriją ir numerį, klasifikuojamas gedimas, nustatomas gedimo kaltininkas ir aprašomos remonto laiko sąnaudos. Lokomotyvų ridos pateiktos trečioje dalyje, t. y. čia parodomi lokomotyvų ridų per mėnesį nuo pagaminimo tarp techninių priežiūrų arba remontų statistiniai duomenys. Pagrindiniai traukos riedmenų patikimumo parametrai skaičiuojami ir vaizduojami ketvirtoje dalyje.

Naudojant kompleksinę duomenų bazę, lengvai išsprendžiamos patikimumo informacijos saugojimo, saugumo ir prieinamumo problemos. Šios sistemos vartotojas turi galimybę papildyti, modifikuoti duomenų bazės įrašus, taip pat įmanoma duomenų paieška ir statistinė analizė.

## Gautų statistinių duomenų aprašymas

Sukurtoji duomenų bazės dalis „Traukos riedmenų gedimai“ buvo užpildyta Vilniaus lokomotyvų depo traukos riedmenų gedimų statistine informacija. Surinkti duomenys sujungia visą depo traukos riedmenų



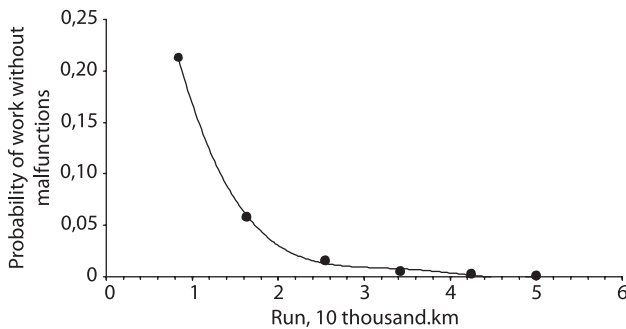


1 pav. 2940 kW galios šilumvežių bendras gedimų skaičius

parką: visų tipų magistralinius ir manevrinius šilumvežius, dyzelinius ir elektrinius traukinius (1 pav.).

Traukos riedmenų ridų duomenų bazėje sukaupta informacija apie Vilniaus lokomotyvų depo magistralinių šilumvežių ridas. Lokomotyvų ridų statistinė informacija nusako, kiek lokomotyvas nuvažiavo per mėnesį ir kiek nuvažiavo nuo pagaminimo datos. Taip pat registruojama lokomotyvo rida nuo paskutinio periodinio remonto KR-1 arba KR-2.

Turint statistinę informaciją apie traukos riedmenų gedimus ir ridas, buvo apskaičiuoti pagrindiniai magistralinių šilumvežių patikimumo parametrai. Buvo pasirinkti šie traukos riedmenų sistemų ir elementų skaičiuojamieji patikimumo parametrai: vidutinis gedimų skaičius; gedimų srautas; darbo be gedimų tikimybė (2 pav.):



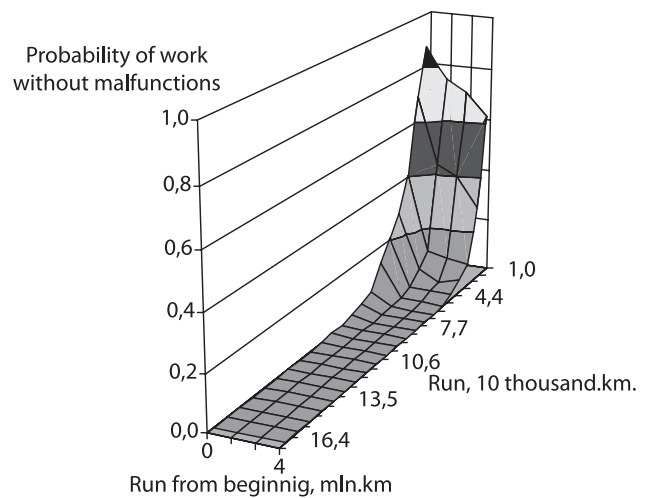
2 pav. 2940 kW galios šilumvežio darbo be gedimų tikimybė

$$y = 0,615e^{-1,388x_1}, \quad (1)$$

čia  $y$  – lokomotyvo darbo be gedimų tikimybė;  $x_1$  – lokomotyvo rida, 10 tūkst. km.

Tiriamajoje lokomotyvų grupėje yra skirtingo eksploatacinio amžiaus šilumvežiai, tai reiškia – skirtingo patikimumo lygio lokomotyvai. Taip pat tos pačios grupės lokomotyvams atliekami skirtingo lygio periodinės apžiūros ir remontai, kurie taip pat keičia patikimumą. Todėl norint gauti tikslius traukos riedmenų patikimumo tyrimo rezultatus, skaičiavimuose būtina įvertinti eksploatacinių faktorių įtaką patikimumo parametrams:

$$y = 0,615e^{-1,388x_1} x_2^{-0,660}, \quad (2)$$



3 pav. 2940 kW galios šilumvežių grupių pagal ridas darbo be gedimų pasiskirstymas

čia  $x_2$  – lokomotyvo rida nuo pagaminimo, mln. km.

Tiriamajame darbe siūlomas naujas duomenų apdorojimo algoritmas, įvertinantis lokomotyvų eksploatacijos faktorius ir užtikrinantis tikslesnius traukos riedmenų patikimumo skaičiavimo rezultatus. Analizuojant sukauptą ir apdorotą statistinę informaciją ir taikant sukurtą duomenų skaičiavimo algoritmą, buvo sudaryti traukos riedmenų darbo be gedimų tikimybės matematiniai priklausomumai 100 tūkst. km ridos stebėjimo intervale, įvertinant ridą nuo pagaminimo ir ridą po kapitalinio remonto.

### Traukos riedmenų atsarginių dalių nomenklatūros nustatymas

Tiriamajame darbe siūloma metodika, kuri gali būti naudojama traukos riedmenų atsarginių dalių nomenklatūrai grupuoti: įvedamas vieningas rodiklis  $C_i$ , atspindintis  $i$ -tosios detalės patikimumo lygį ir visų rūšių išlaidas, įvedami santykiniai tiriamų  $C_i$  rodiklių  $q_i$  dydžiai, didėjančia tvarka  $q_i$  dydžiai sumuojami  $q_{\Sigma i} = \sum q_i$  ir analitiniu būdu traukos riedmenų atsarginės dalys grupuojamos į nomenklatūrinės grupes.

Siekiant analitinio metodo skaičiavimų supaprastinimo, detalių skaičių  $N$  reikia normuoti intervale nuo 0 iki 1 ir įvesti papildomą argumentą  $x$ . Po to priimama funkcinė priklausomybė:

$$y = f(x, a_p), \quad (3)$$

čia  $a_p$  – koeficientai.

Kitame etape randami koeficientai  $a_p$ , pavyzdžiui, mažiausių kvadratų metodu. Nelinijinius priklausomumus, pavyzdžiui  $y = \sqrt{a_0x + a_1x^2}$ ,  $y = a_0x^a$  ir kitus, pertvarkysime kad gautume normalių lygčių sistemą. Nustatant koeficientus  $a_p$ , būtina laikytis pradinių sąlygų: kai  $x = 0$ ,  $y = 0$  ir kai  $x = 1$ ,  $y = 1$ . Tai leis sumažinti lygčių skaičių nustatant koeficientus  $a_p$ .

Taško  $O'$  koordinatėms nustatyti naudosimės Lagranžo teorema, pagal kurią:

$$f'(x) = \frac{f(b) - f(a)}{x_b - x_a}, \quad (4)$$

čia  $f'(x)$  – funkcijos  $f(x)$  išvestinė lietimosi taške;  $f(b)$ ,  $f(a)$  – funkcijos  $f(x)$  reikšmės pradiniam ir paskutiniame taškuose.

Išsprędę (3) lygtį pagal  $x_A$ , tuo pačiu rasime abscisę ir pereiname prie nomenklatūros pagal formulę:

$$N_A = x_A \cdot N. \quad (5)$$

Dabar atsarginių dalių nomenklatūra dalinama į dvi pagrindines grupes: A grupės dalys, B ir C grupių dalių suma. Norėdami rasti B ir C dalių grupių ribą, reikia įvesti visiškai naują koordinačių sistemą, kurios pradžia laikome  $x_A$  abscisę ir  $y(x_A)$  ordinatę. Tokiu būdu pagrindinę lygtį galima užrašyti taip:

$$f'(x) = \frac{f(b) - f(x_A)}{x_b - x_A}, \quad (6)$$

čia  $f(x_A)$  – funkcijos  $f(x)$  reikšmė pradiniam taške.

Išsprędę (5) lygtį pagal  $x_B$ , galima nustatyti nomenklatūros ribą:

$$N_B = x_B \cdot N. \quad (7)$$

## Išvados

Tiriamajame darbe nagrinėjami traukos riedmenų patikimumo parametrai, kurie vertinami kaip atsitiktiniai dydžiai, skaičiavimo ypatumai, galimos paklaidos, jų ribos. Atlikus traukos riedmenų patikimumo tyrimus bei sudarius patikimumo matematinius modelius, suformuluotos šios išvados:

1. Traukos riedmenų patikimumo tiesiogiai nustatyti neįmanoma, todėl jų patikimumo savybės kiekybinės charakteristikas apibūdina vienetiniai arba kompleksiniai patikimumo rodikliai. Tiriant traukos riedmenų patikimumą, būtina parinkti stebėjimo pla-

ną ir pagal statistinius duomenis rasti įdirbio iki gedimo pasiskirstymo dėsnį bei parinkti formules patikimumo rodikliams skaičiuoti.

2. Sukurta traukos riedmenų gedimų, lokomotyvų ridų ir pagrindinių patikimumo parametrų duomenų bazė skirta informacijai kaupti, saugoti, paieškai, apdorojimui ir analizei. Šių kompiuterinių technologijų taikymas lokomotyvų ūkyje pakeis naudojamą pasenusią popierinę sistemą ir automatizuos statistinių duomenų apskaitą.

3. Iš sukauptos ir apdorotos statistinės informacijos apie traukos riedmenų gedimus ir ridas buvo apskaičiuoti pagrindiniai magistralinių šilumvežių patikimumo parametrai: vidutinis gedimų skaičius, kuris prekiniams lokomotyvams tyrimo laikotarpiu siekė iki 79 gedimų vienam šilumvežiui; gedimų dažnis, kuris prekiniams lokomotyvams vidutiniškai siekė iki 171 gedimo 1 mln. km; darbo be gedimų tikimybė, kuri artėjo link nulio, kai lokomotyvų rida siekia 44 tūkst. km.

4. Tiriamojoje lokomotyvų grupėje eksploatuojami skirtingo eksploatacinio amžiaus ir skirtingo patikimumo lygio šilumvežiai, kuriems atliekamos skirtingo lygio periodinės apžiūros ir remontai, todėl norint gauti tikslus traukos riedmenų patikimumo tyrimo rezultatus, skaičiavimuose būtina įvertinti šių eksploatacinių faktorių įtaką patikimumo parametrms. Darbe siūlomas naujas duomenų apdorojimo algoritmas, įvertinantis lokomotyvų amžių ir periodines apžiūras ir remontus. Analizuojant sukauptą ir apdorotą statistinę informaciją ir taikant sukurtą duomenų skaičiavimo algoritmą buvo sudaryti traukos riedmenų darbo be gedimų tikimybės matematiniai priklausomumai 100 tūkst. km ridos stebėjimo intervale, įvertinant ridą nuo pagaminimo ir ridą po kapitalinių remontų. Nustatyta, kad naujų lokomotyvų darbo be gedimų tikimybė po 18 tūkst. km rida 41% didesnė nei lokomotyvų, kurių rida siekė 4 mln. km.

5. Kai tiksliai žinomas traukos riedmenų dalių patikimumo lygis, gali būti išspręsta šio ūkio atsarginių dalių struktūrizavimo problema – iš daugelio dalių nomenklatūrinių grupių išskirti pagrindines sudedamąsias, kurių optimizacija turi būti atlikta pirmiausia. Darbe sukurtas traukos riedmenų atsarginių dalių nomenklatūrinių grupių ribos nustatymo metodas, kuris leidžia struktūrizuoti atsargines dalis, įvertinant dalių poreikį ir išlaidas joms pirkti, poreikį gedimams šalinti, dalims sandėliuoti. Metodas padeda numatyti transporto priemonių prastovas ir įvertinti kitus įmonės veiklos prioritetus ir ypatumus.

## Literatūra

1. Lingaitis L. P. Elektrinių traukinių priežiūra ir patikimumas. Vilnius: Technika, 2001, 232 p.
2. Лукинский В. С. Логистика автомобильного транспорта. Москва: Финансы и статистика, 2000, 227 с.
3. Четвергов В. А., Пузанков А. Д. Надёжность локомотивов. Москва: Маршрут, 2003, 415 с.

## **Research of Traction Rolling Stock Reliability in Lithuanian Railways**

**Viačeslav Petrenko**

*Vilnius University of Applied Engineering Sciences*

Reliability is the main criteria of the quality for the railway rolling stock. If diesel locomotive's reliability level isn't high enough, it can't realize other quality criteria, for example purpose or economy. It is possible to claim, that one of the main Lithuania's railway transport problem is to sustain reliability level of locomotives, diesel and electric multi-units. The article examines the main reli-

ability parameters for locomotives: the average number of faults, the rate of faults, probability for runs having no faults. There are different age and reliability levels for maintained locomotive groups under the research, so different level of repairs and maintenance resulted on their reliability. The new algorithm to assess the locomotive maintainability factors and to make the defining results more precise on the basis of statistical data processing is suggested in this article. The article presents the methods to define the margins for traction rolling stock spare parts nomenclature groups are developed and presented in this article what can be applied for traction rolling stock spare parts stock nomenclature grouping.

# BENZININIŲ IR DYZELINIŲ MAITINIMO SISTEMŲ VALYMO PRIEDŲ „VALVOLINE“ ĮTAKOS VARIKLIO DARBO CHARAKTERISTIKOMS TYRIMAS

Renaldas Baranauskas

VšĮ Kauno technikos kolegija

**Anotacija.** Šiame straipsnyje apžvelgiama „VALVOLINE“ benziniųjų ir dyzelinių maitinimo sistemų valymo priedai ir jų įtaka variklio darbo charakteristikoms. Tyrimas atliekamas lengviesiems automobiliams įpilant „VALVOLINE“ priedus į degalų bakus. Prieš įpilant priedų patikrinama automobilio elektrinė kompresija ir išmetamosios dujos. Automobiliams nuvažiavus nuo 50 iki 200 kilometrų naudojant kurą su „VALVOLINE“ priedais, vėl atliekami analogiški matavimai. Straipsnyje rezultatai pateikiami ir palyginami, padaromos rezultatų išvados.

## Įvadas

Šiuo metu griežtėja ekologiniai reikalavimai transporto priemonėms, siekiama variklio darbo efektyvumo ir ekonomiškumo. Tačiau nors ir būtų tobulas termodinaminis požiūris jo darbo ciklas, reikia, kad kuo mažesni būtų vidaus nuostoliai.

Kokios gi priemonės gerina efektyvius variklio rodiklius? Visų pirma, tinkamai pasirinktas variklio eksploatacijos režimas. Kai eksploatuojamas šaltas variklis, didėja trinties nuostoliai, dėl to blogesni jo efektyvūs rodikliai. Perkaitinti variklį pavojinga, nes gali būti pažeista skysčio trinties sąlyga. Todėl variklį reikia eksploatuoti esant tinkamai jo darbo temperatūrai. Be to, patartina naudoti tik variklių gamyklų rekomenduojamas alyvas. Antra, teisingai parinktas variklio greitinis režimas. Didinant veleno sukimosi greitį, didėja inercijos jėgos, kurios atsiranda detalėms judant, be to, didėja stūmoklių vidutiniai greičiai. Dėl to didėja mechaniniai nuostoliai. Efektyvūs variklio rodikliai taip pat priklauso nuo variklio konstrukcijos, naudojamų medžiagų ir detalių gamybos technologijos. Tačiau, kad ir kiek būtų tobulinami varikliai, eksploatacijos metu atsiranda daug pašalinių veiksnių, kurie mažina variklio ekonomiškumą. Tai ir naudojamas kuras, tepalas, aušinimo skystis, įvairūs sandarinimo elementai. Be abejo, eksploatacijos metu dyla ir patys besitrinantys ar cheminių ir terminių procesų veikiami variklio elementai bei detalės. Šiuolaikiniai varikliai tampa technologiškai sudėtingesni ir tikslesni. Netgi maži anglies nuosėdų kiekiai (nepilnai sudegęs kuras) variklį gali „atjungti“, sumažės jo galia ir jis naudos daugiau kuro. Visa tai atsiliepia variklio darbui ir ekonomiškumui jo eksploatacijos metu.

Tobulėjant technikai, intervalai tarp transporto priemonių aptarnavimų ilgėja, o vienas iš pagrindinių aptarnaujamų elementų, be abejo, yra variklis. Tuo susiderinti tiek techniką naudojantys (eksploatuojantys) vartotojai, tiek ir gaminančios ar aptarnaujančios organizacijos.

Šiame darbe apžvelgsiu variklio priežiūrai naudojamus priedus ir atliksiu savarankišką nepriklausomą tyrimą, kuris patvirtintų arba paneigtų Valvoline priedų savybes.

## Reikia ar nereikia plauti variklio sistemą? Kuo ją plauti?

Įvairios kalbos bei ginčai apie tai verčia rimčiau pasidomėti šia problema. Kokiomis priemonėmis galima efektyviai tai atlikti? Kokie veiksniai veikia variklio darbą?

Sunkio variklių darbo sąlygos, aukšta ir žema temperatūra, tepimo ir degimo produktai daro įtaką variklio darbo efektyvumui. O dėl to variklyje kaupiasi suodžiai, lakai, dervos rūgštiniai produktai ir kitos dilimo nuosėdos. Ar visi šie produktai žalingi varikliui? Ekspertai teigia – taip!!! Visi šie pašaliniai produktai trumpina variklio amžių. Dauguma vairuotojų su tuo sutiks ir nebūdami ekspertais.

„Nuosėdos, lakai ir dervos neleidžia varikliui našiai dirbti. Korozinės rūgštys ir nuosėdos gali labai rimtai pakenkti varikliui“, – rašoma daugumos gamintojų automobilių eksploatacijos atmintinėse klientams. Ką reikia žinoti apie variklių sistemas?

Šiuolaikinis vidaus degimo variklis – tai sudėtingas mechanizmas, kurio sklandus darbas priklauso nuo darnaus visų jo sistemų, pirmiausia – tepimo ir maitinimo sistemų – funkcionavimo. Dėl nepakankamos šių variklio sistemų priežiūros susidaro didesni nuosėdų kiekiai nei dėl visų kitų priežasčių kartu paėmus. Todėl labai svarbu laiku ir reguliariai keisti alyvą, alyvos, oro ir kuro filtrus, valyti kuro ir aušinimo sistemas, keisti aušinimo skystį. Nuosėdos gali labai rimtai pakenkti varikliui. Dėl alyvos senėjimo ir nuosėdų susidarymo užsikoksuoja stūmoklio žiedai, jie prikepa ir užstringa stūmoklio grioveluose; pablogėja detalių aušinimas ir padidėja darbinė temperatūra variklyje; pradega ar kreipiančiosiose įvorėse užstringa vožtuvai; sutrinka įsiurbimo-išmetimo traktas; užsikemša alyvos ėmiklio tinklelis, filtrai, alyvos magistralė, drenažinės angos tepaliniuose žieduose ir stūmoklyje; padidėja alyvos klampumas; labai padidėja korozinis detalių dilimas. Vien tik alyvos keitimu visų nuosėdų pašalinti neįmanoma. Variklį būtina plauti. Geriausias būdas – išardyti variklį ir išplauti detales žibalu, benzinu ar kitu plovikliu. Tačiau toks būdas užima daug laiko ir yra brangus. Tokiu būdu yra plaunami tik užsikirtę arba



remontuojami varikliai. Paprastai varikliai plaunami taip: į karterį pilamas ploviklis, variklis kuriam laikui paleidžiamas dirbti laisva eiga, po to nešvarumai kartu su plovikliu pašalinami iš karterio ir pilama nauja alyva. Šioje procedūroje pagrindinį vaidmenį atlieka ploviklis, todėl svarbu pasirinkti tinkamiausią ir efektyviausią. Čia jau nepanaudosi benzino ar vandens. Gal kam atrodys keista, kad paminėjau vandenį, tačiau vanduo tirpdo dėl etileno glikolio susidariusias nuosėdas. Benzinas ir žibalas jų ištirpinti negali.

Taigi – kokį ploviklį pasirinkti? Žinoma tą, kuris tirpina ir išplauna visas nuosėdas, mažiausiai kenkia varikliui, o pati procedūra neužima daug laiko. Etileno glikolio monobutilo eteris tirpdo visas nuosėdas, iš jų ir susidariusias dėl aušiklyje esančio etileno glikolio ir alyvos sąveikos. Tačiau norėčiau įspėti, kad plovikliai, kurių sudėtyje yra žibalas ar mineralinis spiritas, nėra 100% saugūs varikliui (jie praskiedžia alyvą ir nelabai „patinka“ tarpinėms bei riebokšliams), todėl būtina tiksliai vykdyti visus ploviklio instrukcijoje pateiktus nurodymus.

Tačiau netgi išplovus tepimo sistemą, mes negarantuojame visų kenksmingų varikliui elementų pašalinimą iš variklio sistemos. Be to, lieka nei kiek ne mažiau svarbi variklio maitinimo sistema, kurią taip pat rekomenduojama valyti. Tai taip pat galima atlikti išardant ir praplaunant visus sistemos elementus specialiais tirpikliais ar ultragarso vonelėse, tačiau tai brangus malonumas, kad tai galėtume sau leisti atlikti periodiškai. Blieka vėlgi naudoti specialius ploviklius pilamus į kurą. Dažniausiai jie gaminami tinkantys dyzeliniams arba benzininiams varikliams. Reikia nepamiršti tokius sistemų valiklius naudoti pakeitus kuro filtrus, nes filtre susikaupę elementai taip pat bus neutralizuojami ir taip į variklį pateks daugiau kenksmingų elementų ir sumažės valiklio veikimo efektyvumas. Atsiliepinimai apie jų panaudojimo efektyvumą labai įvairūs.

Šiame straipsnyje plačiau rašysiu ir atliksiu tyrimą VALVOLINE variklių sistemų valiklių, nes manyčiau, šios serijos plovikliai būtų pats geriausias pasirinkimas Jūsų automobiliui. Bandysiu tai pagrįsti.

## „VALVOLINE“ variklio priežiūros priedų ir jų savybių apžvalga

Valvoline profesionalios serijos produktai:

- atkuria ir pagerina darbą,
- palaiko sistemas švaresnėmis ir sumažina dilimą,
- didina klientų pasitenkinimą,
- padidina pajamas už aptarnavimą.

Šioje produktų eilėje mes rasime variklio valiklių VPS, skirtą variklio tepimo sistemoms valyti. Šis valiklis yra paskutinės kartos produktas, kuris neapsunkina variklio darbo, žiedų ir vožtuvų lizdų arba sandariklių. Jame nėra jokių komponentų, kurie pablogintų variklio darbą.

Šio valiklio naudingumas:

- išvalo alyvos kanalus ir pagerina cirkuliaciją,



1 pav. „Valvoline“ priedai varikliui

- sumažina nuosėdų ir kitų komponentų susidarymą variklio karteryje.

Valvoline radiatorių ploviklis yra labai stiprus paviršinio aktyvumo valymo detergentų ir rūgščių neutralizatorių mišinys. Produktas sukurtas greitam tepalų, nuovirų ir nuosėdų emulgavimui, rūdžių pašalinimui variklio aušinimo sistemoje.

Valvoline SynPower (būtent jiems savo darbe skirsiu didžiausią dėmesį) sistemos valikliai įrodė, kad gali greitai išvalyti įsitrynusias nuosėdas, vandenį, kitas priemaišas iš variklių kuro maitinimo sistemų ir labai palengvinti variklio aptarnavimą. Senesnių technologijų kuro valikliai faktiškai padidina nuosėdų kiekį šiuolaikiniuose varikliuose! Būtent dėl šios priežasties vairuotojai juos naudojo tik išskirtiniais atvejais. Valvoline SynPower kuro sistemų valikliai yra labai koncentruoti ir gerai pritaikyti valymui. Sintetiniai Valvoline valikliai pašalina nuosėdas iš kuro sistemos, sudarydami lakius ir degius cheminius junginius.

Nuosėdų priežastis – degimas (nepilnai sudegę degimo produktai), ir jas reikia reguliariai šalinti. Vienu buteliuku SynPower galima apdoroti iki 75 litrų benzino arba dyzelio, priklausomai nuo to, kiek užkimšta ar kaip seniai plauta kuro maitinimo sistema. Patartina naudoti kiekvieno aptarnavimo metu, kad būtų užtikrinamas kuo geriausias variklio darbas. Vartotojai pastebės realų skirtumą jau po pirmo karto. Valiklis nepažeidžia katalizatorių ir suodžių dalelių filtrų.

Valvoline MaxLife valikliai skirti didesnę ridą turintiems varikliams, kadangi tokius variklius reikia prižiūrėti skirtingai. MaxLife valikliai išsprendžia tiek benzininių, tiek dyzelinių variklių senėjimo problemas ir padeda prailginti jų darbą. Juose naudojami priedai nuima degimo kameroje susidariusias nuosėdas ir visiškai išvalo kuro sistemą. Tai padeda atkurti variklio galingumą, padidinti kuro efektyvumą, sumažinti nuodingų išmetamųjų dujų kiekį ir padidinti variklių ilgaamžiškumą. Produktai yra be alkoholio, saugūs naudoti varikliuose su katalizatoriais ar suodžių filtrais, neturi įtakos deguonies jutikliams. Pastoviai naudojant galima sugrąžinti varikliui optimalų veikimą. Kadangi

varikliuose su didesne rida atsiranda daugiau nuosėdų, šį valiklį rekomenduojama naudoti kas 5000 km arba kaskart pakeitus alyvą.

Šie V kartos sintetiniai valikliai skirti sistemoms valyti ir išsienėjusioms nuosėdoms šalinti. Stiprūs detergentai, kurie naudojami VPS kuro sistemų valymo produktuose, valo visus kuro maitinimo sistemos komponentus. Dyzeliniams varikliams reikia kitų sudedamųjų dalių, nes palyginus su benzininiais varikliais, juose degimas vyksta stipriau.

Visi Valvoline kuro sistemų valymo priedai optimizuoja kuro įpurškimo sąlygas, padidina kuro ekonomiją, pagerina išmetamųjų dujų sudėtį, sumažina degimo triukšmą variklyje. Toliau savo darbe tai pabandyti patvirtinti arba paneigti – ar tai mitas (gamintojų reklama), ar tiesa.

## Tyrimo atlikimo metodika

Pateiksiu tyrimo eigos pavyzdį su automobiliu Renault Clio 2000m. 1,4 l 16 V benzininiu varikliu įpilant priedo Valvoline SynPower. Automobilio rida 64000 km pavarų dėžė – automatinė. Spidometro duomenimis vidutinis greitis 17 km/h, rodomas kuro sunaudojimas 11,4 l /100km.

Matavimams naudoju Bosch oscilografą FSA740 ir Bosch dujų analizatorių BEA350. Pamatuoju elektrinę kompresiją šaltu ir šiltu varikliu. Rezultatai pateikiami pavyzdyje (2 pav.)

Atlieku ir išmetamųjų dujų analizę šaltu ir šiltu varikliu (3 pav.).

Atlikus matavimus buvo supiltas Valvoline SynPower kuro sistemos valymo priedas. Nuvažiavus 100 km pakartotinai atlikti tie patys matavimai. Spidometro parodymai: vidutinis greitis 20 km/h, kuro sunaudojimas 9,2 l /100km. Kaip matome, kuro sunaudojimas realiai sumažėjo, nes vidutinis greitis išliko panašus.

Pamatavau elektrinę kompresiją ir išmetamųjų dujų sudėtį šaltu ir šiltu varikliu esant panašioms sąlygoms, kaip ir pradinio matavimo metu (4 ir 5 pav.).

Kaip matome, kompresija padidėjo, vienodesnis tapo ir kompresijos skirtumas tarp cilindrų. Atlikau ir analogiškus išmetamųjų dujų matavimus.

Deja, šiuo atveju atlikus išmetamųjų dujų analizę, rezultatai liko panašūs, kaip ir prieš panaudojant priedus.

## Tyrimo rezultatai

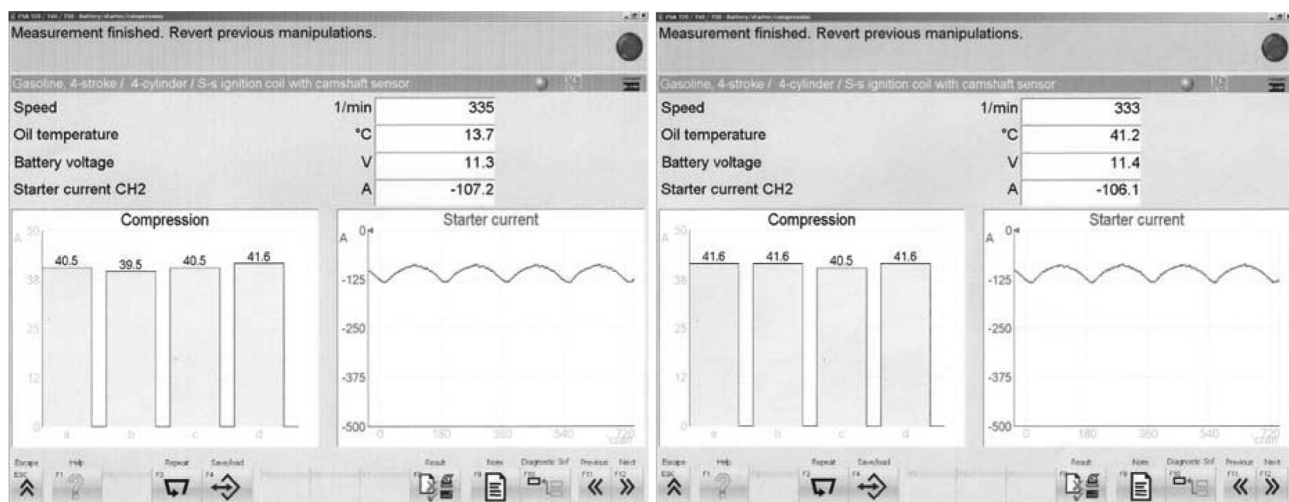
Analogiškai atlikau bandymus su kitais automobiliais atlikdamas matavimus prieš įpilant priedo Valvoline SynPower ir pravažiavus jį naudojant nuo 50 iki 200 km. Neatlikau tik kuro sąnaudų tyrimų, nes daugumos bandomųjų automobilių neturėjau sąlygų gauti degalų sunaudojimo rezultatų, todėl apklausiau automobilių savininkus. Matavimus stengiausi atlikti esant panašioms sąlygoms ir atlikdavau kelis bandymus, kad rezultatai būtų kuo objektyvesni.

Tyrimui naudoti benzininiai automobiliai:

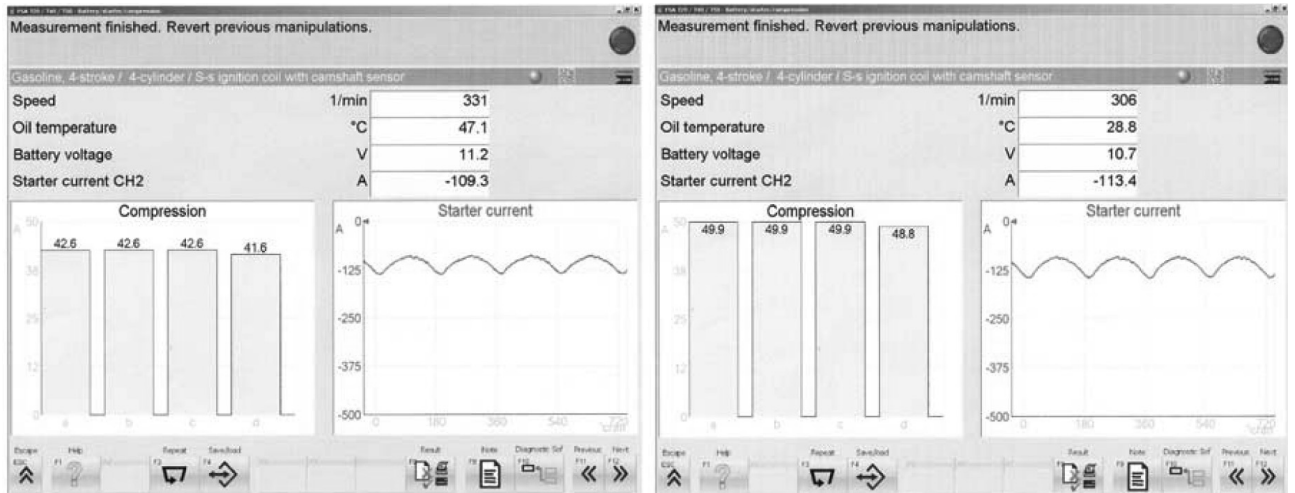
1. Renault Clio, 2000m. 1,4 l.
2. Mazda 626, 1993 m. 2,5 l.
3. Audi A4, 1996 m. 1,6 l.
4. Nissan Sunny, 1992 m. 1,4 l.
5. VW Paesat, 1992 m. 1,8 l.
6. Audi 90, 1991 m. 2,2 l.
7. Mercedes Benz A klasės, 1999 m. 1,4 l.

| B O S C H<br>Deginių em. analizė |                   | B O S C H<br>Deginių em. analizė |                   |
|----------------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|
| BEA versija: V1h00-EURO-N        | DAM versija: 5575 | BEA versija: V1h00-EURO-N        | DAM versija: 5575 |
| Data: 28.12.2010                 | Laikas: 13:53     | Data: 28.12.2010                 | Laikas: 13:43     |
| Variklio temp.                   | OK                | Variklio temp.                   | OK                |
| Matavimo rezultatas 1            |                   | Matavimo rezultatas 1            |                   |
| Lambda                           | 1.098             | Lambda                           | 1.151             |
| CO                               | 0.242 %tur        | CO                               | 0.322 %tur        |
| CO2                              | 12.95 %tur        | CO2                              | 10.75 %tur        |
| HC                               | 325 dmtur         | HC                               | 2748 dmtur        |
| O2                               | 2.39 %tur         | O2                               | 6.18 %tur         |
| NO                               | 0 dmtur           | NO                               | 0 dmtur           |
| COvrai                           | 0.275 %tur        | COvrai                           | 0.436 %tur        |
| Propano daugiklis: 0.530         |                   | Propano daugiklis: 0.530         |                   |

3 pav. Dujų analizatoriaus parodymai šiltu ir šaltu varikliu



2 pav. Elektrinės kompresijos matavimo duomenys šaltu ir šiltu varikliu



4 pav. Elektrinės kompresijos matavimai panaudojus priedą SynPower

Dyzeliniai automobiliai:

1. Toyota Corola, 1998 m. 2,0 l.
2. Peugeot 206, 2000 m. 1,9 l.
3. Ford Galaxy, 1996 m. 2,3 l.
4. Mazda MPV, 1997 m. 2,5 dyz.

Bandymų rezultatus surašiau į lenteles, kad būtų galima efektyviau palyginti.

Matavimai atlikti po to, kai buvo panaudoti Valvoline SynPower priedai. Rezultatus pateikiu analogiškoje lentelėse.

|  |  |   |
|--|--|---|
| <b>BOSCH</b><br>Deginių em. analizė<br>BEA versija: V1h00-EURO-N<br>DRM versija: 5575<br>Data: 03.01.2011<br>Laikas: 15:57<br>Variklio temp. OK                          |  | Propano daugiklis: 0.530<br>Matavimo rezultatas 2<br>Lambda 1.009<br>CO 0.333 Ztur<br>CO2 14.35 Ztur<br>HC 340 dmtur<br>O2 0.79 Ztur<br>NO 0 dmtur<br>COvrai 0.339 Ztur                             |
| Matavimo rezultatas 1<br>Lambda 1.050<br>CO 0.416 Ztur<br>CO2 11.47 Ztur<br>HC 2207 dmtur<br>O2 3.74 Ztur<br>NO 0 dmtur<br>COvrai 0.525 Ztur<br>Propano daugiklis: 0.530 |  | Propano daugiklis: 0.530<br>Matavimo rezultatas 3<br>Lambda 1.006<br>CO 0.265 Ztur<br>CO2 14.43 Ztur<br>HC 343 dmtur<br>O2 0.68 Ztur<br>NO 0 dmtur<br>COvrai 0.271 Ztur<br>Propano daugiklis: 0.530 |

5 pav. Išmetamųjų dujų matavimai panaudojus priedą SynPower

1 lentelė. Pradiniai elektrinės kompresijos matavimo duomenys

| Eil. Nr.                 | Elektrinė kompresija (šaltas variklis) |             |             |             |             |             | Vidurkis | Skirtumas min/max |
|--------------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------------|
|                          | 1 cilindras                            | 2 cilindras | 3 cilindras | 4 cilindras | 5 cilindras | 6 cilindras |          |                   |
| Benzininiai automobiliai |  |             |             |             |             |             |          |                   |
| 1                        | 40,5                                   | 39,5        | 40,5        | 41,6        |             |             | 40,5     | 2,1               |
| 2                        | 31,2                                   | 31,2        | 30,1        | 33,2        | 26,5        | 32,2        | 30,7     | 6,7               |
| 3                        | 31,2                                   | 36,4        | 32,2        | 34,3        |             |             | 33,5     | 5,2               |
| 4                        | 14,4                                   | 14,5        | 13,5        | 13,5        |             |             | 14,0     | 1                 |
| 5                        | 35,4                                   | 31,2        | 32,2        | 34,3        |             |             | 33,3     | 4,2               |
| 6                        | 33,2                                   | 36,4        | 34,3        | 32,2        | 34,3        |             | 34,1     | 4,2               |
| 7                        | 28,1                                   | 28,1        | 30,1        | 30,1        |             |             | 29,1     |                   |
| Dyzeliniai automobiliai  |  |             |             |             |             |             |          |                   |
| 1                        | 78,0                                   | 74,8        | 76,9        | 74,8        |             |             | 76,1     | 3,2               |
| 2                        | 76,9                                   | 94,5        | 77,9        | 90,4        |             |             | 84,9     | 17,6              |
| 3                        | 86,5                                   | 88,2        | 85,6        | 82,4        |             |             | 85,7     | 5,8               |
| 4                        | 78,0                                   | 76,8        | 76,9        | 77,8        |             |             | 77,4     | 1,2               |
| Benzininiai automobiliai |  |             |             |             |             |             |          |                   |
| 1                        | 40,5                                   | 39,5        | 40,5        | 41,6        |             |             | 40,5     | 2,1               |
| 2                        | 31,2                                   | 31,2        | 30,1        | 33,2        | 26,5        | 32,2        | 30,7     | 6,7               |
| 3                        | 31,2                                   | 36,4        | 32,2        | 34,3        |             |             | 33,5     | 5,2               |
| 4                        | 14,4                                   | 14,5        | 13,5        | 13,5        |             |             | 14,0     | 1                 |
| 5                        | 35,4                                   | 31,2        | 32,2        | 34,3        |             |             | 33,3     | 4,2               |
| 6                        | 33,2                                   | 36,4        | 34,3        | 32,2        | 34,3        |             | 34,1     | 4,2               |
| 7                        | 28,1                                   | 28,1        | 30,1        | 30,1        |             |             | 29,1     |                   |
| Dyzeliniai automobiliai  |  |             |             |             |             |             |          |                   |
| 1                        | 64,9                                   | 62,3        | 64,9        | 62,3        |             |             | 63,6     | 2,6               |
| 2                        | 69,5                                   | 70,1        | 75,3        | 77,9        |             |             | 73,2     | 8,4               |
| 3                        | 78,2                                   | 77,4        | 76          | 72,8        |             |             | 76,1     | 5,4               |
| 4                        | 76,9                                   | 75,8        | 77,5        | 76,9        |             |             | 76,8     | 1,7               |

2 lentelė. Pradiniai išmetamųjų dujų matavimai

| Eil. Nr. | Dujų analizatoriaus parodymai prieš... (šaltas) |                      |           |                     | Dujų analizatoriaus parodymai prieš... (šiltas) |                      |           |                     |
|----------|---|----------------------|-----------|---------------------|---|----------------------|-----------|---------------------|
|          | CO %tur   | CO <sub>2</sub> %tur | HC dm tur | O <sub>2</sub> %tur | CO %tur   | CO <sub>2</sub> %tur | HC dm tur | O <sub>2</sub> %tur |
| 1        | 0,322   | 10,75                | 2748      | 6,18                | 0,242   | 12,95                | 325       | 2,39                |
| 2        | 0,125   | 13,33                | 1280      | 3,72                | 0,129   | 11,83                | 330       | 4,55                |
| 3        | 0,456   | 13,51                | 426       | 1,12                | 0,326   | 13,48                | 665       | 0,89                |
| 4        | 0,896   | 12,25                | 453       | 5,25                | 0,668   | 8,99                 | 134       | 6,83                |
| 5        | 0,386   | 13,58                | 513       | 0,96                | 0,305   | 13,49                | 616       | 0,83                |
| 6        | 0,446   | 13,53                | 406       | 1,21                | 0,333   | 12,48                | 685       | 1,98                |
| 7        | 0,780   | 13,90                | 396       | 0,80                | 1,030   | 14,10                | 273       | 0,70                |

3 lentelė. Elektrinės kompresijos matavimo duomenys panaudojus priedus

| Eil. Nr.                 | Elektrinė kompresija (šaltas variklis) |             |             |             |             |             |          |                   |
|--------------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------------|
|                          | 1 cilindras                            | 2 cilindras | 3 cilindras | 4 cilindras | 5 cilindras | 6 cilindras | vidurkis | Skirtumas min/max |
| Benzininiai automobiliai |  |             |             |             |             |             |          |                   |
| 1                        | 49,9                                   | 48,8        | 49,9        | 49,9        |             |             | 49,6     | 1,1               |
| 2                        | 31,2                                   | 31,2        | 31,2        | 31,2        | 31,2        | 33,8        | 31,6     | 2,6               |
| 3                        | 32,2                                   | 31,2        | 32,2        | 33,2        |             |             | 32,2     | 2,0               |
| 4                        | 12,5                                   | 12,5        | 12,5        | 11,4        |             |             | 12,2     | 1,1               |
| 5                        | 30,1                                   | 29,5        | 29,0        | 30,1        |             |             | 29,7     | 1,1               |
| 6                        | 33,5                                   | 30,2        | 31,2        | 31,2        | 33,5        |             | 31,9     | 3,3               |
| 7                        | 32,4                                   | 32,4        | 32,4        | 32,4        |             |             | 32,4     | 0,0               |
| Dyzeliniai automobiliai  |  |             |             |             |             |             |          |                   |
| 1                        | 93,5                                   | 90,9        | 93,5        | 90,9        |             |             | 92,2     | 2,6               |
| 2                        | 103,8                                  | 109,1       | 106,5       | 102,3       |             |             | 105,4    | 6,8               |
| 3                        | 89,5                                   | 88,2        | 87,6        | 92,4        |             |             | 89,4     | 4,8               |
| 4                        | 98,7                                   | 102,5       | 103,9       | 101,3       |             |             | 101,6    | 5,2               |
| Benzininiai automobiliai |  |             |             |             |             |             |          |                   |
| 1                        | 42,6                                   | 41,6        | 42,6        | 42,6        |             |             | 42,4     | 1,0               |
| 2                        | 21,8                                   | 22,9        | 21,8        | 21,8        | 21,8        | 22,9        | 22,2     | 1,1               |
| 3                        | 29,1                                   | 27,0        | 28,1        | 26,0        |             |             | 27,55    | 3,1               |
| 4                        | 12,5                                   | 12,5        | 11,4        | 14,5        |             |             | 12,7     | 3,1               |
| 5                        | 25,9                                   | 27,5        | 29,0        | 27,0        |             |             | 27,4     | 3,1               |
| 6                        | 28,5                                   | 26          | 27,5        | 28,5        | 28          |             | 27,7     | 2,5               |
| 7                        | 33,5                                   | 33,5        | 33,5        | 33,5        |             |             | 33,5     | 0,0               |
| Dyzeliniai automobiliai  |  |             |             |             |             |             |          |                   |
| 1                        | 70,1                                   | 75,3        | 68,5        | 77,9        |             |             | 72,95    | 9,4               |
| 2                        | 93,5                                   | 98,7        | 96,1        | 91,5        |             |             | 94,95    | 7,2               |
| 3                        | 78,2                                   | 78,4        | 79,3        | 82,5        |             |             | 79,6     | 4,1               |
| 4                        | 90,1                                   | 91,6        | 93,5        | 95,1        |             |             | 92,575   | 5,0               |

4 lentelė. Išmetamųjų dujų matavimai panaudojus priedus

| Eil. Nr. | Dujų analizatoriaus parodymai prieš... (šaltas) |                      |           |                     | Dujų analizatoriaus parodymai prieš... (šiltas) |                      |           |                     |
|----------|---|----------------------|-----------|---------------------|---|----------------------|-----------|---------------------|
|          | CO %tur   | CO <sub>2</sub> %tur | HC dm tur | O <sub>2</sub> %tur | CO %tur   | CO <sub>2</sub> %tur | HC dm tur | O <sub>2</sub> %tur |
| 1        | 0,322   | 10,75                | 2748      | 6,18                | 0,242   | 12,95                | 325       | 2,39                |
| 2        | 0,125   | 13,33                | 1280      | 3,72                | 0,129   | 11,83                | 330       | 4,55                |
| 3        | 0,456   | 13,51                | 426       | 1,12                | 0,326   | 13,48                | 665       | 0,89                |
| 4        | 0,896   | 12,25                | 453       | 5,25                | 0,668   | 8,99                 | 134       | 6,83                |
| 5        | 0,386   | 13,58                | 513       | 0,96                | 0,305   | 13,49                | 616       | 0,83                |
| 6        | 0,446   | 13,53                | 406       | 1,21                | 0,333   | 12,48                | 685       | 1,98                |
| 7        | 0,780   | 13,90                | 396       | 0,80                | 1,030   | 14,10                | 273       | 0,70                |



4 lentelė. Dūmingumo matavimai

| Eil. Nr. | Dūmingumas      |                 |              |              | Skirtumo vidurkis |
|----------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|-------------------|
|          | prieš... šaltas | prieš... šiltas | po... šaltas | po... šiltas |                   |
| 1        | 4,3             | 7,3             | 4,0          | 6,2          | 0,7               |
| 2        | 2,1             | 3,7             | 2,0          | 3,4          | 0,2               |
| 3        | 4,4             | 7,5             | 4,4          | 7,4          | 0,05              |
| 4        | 4,2             | 6,4             | 3,8          | 6,0          | 0,4               |

## Išvados

1. Dauguma automobilių savininkų, panaudoję Valvoline kuro sistemų valymo priedus, teigė pajutę kuro sąnaudų sumažėjimą.

2. Iš kompresijos matavimo rezultatų matyti, kad daugiausia kompresijos skirtumas tarp cilindrų padidėjo ir sumažėjo esant tiek šiltam, tiek šaltam varikliui.

3. Išmetamųjų dujų analizė taip pat parodė santykinai geresnius angliavandenilių išmetimo ir dūmingumo rezultatus.

4. Galima teigti, kad gamintojų deklaruojamas Valvoline kuro sistemų valymo priedas yra efektyvus ir išvalo ne tik kuro sistemą, bet pagerina bendrą variklio funkcionalumą.

## Literatūros sąrašas

1. VPS heavy duty [CD-Rom] Valvoline EMEA: 2005
2. Valvoline service chemicals programme [CD-Rom] J. Peter Chal: 2005.
3. The National oil and lube news [CD-Rom] N. Hudeckij: 2009.
4. Apie nuosėdas variklyje ir jų pašalinimo būdus. Straipsnis (2010). Prieiga internetu: <http://www.ratai.lt/cgi-bin/SearchResult.asp?TopicID=5&ArticleID=782&Page> Peržiūrėta 2012 m. sausio 10 d.
5. Kuro valymo sistemų valymo priedai. Prieiga internetu: <http://diagmaster.lt/index.php/valvoline-priedai/115-synpower-kuro-sistem-valikliai> Peržiūrėta 2012 m. sausio 10 d.

## Research of Petrol and Diesel Feeding Systems Cleaning Additives „Valvoline“ Influence on the Performance of Engine Work

**Renaldas Baranauskas**

*Kaunas University of Applied Engineering Sciences*

According to modern conditions, when the ecological requirements to vehicles are tighten, it is not enough for engine to reach it's efficiency and economy, engine work cycle to be perfect at thermodynamic viewpoint. The loss should be as less as it is possible.

In this article it is shortly reviewed what means improve effective engine indicators. The intervals between vehicle maintenances become longer as the technologies become more modern, and one of the basic elements which is serviced is engine. This is the main interest for consumers (maintainers) and manufacturers of an engineering works as well as the servicing organizations. In this writing I have overlooked the supplements which are used for vehicle engine maintenance and I have accomplished independent substantive research to confirm or to deny the features of investigated supplements. I have also described and investigated vehicle engine supply system VALVOLINE cleaners, because I think that cleaners of this series would be the best choice for your vehicle.

Valvoline SynPower (I have payed the biggest attention to these cleaners in my work) system cleaners have proved that they can easily clean the rubbed sediments, water, other impurities from engine fuel supply systems and in this way to lighten the maintenance of an engine. The older technology fuel cleaners actually increases the quantity of precipitates in modern engines. This is the exact reason why drivers use them only in exceptional cases. Valvoline SynPower fuel supply system cleaners are very concentrated and fitted for cleaning. Synthetical Valvoline cleaners remove the precipitates from fuel supply system by composing volatile and combustible chemical compounds.

Valvoline MaxLife cleaners are designed for vehicles which have bigger run, because the mainenance of these engines differs. MaxLife cleaners solve petrol and diesel engines senescence problems and help to prolong their proper work. Used supplements remove the precipitates from combustion chamber, clean the precipitates and fuel system. This helps to restore the power on an engine, increase the fuel sufficiency, reduce the toxic exhaust gas quantity and to increase the durability of engines. Products are without alcohol, are safe to use in engines with accelerators or soot filters, has no impact on oxygen sensors. Constantly using them it is possible to restore the engine optimal running. As the engines with the bigger run upstarts more soot, it is recommended to use this cleaner each 5000 km or everytime when changing the oil.

In the article I have represented the example of research performance. The analysis of vehicle exhaust gas was performed and the electrical compression was measured using the Bosch equipment: gas analyser BEA350 and an oscillograph FSA740. After making the primary measurements Valvoline SynPower fuel system cleaning supplement was poured in. After 100 km ride (an average) the same measurements were made repeatedly. All the experiment results are represented in the tables. I have also presented the conclusions and I have come to resume of the received results.

# DEVELOPMENT OF A TRANSPORT ENTERPRISE IN HUNGARIAN ENVIRONMENT

**Jozsef Gal, Tamas Koncsek**

*University of Szeged Faculty of Engineering, Mars ter 7. 6724 Szeged, Hungary*

**Abstract.** Transport sector is a very dynamic service in the Central and Eastern European countries. It is part of a logistic chain which starts at procurement, production, supply and customer care. Information flow is also an important part of the logistic network. In our paper we try to present development of a private transport company from the beginning up today. We write about its activity, forming its organizational structure. How the idea of 'the best person for the best position', according to human skills, makes better efficiency on business. Nowadays this company is a good example how a private enterprise can serve the market.

## Introduction

The most important service sector of today's economy – after the financial market – is transportation. Traffic is nothing else than the country's circulatory system. 100% of the products have to be transported or, if it is not true for the final products, it is absolutely true for the raw materials or the semi-processed products.

By today it has become easier to transport passengers or goods within the European borders, especially to the 27 member countries of the EU that is why transportation has been given new opportunities. In the last decade there were significant changes in Hungary, too, which can be experienced in distribution or formation of the market, in the new possibilities. The role of logistics has grown rapidly and has become inevitable. The fast spread of micro-electronics resulted in changes of technology and formation of new, world-wide, integrated networks influencing complete logistic systems (Michelberger 2000). In this essay we are aiming to describe how a transport enterprise develops and works.

It has always been necessary to transport goods. The procedures have become faster which was caused by the technical development. Nowadays we can say exactly what, when, how and by which means of logistics. New opportunities have opened to follow the procurement, storage and transportation of goods so this way we can spare a lot of money. Communication devices are available for everybody, from the customer, to the supplier and his workers as well. They help us follow the goods during the whole supply chain (Ballou 1998).

In this study we are examining the activity of Koncsek Trans Kft. On the basis of questionnaires and interviews done with lorry drivers, we are presenting their everyday work and how their activity can be made more efficient. We are pointing out that without a developed logistic activity an enterprise cannot be economical.

## Transport of goods, distribution of work, supply chains, logistic systems

Traffic is displacement of people and goods usually realized with technical devices, tools and is directed to

overcome primarily spatial and geographical distances. According to the technical peculiarities and scope of tasks, we can distinguish: transportation on railway, on roads, on water and in the air and transportation on pipes (Szegedi; Prezenszky 2010).

These all are parts of transportation as a sector of national economy. Their technical elements are: roads, rails, stations, vehicles and the controlling system.

During transportation of goods materials, products (goods) are shifted in space from the place of sender to the place of destination. Shifting of goods to others done for compensation is called shipping of goods. The enterprise or the private person who does this activity is the carrier. In this case the sender and the consignee are called shipper and the product shipped is called shipment. The forwarder contracts are for organizing the shipping as efficiently as it is possible from the view of the shipper according to the current market situation.

In many cases it is necessary to bridge countries or event continents to solve the transport tasks. That is why we can distinguish internal and international tasks for transportation.

Transportation tasks of different regions and countries are realized by the above mentioned branches of traffic. The proportion formed among them is called work distribution for transportation (Benko 2000). In the last few decades this factor has significantly changed primarily for the advantage of the traffic by road. In the 1990s this way of shipping represented the proportion of 70% as compared to the 15% of the one on rails in the EU countries.

In Hungary it could be experienced from the beginning of the 1990s that proportion of shipping by road is increasing which can be explained with the more flexible application of transport demands. In 1980 the railway represented the proportion of 50% (Turoczi 1996). This situation faces the participants in transport with new tasks. The most important objects of innovation are the following: logistic centers should be built to increase efficiency and the necessary infrastructure should be provided by state sources. Environmentally friendly vehicles should be purchased in order to protect the environment and to increase the

international competitiveness of the Hungarian shipment by road. The state should support realization of combined shipping of goods with direct means. In case of a combined shipping of goods it is the big container or the vehicle itself which is transferred from one vehicle to the other, or the vehicle of one branch goes up to the vehicle of the other (Kottasz 2003).

### Examination of the activity of Koncsek Trans Kft.

The legal predecessor of the enterprise, Mr. Sándor Koncsek private entrepreneur started his business in 1986 as a passenger carrier (taxi). Later he bought lorries and started the internal transport of goods. He undertakes international transports from 2008 as the market circumstances made it possible and his costumers claimed it. The private enterprise transformed into a limited company (Ltd.) called Koncsek Trans Kft. on 7th May, 2009 (Koncsek 2010).



Picture 1. Logo of Koncsek Trans Kft (Source: Koncsek Trans Kft.)

By today the motor pool has doubled, as compared to the state some years earlier, and the number of employees has followed this change. It is the environmental classification (EURO category) which is one of the most determinant factor of competition in the international transport as in Western Europe the toll depends on both this classification and the number of kilometers done, so it has to be paid in proportion. The more modern the vehicle is, the less the toll is. The average age of his lorries is 7,7 years old, the international is 2,5 years old. The international carriage of goods is done in the whole country with simple, return or round trips.

They carry out round and return trips in the international fields, too. In the latter case, they organize it after unloading, then there is a reload in the given European country and after one or two unloading abroad they can return home.

The organizational structure of the enterprise has three levels. It is the managing director who is on the top. His task is to make final decisions, to take the responsibilities for the enterprise, and then comes the operative manager who graduated from the University of Szeged, Faculty of Engineering. He is a manager-engineer who later – in 2008 – got a degree on logistics and then he gained practical experiences in the Netherlands. For him, this work is a kind of lifestyle. His task is to organize carriages, to fulfill administrative duties, to keep contacts with the customers and to direct lorry drivers. The lorry drivers are on the third level. They are responsible to carry out the carriage of goods itself.

They intend to use the most suitable lorry and the most suitable driver for each task. Beside professional requirements, they take the worker personality into

consideration, for example: some drivers prefer continuous driving, so they are not assigned with round trips where a lot of time is spent on loading the goods. Regarding their age the drivers are presented from the age of 28 to the age of 61. They transport goods in the whole area of the country. There are regular round trips in both regional and country levels, in addition to the great number of simple and return trips.

As for the international transport, the most frequent destination is Germany. Besides, they realize short international transports in the neighboring countries, like Romania and Slovakia. They transport living stocks to the former Socialist countries, such as Russia, Ukraine, Serbia and to its former part, Montenegro.

They transport a wide range of goods: products made by agricultural and industrial enterprises, and commercial goods.

The enterprise intends to maintain the most modern and the most environmentally friendly motor park possible. Repairs are done in Environmental Management System (EMS) services which have different environment controlling systems (ISO 14001). The so-called 'green diesel' can be found at MOL Nyrt. or at LUKOIL Kft. which is in Ukrainian property. The use of this fuel decreases environmental pollution.

The Koncsek Trans Kft. put a great stress to use the information technology. It is the information – and its collection and processing – which assist their activity the most. The key to success is how effectively they can accept, interpret the information, and how they can react, give feedback on it. The basis of communication – within the enterprise – is the mobile phone. The enterprise communicates with its consumers with the means of programs provided by the Internet, e.g. Skype or Facebook. They accept orders in e-mail or by fax, too. Also, it is important to use different shipping programs without which no serious enterprise can work today.

The online follow-up has become one of the most essential services in today's transportation. By it we mean the 'visibility' of the load. They can always follow the actual position and work of their motor pool using several programs and GPS technology. This kind of opportunity is provided by e.g. Webeye and the Vehicle control software, too. With these systems they can check how much fuel the given vehicle consumes and how the lorry driver records his working hours.

The enterprise is planning to build a company seat and a scheme which provides storing and basic logistic services for the surroundings. It would be close to the main road 47, near town Oroshaza, where they want to offer different facilities – parking place, service station and lorry wash – for enterprises, trucks, lorries and drivers participating in both internal and international transportation.

We have to add that today any points of the Earth can be reached by the means of logistic processes. On one hand the international work distribution, and on the other hand integration and globalization claim that



these processes should be rationalized. That is why it is necessary to examine cost-efficiency for which it is the application of the logistic theory that gives help.

Advertising has a great share in the firm's life. They regularly advertise themselves on professional websites and in ad papers. In addition to this, their image and the range of services are shown on public billboards, too. The most economic way of advertisements is to label their vehicles. They have their own website, as well – [www.koncsektrans.hu](http://www.koncsektrans.hu) – which is a great step to make their activity more known in a wider range.

The questionnaire survey examined the workers' general and everyday routine. It can be seen from the answers that 60% of them have been working in this trade for more than 10 years. 30% for 5–10 years, while 1 employee for less than 5 years. It can be concluded that the employees of this enterprise have great experiences and practice in their trade. It is ingenuity which is the most important feature for a lorry driver that cannot be learnt at school – it is acquired in practice. 60% of the workers are satisfied, 30% consider acceptable their position which means a lower level of motivation. A worker is planning to change workplaces. 90% have BCE driving license which the enterprise need very much. 2 people have the certificate for crane and light machine operator, and one employee has the ADR examination. There are two vehicles with cranes in the lorry stock that is why they need drivers with the necessary training. They transport dangerous material for one client on a weekly basis. 60% of the drivers have the license for both internal and international transportation of goods, while 4 of them can transport only internally. The enterprise is planning to train more drivers to carry out the international work.

They have 2 van-drivers (under 3,5 tons), the 8 others either pull a trailer or go without it. 4 of them usually go without it, and 3 with it. The shift-drivers use the lorries in very different ways.

60% of them transport in simple trips, 20% in return trips and the other 20% in round trips. 80% of the simple and return trips are internal transport, 20% are international. 60% of the round trips internal, while 20% international.

2 lorry drivers take 3.000 kms as an average, they usually work in round trips in the neighborhoods. 2 drivers take 5.000 kms, some of them work only in round trips, and some of them in simple and return trips. They work within the borders, though; there are short trips to Romania. 2 people take 5–8.000 kms a month; they are the fixed people for long trips. Finally, there are 3 drivers who worked in fixed international trips – they take more than 8.000 kms a month. Except for the international trips, 90% of the other drivers leave in the morning and return in the evening.

Work of one of their international drivers is directed in 90% – to the Austrian and German areas. 2 of them transport to the former Socialist countries – in 88% to Slovakia, the Czech Republic and Poland and

one worker goes to Romania twice a week. Finally, 2 lorry drivers work in mixed trips from England to Romania, or within the country.

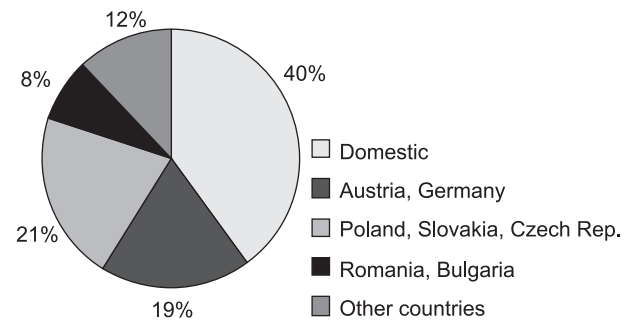


Diagram 1. Destinations inside and outside of Hungary. Source: Data from Koncsek Trans Kft.

10% of the lorries carry building materials, in 96% iron. A driver transports different agricultural machines. 40% carry fittings, in 30% the products cannot be separated – they are so mixed. There are foods which do not claim cooling, and there are other commercial goods which are not mentioned in this list. 30% of the lorry drivers have completed their studies at a technical school. 5% of them are a car mechanic, 2 persons finished the elementary school only – they are the older ones. 70% of the employees do not speak any foreign language. In the near future they are planning to organize a language course at the company seat, provided there is a need for it. It is an extra benefit for the employees from the enterprise. It is supported by the fact that they work in the international market. Today one driver speaks English, one German and one Russian. It is interesting to mention that two of them learnt the language during their work. 100% of the employees are male. Each age group has its habits, mentality, attitude for the work, so they are chosen for the given work according to it.

## Summary

The examined enterprise carry out internal and international transport of goods which claims a modern lorry stock in the international carriage. However, it cannot be accepted even in the internal transport to use vehicles which pollute the environment and consume too much. It is a kind of challenge, but a pressure, too, because of the keen competition.

Goods transported by the enterprise are building materials, iron, fittings, equipments, machines. Because of their diversity it is an important task to choose the most suitable means of carriage in order to be able to offer a competitive charge for transportation. In Hungary many people saw a great chance in transport during the years of privatization. However, a part of the enterprises has finished their activities in this field. Only those stayed who were able to improve professionally and to use new technical inventions. Nowadays only the enterprises which provide a high level of service can survive. This criteria



for quality applies, besides technical, organizational and administrative tasks, employees who are ready to identify themselves with the aims, expectations of their employers – in this case it is Koncsek Trans Kft. It is supported by the intention of the enterprise that the human factor is also considered while distributing the work. The business partners – in most cases – meet only the lorry drivers so they are who represent the firm and its image.

To improve efficiency it is not enough that the independent carriers work in a high level of quality, but it is also necessary that the state can provide the infrastructure from state sources in the form of roads, border stations and logistic centers. An environmentally friendly lorry pool should be created to become competitive in the international market. Also, it is necessary to make the combined transport of goods more competitive to reach the destination in less time, in a safer way and to burden the road traffic less.

## Literature

1. Ballou, R. H. Business Logistics Management. 4th edition, Chicago, IL, USA: Prentice Hall, 1998, ISBN 9780137956593.
2. Benko J. Logisztikai tervezés (Logistic Planning). Budapest: Dinasztia Kiado, 2000. ISBN 963-657-271-2.
3. Kottasz Zs. Kulkereskedelem, szallitmanyozas es vamismere-tek. Godollo: Szent Istvan Egyetem, 2003.
4. Michelberger P. Kozlekedesunk es tavlatai az ezredfordulon (Our Transportation on the Turn of Century). Ezredfordulo Strategiai Kutatasok a Magyar Tudomanyos Akademan, 2000, No 3, p. 9.
5. Szegedi Z., Prezenszki J. Logisztika Menedzsment (Logistic Management). Budapest: Kossuth Kiado, 2010. ISBN 978-963-09-6569-9.
6. Turoczi A. Szallitmanyozasi Szakismeretek, Szallitmanyozasi földrajz, (Forwarding, Transport Geography), Budapest: Magyar Szallitmanyozok Szovetsége, 1996.

# BEHAVIOUR OF STEEL COLUMNS UNDER IMPACT

Barbara Więch, Robert Jankowski

Faculty of Civil and Environmental Engineering, Gdansk University of Technology,  
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Poland

**Abstract.** One of important issues related to the idea of sustainable society is the safety of civil engineering structures. The safety and reliability of steel structures under impact loading is among a number of different aims during the design state. The aim of this paper is to present the results of investigation focused on dynamic behaviour of steel columns under impact loading. Modal and transient dynamic analyses using Finite Element Method (FEM) for four models of steel columns have been conducted in computer software MSC Marc. The influence of support conditions and place of force application have been investigated. The results of the study show a number of modes of free vibrations and corresponding natural frequencies as well as dependence on the support conditions. There is also shown the influence of location of impact loading on the dynamic behaviour of the structure.

**Key concepts:** impact loading, steel structures, columns, free vibrations, natural frequency, deflections, deformations.

## Introduction

One of important issues related to the idea of sustainable society is the safety of civil engineering structures devoted to satisfy housing, business, educational or recreational needs of people. The safety of steel structures under impact loading is among a number of different aims during the design stage.

Impact loads may arise from vehicle impact to the column or barriers which are located near roads (Gutkowski, 2003). Columns and vertical bars of steel structures in nuclear buildings are exposed to the danger of impact by jet forces (Hilpert and Willnow, 1999). Steel elements in industrial buildings can be damaged by hitting by heavy equipment, like fork lift (see Figure 1) (Hilpert and Willnow, 1999; MacCrimmon, 2006). Earthquake – induced pounding (Jankowski, 2010) or impacts due to explosions (Izadifard and Maheri, 2010) can also be the reason leading to damage of steel structures. Any failure may result in disastrous consequen-

es. The resistance of steel structural members, such as columns, to impact loads must be verified.

The aim of this paper is to investigate the behaviour of steel structures under impact loading. Since the impact loading can act on the structural elements from any direction, with any value with any time range, a calculation model is developed on the basis of the Finite Element Method (FEM). The method is used to simulate the dynamic loading behaviour. In this paper, steel column elements are taken into consideration. The columns, with different support conditions, are subjected to the transverse loading. The load acting on the column is induced by a half-sine excitation with the total time  $t = 0.01s$ .

## Numerical model

The simulation of four models (see Figures 2–5) of the structure, with different support conditions and different places of force application, are performed with the finite element software MSC Marc 2008. The analysed column is of 3.6 m of height with width of the flange  $t_f = 18$  mm and width of the web  $t_w = 10.5$  mm. Each model was generated using 4-node shell elements. The material was assumed to have an elasto-plastic response with the elastic parameters: Young's modulus  $E = 210$  GPa and a Poisson's ratio  $\nu = 0.3$ . The material is isotropic and have a mass density of  $\rho = 7850$  kg/m<sup>3</sup>, which corresponds to standard steel. Material properties were implemented in the model according to Eurocode 3 (2006).

## Modal analysis

In this paper, a modal analysis for four steel columns with different support conditions and different places of load application has been conducted. The analysis has been performed in order to identify the modes of free vibrations and natural frequencies of columns examined. The Lanczos method has been

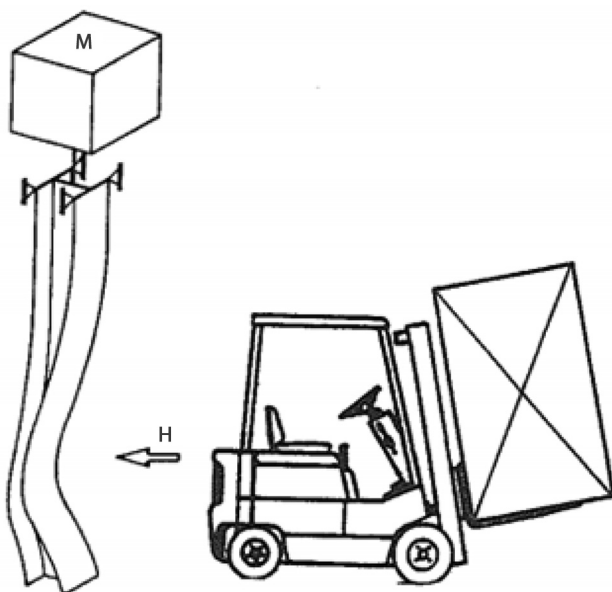


Figure 1. Impact load on a steel column by a fork lift (Hilpert nad Willnow, 1999).

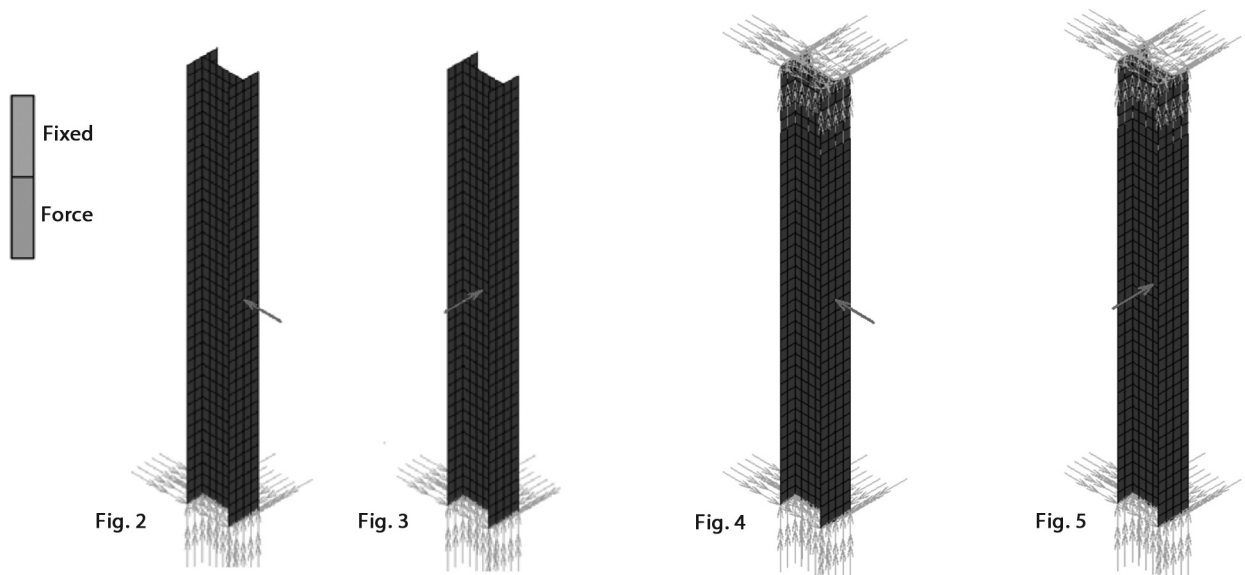


Figure 2. Model A – one fixed end and the force applied to the flange at the mid-height of 1.8m.  
 Figure 3. Model B – one fixed end and the force applied to the web at the mid-height of 1.8 m  
 Figure 4. Model C – two fixed ends and the force applied to the flange at the mid-height of 1.8 m  
 Figure 5. Model D – two fixed ends and the force applied to the web at the mid-height of 1.8 m

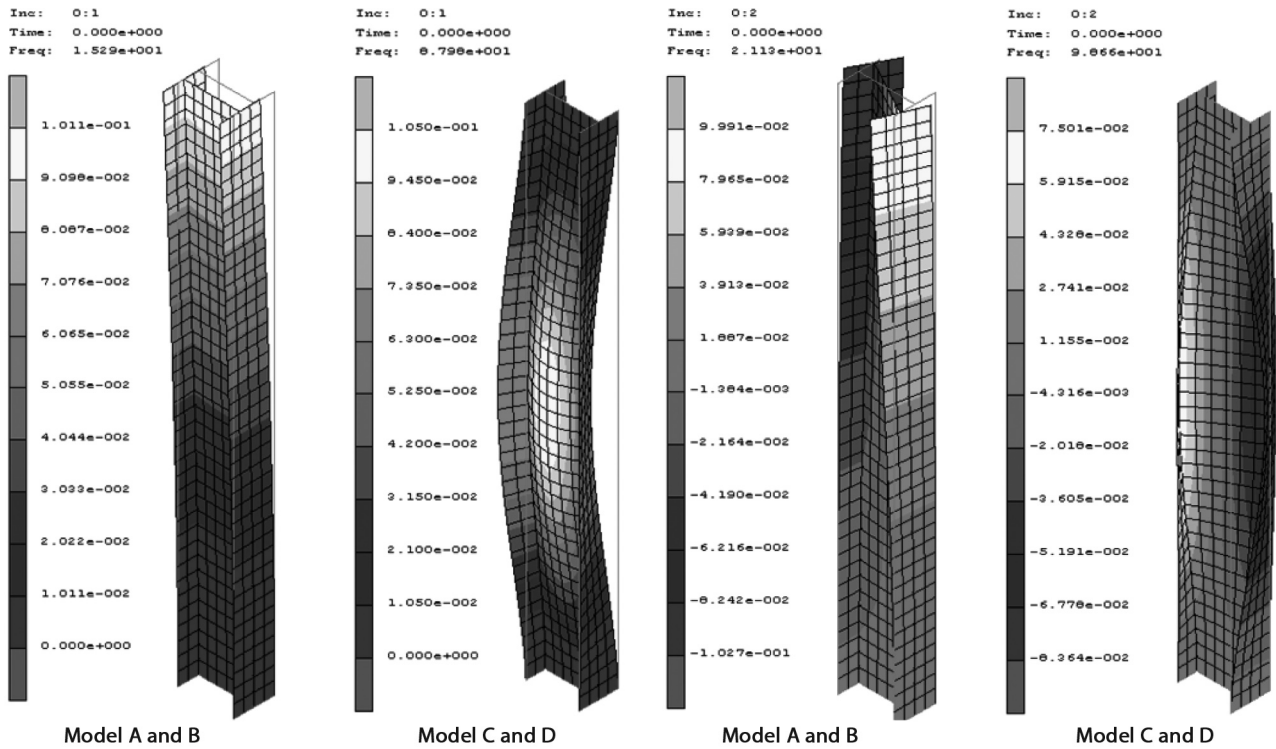


Figure 6. The 1<sup>st</sup> mode of free vibration for models A, B and C, D of steel columns

Figure 7. The 2<sup>nd</sup> mode of free vibration for models A, B and C, D of steel columns

used in the analysis. Five representative cases of modes of free vibrations have been selected and presented, using the contour bands with original and deformed shape (see Figures 6–10).

The natural vibration frequencies corresponding to these modes are summarized in Table 1.

### Dynamic transient analysis

Transient dynamic analysis has been conducted to determine the dynamic response of a structure under

Table 1. Natural frequencies for models A, B and C, D.

| MODEL      | MODE | NATURAL FREQUENCY [Hz] |
|------------|------|------------------------|
| Model A, B | I    | 15.29                  |
|            | II   | 21.13                  |
|            | III  | 36.25                  |
|            | IV   | 90.02                  |
|            | V    | 160.4                  |
| Model C, D | I    | 67.96                  |
|            | II   | 96.66                  |
|            | III  | 116.0                  |
|            | IV   | 139.4                  |
|            | V    | 232.9                  |

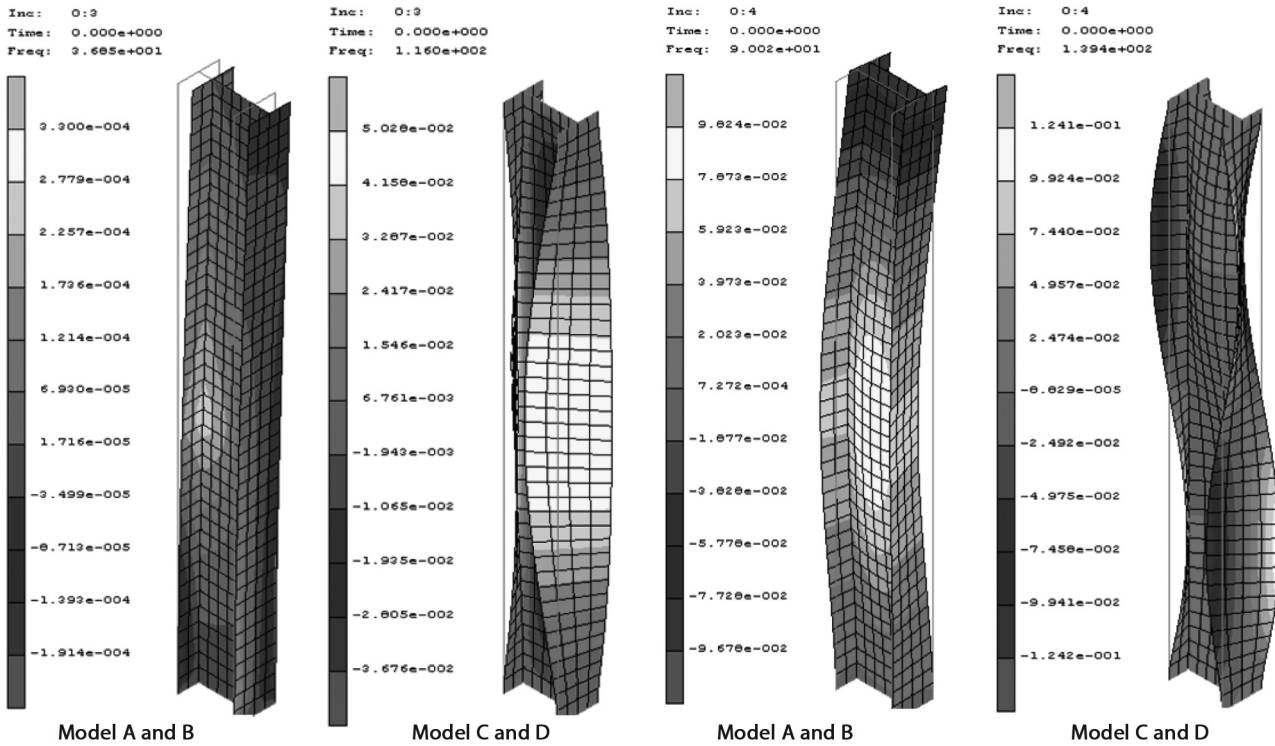


Figure 8. The 3<sup>rd</sup> mode of free vibration for models A, B and C, D of steel columns

Figure 9. The 4<sup>th</sup> mode of free vibration for models A, B and C, D of steel columns

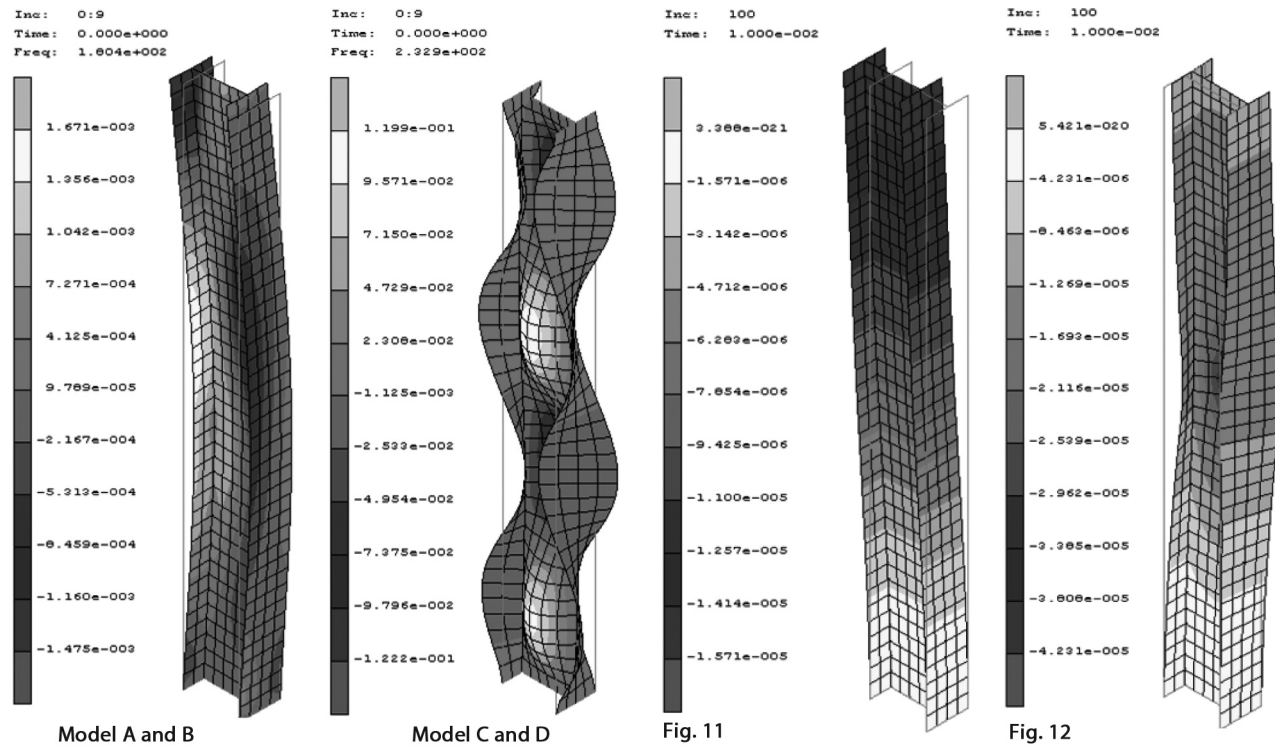


Figure 10. The 5<sup>th</sup> mode of free vibration for models A, B and C, D of steel columns.

Figure 11. Model A – displacement Y  
Figure 12. Model B – displacement X

Table 2. Maximum deflections for models A, B, C and D of steel columns

| Model   | Support type   | Place of applied force | Deflection [mm] |               |
|---------|----------------|------------------------|-----------------|---------------|
| Model A | one fixed end  | flange                 | 0.0157          | at top        |
| Model B | one fixed end  | web                    | 0.0423          | at top        |
| Model C | two fixed ends | flange                 | 0.0026          | at mid-height |
| Model D | two fixed ends | web                    | 0.0379          | at mid-height |



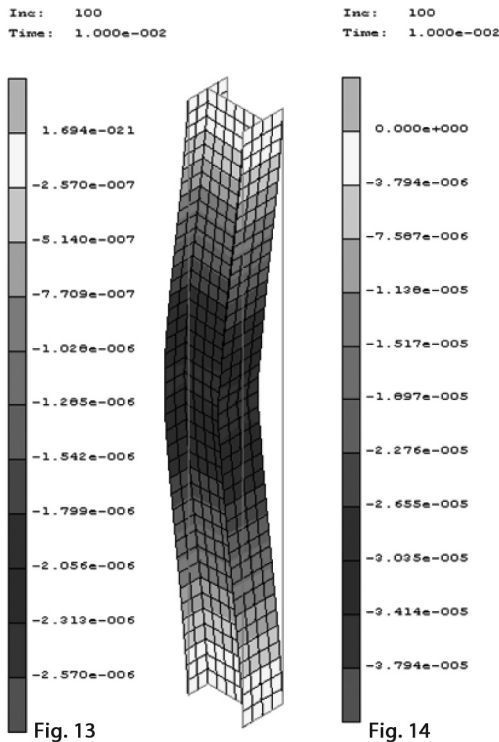


Figure 13. Model C – displacement Y  
Figure 14. Model D – displacement X

impact loading. The half-sine excitation (peak force  $P = 40$  kN, total time  $t = 0.01$  s) was applied to four different models of steel columns. This analysis has been conducted to perform different states of column deformation and values of maximum deflection for each model. The results of the analysis are shown in Figures 11–14.

The maximum deflections for each model are summarized in Table 2.

## Conclusions

A modal and transient analyses of four different numerical models of steel columns, using Finite Element Method, has been performed and described in this paper.

The results of the modal analysis show a number of different modes of free vibrations and corresponding natural frequencies. It can be seen from Table 1 that the values of the natural frequencies can be substantially different, depending on the support conditions. The results show that, in case of the first vibration mode for example, the natural frequency for models C and D

with relation to models A and B is about 4.4 higher.

The results of dynamic transient analysis indicate that there is a considerable influence of the place of impact application on the response of the structure. For model A, where the force is applied to the flange, the deflection at the top is about 2.69 times lower than the deflection obtained for model B, where the impact is applied to the web. In the case of model C and D, where both ends of the models are fixed, the ratio of deflections, for different places of impact application, is equal 14.58.

Further detailed numerical and experimental study is planned to be conducted in order to investigate the dynamic response of steel structures under impact loading more precisely.

## Acknowledgement

Numerical calculations were carried out at the Academic Computer Centre (TASK) in Gdansk.

## References

1. Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings, 2006.
2. Gutkowski R. M., Winkler D. J. Simplified impact testing of traffic barrier systems, *Department of Civil Engineering Colorado State University*, 2003.
3. Hiplert J. H., Willnow K. Simulation of the Dynamic Behavior of Steel Structures under Impact Loading, *Transactions of the 15<sup>th</sup> International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology*, Seoul, Korea, August 15–20, 1999.
4. Izadifard R. A., Maheri M. R. Ductility effects on the behaviour of steel structures under blast loading, *Iranian Journal of Science & Technology*, 2010, Vol. 34, No. B1, p. 49–62.
5. Jankowski R. Experimental study on earthquake-induced pounding between structural elements made of different building materials, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 2010, Vol. 39, No. 3, p. 343–354.
6. Krauthammer T. AISC research on structural steel to resist blast and progressive collapse, *Steel Building Symposium*, Penn State University, 2003.
7. Kuebler J. Improvement of safety barriers on German bridges – results of impact test with heavy lorries, *Federal Highway Research Institute (BASt) Bergisch Gladbach*, Germany.
8. MacCrimmon R. A. *Guide for the design of crane-supporting steel structures*, Niagara Falls, Ontario, 2006, ISBN 0-88811-101-0.

# MODAL ANALYSIS OF A STEEL GRANDSTAND

Natalia Majewska, Robert Jankowski

Faculty of Civil and Environmental Engineering, Gdansk University of Technology,  
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Poland

**Abstract.** Among the issues related to the idea of sustainable society is the safety of civil engineering structures devoted to satisfy different needs of people. One of the types of structures devoted to satisfy recreational needs are grandstands, which are used during sport events or music concerts. It is obligatory to consider interaction between structure and crowd load especially when the crowd movement involves rhythmic jumping, dancing, etc. Safety and serviceability of these structures may need to be checked. This paper describes the finite element modelling generated to predict modal characteristics of a structure. Modal analysis for the model of grandstand used in Poland (see Figure 1) has been conducted. The aim of using the finite element method (FEM) is to determine the modes of free vibrations and the lowest value of natural frequency for the empty and occupied grandstand. Differences between these two cases have been obtained. There is a significant level of interaction between the mass of the spectators and the grandstand. They provide additional mass that has a significant influence on the structure leading to the substantial reduction in the natural frequencies.

**Key concepts:** steel grandstand, crowd load, vibration modes, natural frequencies.

## Introduction

In the past, grandstands were mainly used during sports events. Recently, they have changed their primary intended function. Nowadays these types of structures are commonly used for non-sport event, such as pop concerts or other events involving rhythmic activity, where synchronization of crowd motion is created by the presence of a music beat. It may cause much more significant dynamic motion (Elliis et al., 2000).

With the trends towards increased slenderness of stadia structures and more lively crowd activity, there has been an increase in incidents of excessive vibrations on the structures (Ibrahim and Reynolds, 2007). Such flexible structures as grandstands are regularly subjected to significant dynamic loads (Ibrahim and Reynolds, 2007; Salyards and Hanagan, 2005). Using lighter elements with longer spans has economical and aesthetic advantages. Lighter and more slender steel grandstands are more easily excitable by spectators. If the synchronized movement excites a natural frequency of the affected part of the structure resonance will occur. It may cause serious damages of grandstands, their collapse or panic among the spectators (Salyards and Hanagan, 2005). It is necessary

to take this effect into account at the design level and in building codes.

The aim of a study is to analyze the response of steel grandstands subjected to dynamic loads. The structural behaviour depends on stiffness and mass which are crucial in the design. The first stage of the study concerns the estimation of modal characteristics for the empty and occupied structure. In this paper modal characteristics, such as natural frequencies of vibration modes of grandstands, are estimated.

## Finite element model of grandstand

Numerical study concerning the estimation of the modes of free vibrations and natural frequencies of steel grandstands are presented in this paper. Two three-dimensional models of structure have been generated in the finite element (FE) commercial computer program MSC Marc (see Figures 2, 3). The first model – Model A includes only the mass of the structure (see Figure 2) while the second one – Model B takes also into account mass of the spectators (see Figure 3). Five steel beams with square tube cross-section and length of 2 meters are located between each of six steel trusses. Estimated modal characteristics of the structure have been derived for the use of structural design engineers. Elements of the grandstands have been modelled by standard two-node (six degree of freedom for each node) beam-column elements available in the program. Two different types of supports and mass of the spectators have been taken into account during creating the model. Material properties are shown in Table 1.

Table 1. Material properties used in FE model.

| Parameters                  | Values                 |
|-----------------------------|------------------------|
| Steel Young's Modulus $E$   | 210 GPa                |
| Steel Poisson's Ratio $\nu$ | 0.3                    |
| Steel's density $\rho$      | 7850 kg/m <sup>3</sup> |



Figure 1. Photo of grandstand considered.

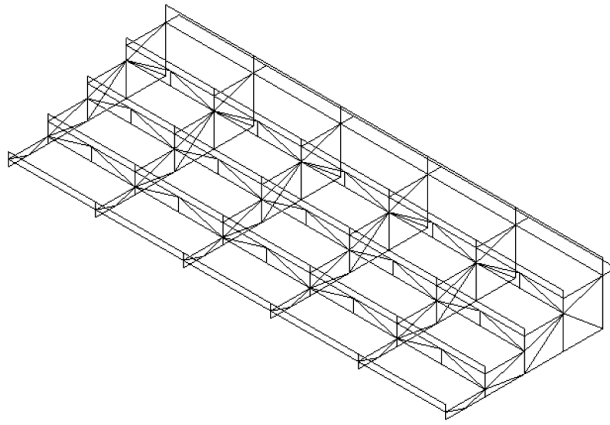


Figure 2. Model A: FE model of an empty steel grandstand

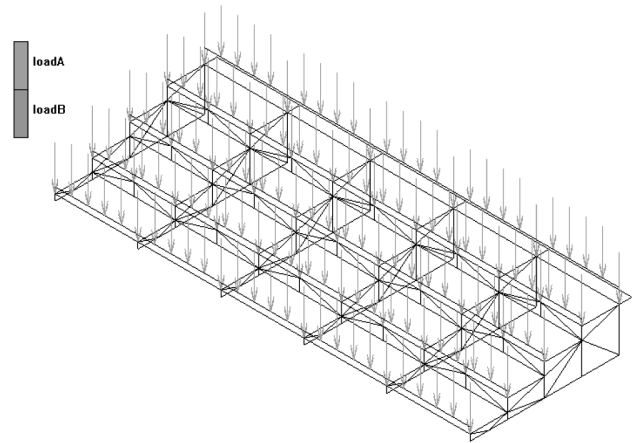


Figure 3. Model B: FE model of an occupied steel grandstand

### Modal analysis

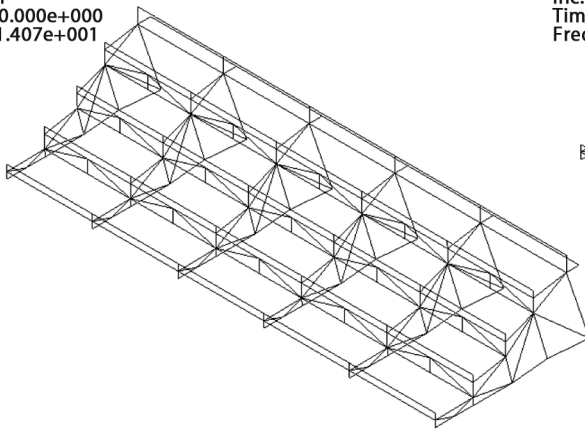
Modal analysis of numerical models of a grandstand for two different cases has been conducted. The first model concerns empty structure while the second one includes also mass of the spectators. The stand has five levels of steel terracing with seats and can hold up to 100 spectators. For each case, a modal analysis has

been conducted to estimate modal characteristics, i.e. modes of free vibrations and natural frequencies.

A large number of modes of free vibrations and natural frequencies for analyzed models has been estimated. Five significant modes of free vibrations has been chosen and shown in this paper (see Figures 4–8).

The natural frequencies corresponding to the chosen modes of vibrations are summarized in Table 2.

Inc: 0:1  
Time: 0.000e+000  
Freq: 1.407e+001



Inc: 0:1  
Time: 0.000e+000  
Freq: 3.453e+001

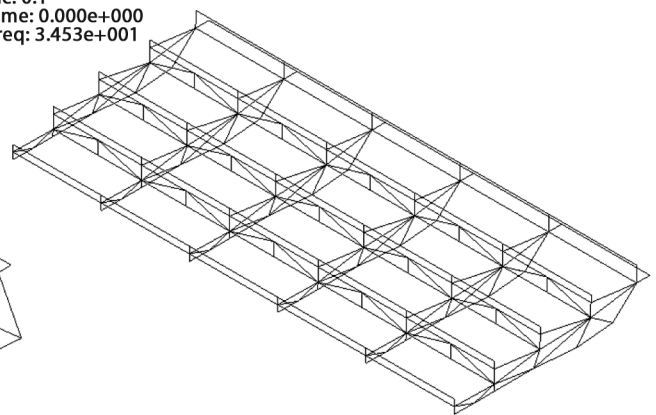
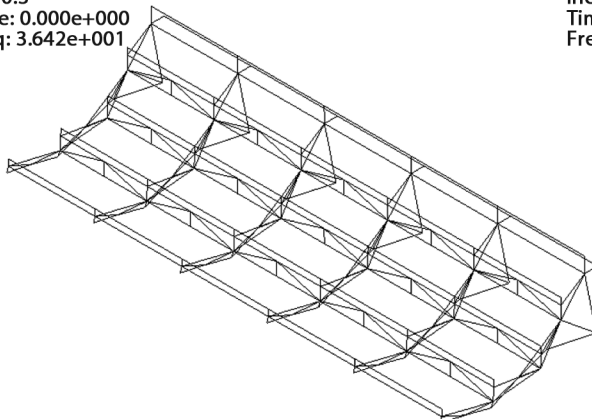


Figure 4. The 1<sup>st</sup> mode of free vibration for models A and B of steel grandstand

Inc: 0:3  
Time: 0.000e+000  
Freq: 3.642e+001



Inc: 0:3  
Time: 0.000e+000  
Freq: 9.231e+001

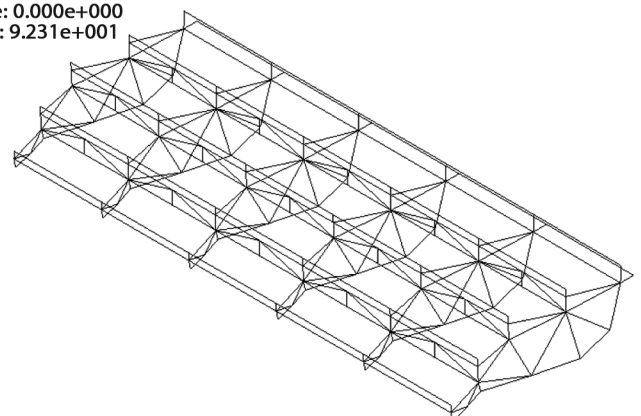


Figure 5. The 2<sup>nd</sup> mode of free vibration for models A and B of steel grandstand



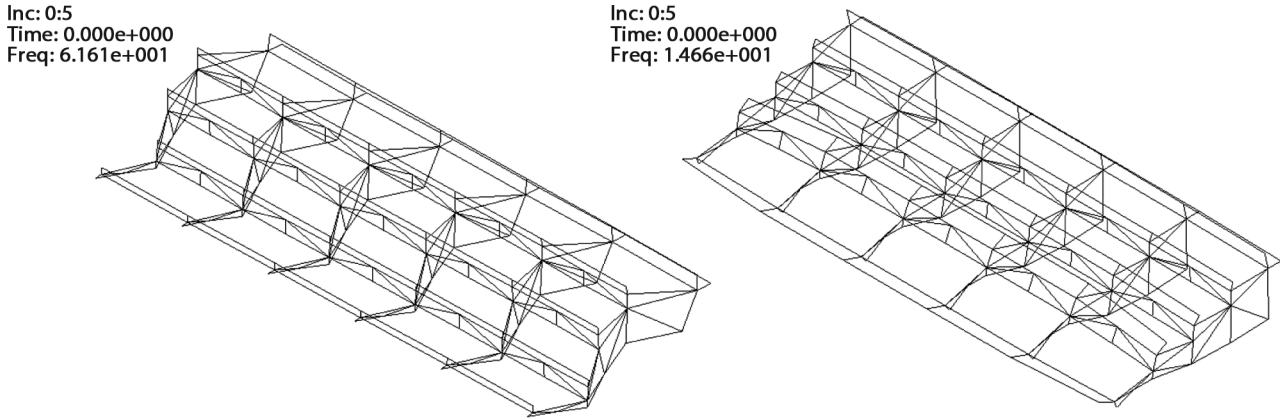


Figure 6. The 3<sup>rd</sup> mode of free vibration for models A and B of steel grandstand

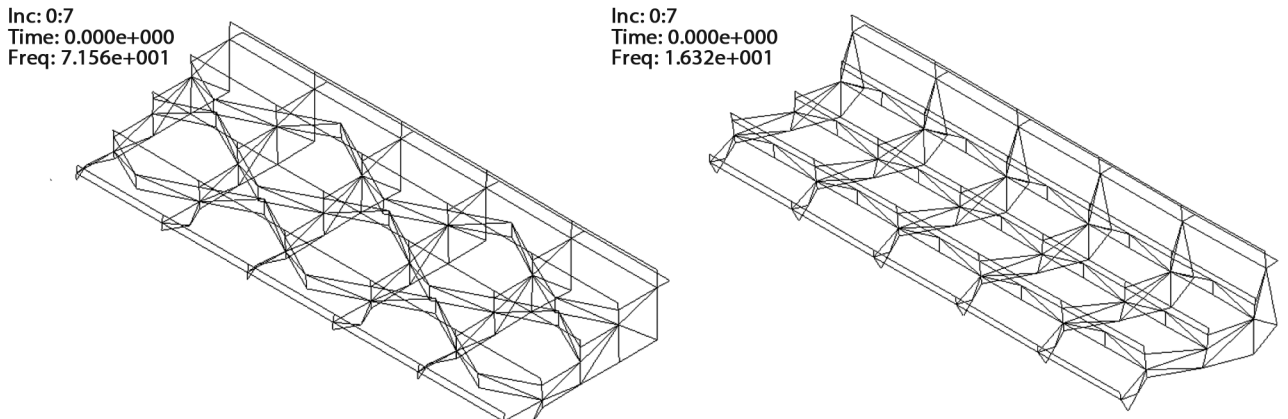


Figure 7. The 4<sup>th</sup> mode of free vibration for models A and B of steel grandstand

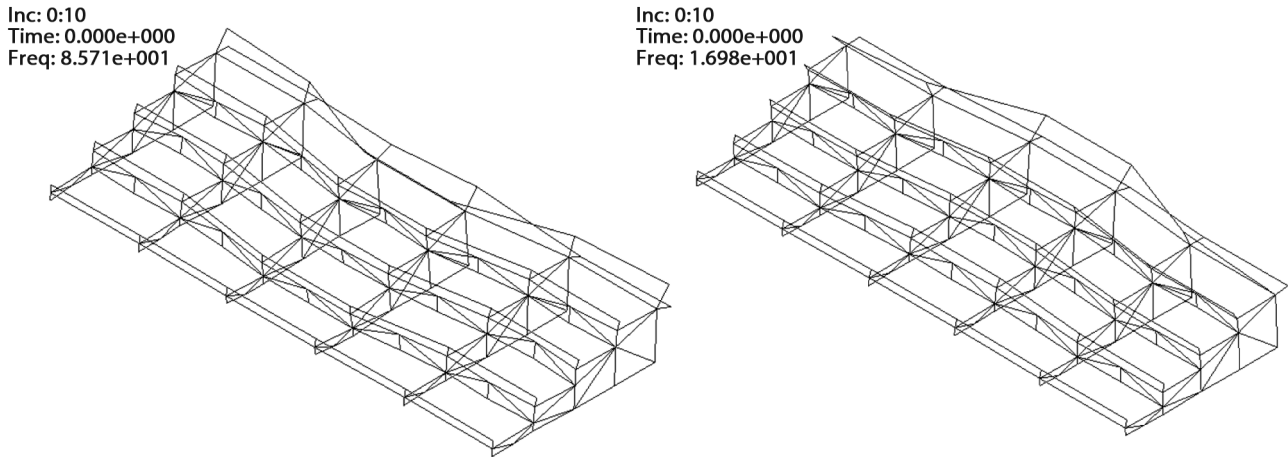


Figure 8. The 5<sup>th</sup> mode of free vibration for models A and B of steel grandstand

Table 2. Natural frequencies for model A and B of steel grandstand.

| Number of mode | Natural frequency $f$ [Hz] |         |
|----------------|----------------------------|---------|
|                | Model A                    | Model B |
| 1              | 14.07                      | 3.45    |
| 2              | 36.42                      | 9.23    |
| 3              | 61.61                      | 14.66   |
| 4              | 71.56                      | 16.32   |
| 5              | 85.71                      | 16.98   |

### Conclusions

A modal analysis of different numerical models of steel grandstands, using FE models has been conducted and described in this paper. The examples of five modes of vibrations have been shown and corresponding natural frequencies have been obtained.

The results of the study show that the values of natural frequencies between two models are substantially



different. Mass of the spectators, that can be up to one third of the total mass of the structures, may lead to almost four times lower values of natural frequencies.

Further detailed and experimental study is planned to be conducted so as to determine the behaviour of the steel grandstand under dynamic load, especially induced by crowd loading. The results of the modal analysis shown in this paper will be used to design an experimental model.

### Acknowledgment

Numerical calculations were carried out at the Academic Computer Centre (TASK) in Gdansk.

### References

1. Blakeborough A., Williams M. Human-structure interaction in cantilever grandstands. Internet access: <http://www-civil.eng.ox.ac.uk/research/grandstands.pdf>.
2. Chopra A. *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*. NJ: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, USA, 1995. ISBN 0-13-086973-2.
3. Ellis B., Ji T., Litter J. The response of grandstands to dynamic crowd loads. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Structures and Buildings*, 2000, Vol. 140, Nov., p. 355–365.
4. Ibrahim Z., Reynolds P. Finite element modeling for evaluating the dynamic characteristic of a grandstand. *International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 4, No. 2, 2007, p. 235–244.
5. Reynolds P., Pavic A., Ibrahim Z. Changes of modal properties of a stadium structure occupied by a crowd. *IMAC 22*, Jan. 2004, p. 10.
6. Salyards K., Hanagan L. Evaluation of finite element model for dynamic characteristic prediction of a stadium facility. In *Proceedings of IMAC 23: A Conference and Exposition on Structural Dynamics*, Orlando, Florida, USA, Jan. 31 – Feb. 3, 2005, Society of Experimental Mechanics (SEM).

# EXPERIMENTAL EXAMINATION OF AN ELASTOMERIC POLYMER

Tomasz Falborski<sup>1a</sup>, Łukasz Piszczyk<sup>2a</sup>, Michał Strankowski<sup>2b</sup>, Robert Jankowski<sup>1b</sup>, Arkadiusz Kwiecień<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Civil and Environmental Engineering, Gdansk University of Technology.  
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Poland

<sup>2</sup>Chemical Faculty, Gdansk University of Technology. ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Poland

<sup>3</sup>Institute of Structural Mechanics, Cracow University of Technology. ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Poland

**Abstract.** A new method of repairing damaged structures by filling the cracks with a specially prepared elastomeric polymer mass has been recently proposed. This new and innovative technique, known as the Flexible Joint Method (FJM), is mainly dedicated to masonries and historical objects, where minimum intervention is permitted. The flexible joint bonds the disrupted elements and ensures further safe exploitation of a damaged structure. The aim of the present paper is to show the results of the experimental study focused on determining the properties of the polymer mass used for the injections. The polymeric specimens were subjected to static tension and compression tests. The DMA tests were performed to measure the glass transition temperature of an analyzed material and also to determine the elastic modulus (storage modulus), viscous modulus (loss modulus) and damping properties as a function of temperature.

**Key concepts:** elastomeric polymer, experimental study, DMA tests, the Flexible Joint Method.

## Introduction

New materials have always been among the greatest achievements of every age in the history of mankind. It is always new materials that open the door to new possibilities and technologies in every field of science. Polymeric materials have been probably the fastest-growing segments of the chemical industry for many decades. Because of the impressive range of useful and exceptional properties, polymeric materials play an essential and ubiquitous role in many branches of industry, including also civil engineering.

There are a lot of different methods of repairing and reinforcing damaged structures (see Kwiecień et al., 2006), but when it comes to historical buildings and other cultural heritage objects, it is as much about

mechanical safety as the aesthetical aspects. Recently, a new and innovative method of repairing damaged structures by filling the cracks with a specially prepared polymer mass has been proposed (see Kwiecień et al., 2008). The efficiency of this technique, known as the Flexible Joint Method, has been confirmed after many *in situ* and laboratory tests.

The aim of the present paper is to show the results of the experimental investigation focused on determining the basic mechanical properties of the polymer mass used for the injections. The static tension and compression tests were conducted at room temperature using the universal testing machine Zwick/Roell Z020 (Figure 1). The dynamic mechanical analysis was performed using the DMA Q800 analyser of TA Instruments (Figure 2).



Figure 1. Zwick/Roell Z020 universal testing machine



Figure 2. DMA Q800 analyser of TA Instruments

### Elastomeric polymer mass and the Flexible Joint Method

The elastomeric polymer mass considered in the experimental study is a specially prepared flexible two-component grout based on the polyurethane resin. Previously mentioned technique, which is known as the Flexible Joint Method (FJM), is mainly dedicated to masonries and historical structures where minimum intervention is permitted (see Kwiecień et al., 2008). The cracks are filled with the polymer mass, which becomes a flexible joint bonding the disrupted structural elements (Figure 3). The damaged structure regains tensile, compressive and shear resistance in the places where bearing capacity was lost. The deformation of the flexible joint ensures the uniform stress distribution and also limits the development of new stress concentrations and therefore allows further safe exploitation.

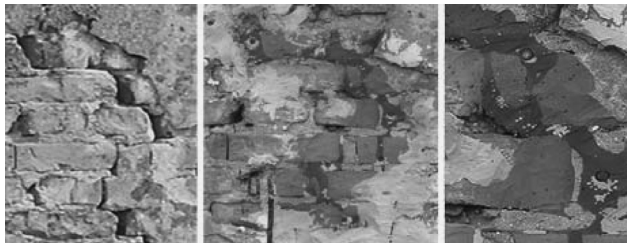


Figure 3. Cracked masonry wall with the polymer mass injection

### Static compression tests

The basic mechanical properties of the elastomeric polymer used in the Flexible Joint Method were determined during static compression tests. The experiment was performed according to EN ISO 604 (2002) using



Figure 4. Specimen grips used during static compression tests

Zwick/Roell Z020 universal testing machine (Figure 1, 4). For the purpose of the investigation a number of cylindrical specimens (2.75 mm in diameter and 10 mm high) was firstly prepared. The measurements were carried out at room temperature at constant strain rate of 5.0 mm/min. The cylindrical specimens were gradually loaded up to total failure. The experimental results presented in the form of stress-strain curve (Figure 5) exhibit non-linear behaviour of the analyzed material.

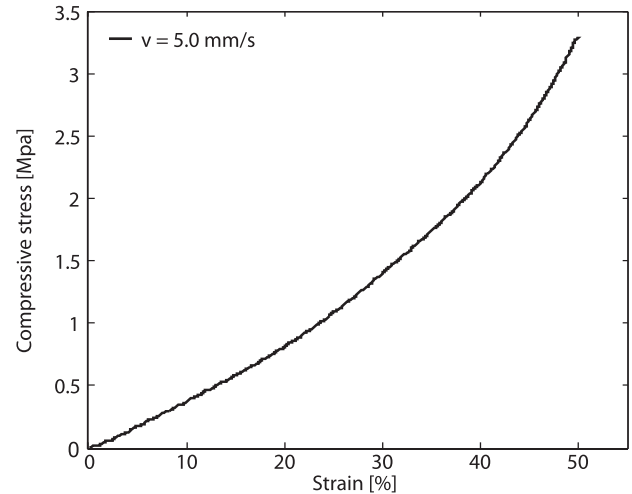


Figure 5. Compressive stress-strain curve for constant strain rate

### Static tension tests

In order to determine the basic mechanical properties of the elastomeric polymer used in the Flexible Joint Method static tension tests were also performed. The experiment was conducted according to EN ISO 527 (1997) using Zwick/Roell Z020 universal testing machine (Figu-



Figure 6. Dumbbell elastomeric specimen subjected to static tension

re 1). For the purpose of the investigation a number of dumbbell specimens (150 mm × 10 mm × 2.75 mm) was firstly prepared. The measurements were carried out at room temperature at constant strain rate of 300 mm/min (Figure 6). The elastomeric specimens were gradually loaded up to total failure. The results of the experiment presented in the form of stress-strain curve (Figure 7) exhibit highly non-linear behaviour of the analyzed material.

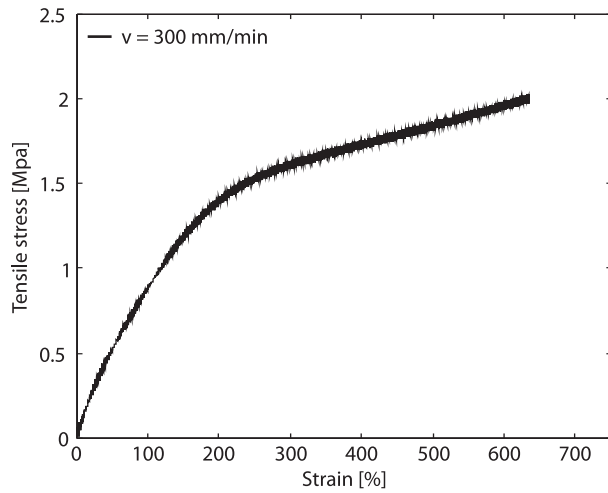


Figure 7. Tensile stress-strain curve for constant strain rate

### Dynamic Mechanical Analysis

The DMA tests were performed to measure the glass transition temperature of an analyzed material and also to determine the elastic modulus (storage modulus), viscous modulus (loss modulus) and damping properties as a function of temperature. The analysis was conducted according to EN ISO 6721 (2011). For the purpose of the investigation a number of beam specimens (60 mm × 10 mm × 4 mm) was firstly prepared. The specimens were fastened in a single-cantilever clamp (Figure 8). The temperature range of the inves-

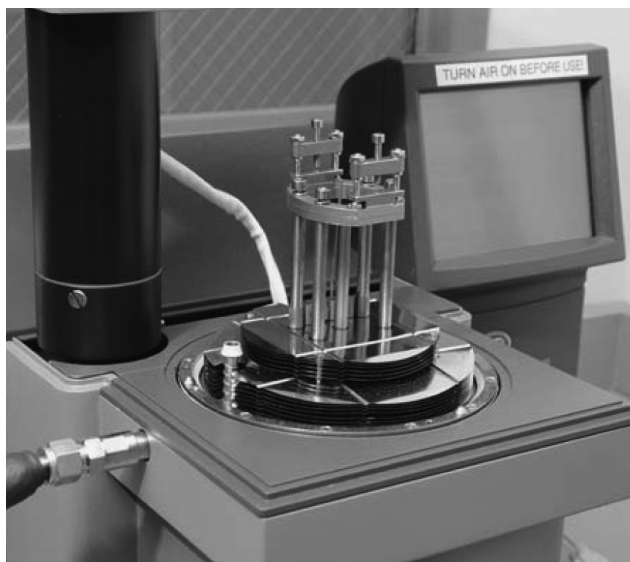


Figure 8. Single cantilever clamp mounted on the DMA Q800 analyser.

tigation was set to -100÷150°C and the corresponding heating rate to 3 °K/min. Tests in the above-mentioned configuration were performed for two excitation frequencies (1 Hz, 10 Hz). The investigations were performed under constant excitation amplitude of 20 μm. Acquired characteristic material parameters have been applied for determination of the glass-transition temperatures (Tg based on the peak value of Tan Delta or loss modulus). Selected results of conducted DMA measurements are presented in Figure 9, 10 and 11.

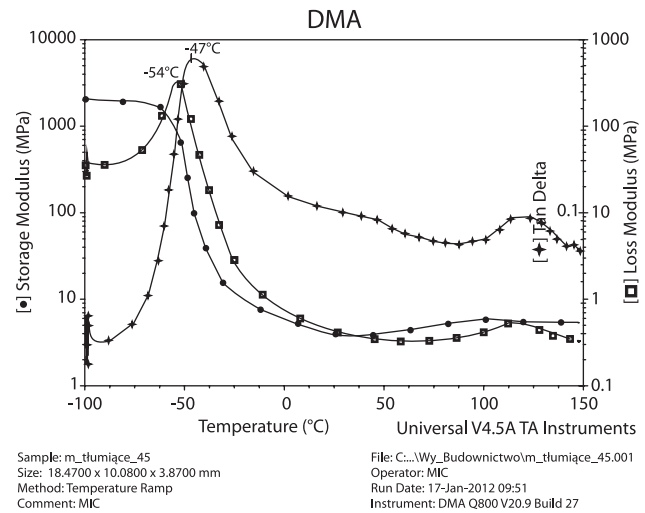


Figure 9. DMA results at excitation frequency of 1 Hz

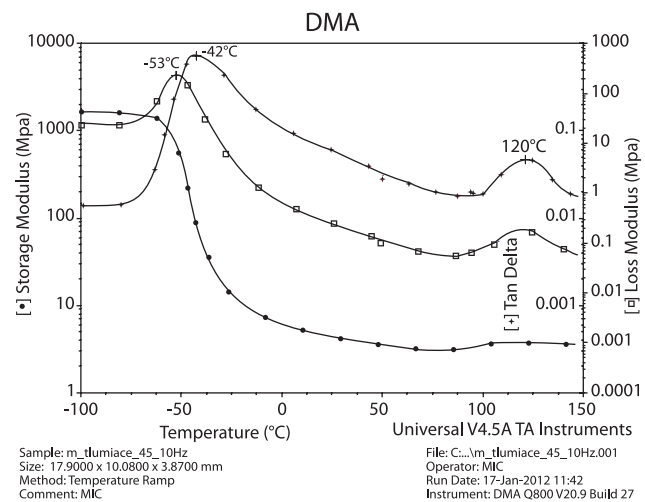


Figure 10. DMA results at excitation frequency of 10 Hz

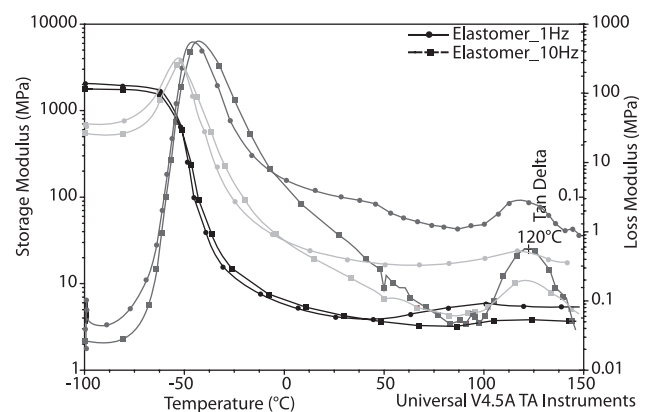


Figure 11. Comparison of DMA results at two different excitation frequencies



## Results of experimental tests

The experimental investigation on the elastomeric polymer used for the injections in the Flexible Joint Method has been presented in this paper. The results obtained from the described experiments (static tension and compression tests) exhibit highly non-linear behaviour of the analyzed material. On the other hand, relatively high value of Tan Delta obtained from the DMA tests confirms its potential to dissipate the energy during the vibrations induced by dynamic loads and to prevent against further structural damage. Moreover the higher value of excitation frequency, the higher the observed the glass-transition temperature.

The results obtained from the preliminary investigation on the polymeric specimens are very promising. Nevertheless, further research is required in order to fully verify the properties of the elastomeric polymer mass used in the Flexible Joint Method.

## Acknowledgements

The authors are very grateful to Mr. Bogusław Zając for his help in preparing the specimens made of polymer mass.

## References

1. ISO 604 *Plastics – Determination of compressive properties*, 2002.
2. ISO 527 *Plastics – Determination of tensile properties*, 1997.
3. ISO 6721 *Plastics – Determination of dynamic mechanical properties*, 2011.
4. Jankowski, R. Nonlinear rate dependent model of high damping rubber bearing. *Bulletin of Earthquake Engineering*, Vol. 1, 2003, p. 397.
5. Kwiecień, A., Zając, B. Dynamic response of the cracked masonry building repaired with the Flexible Joint Method. *Proceedings of the 7th European Conference on Structural Dynamics*, paper E1, Southampton, UK, 2008.
6. Kwiecień, A., Zając, B., Jankowski, R. Static and dynamic properties of a flexible joint working in cracked historical masonries. *Proceedings of the 6th International Conference on Structural Analysis of Historic Construction*, Vol. 2, London, UK, 2008, p. 931.
7. Kwiecień, A., Kubica, P., Stecz, P., Zając, B. Flexible Joint Method (FJM) – a new approach to protection and repair of cracked masonry. *First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, paper No. 282, Geneva, Switzerland, 2006..

# EXPERIMENTAL DETERMINATION OF DYNAMIC PROPERTIES OF CYLINDRICAL STEEL TANK MODEL FILLED WITH LIQUID

Daniel Burkacki, Robert Jankowski, Tomasz Falborski

Faculty of Civil and Environmental Engineering, Gdansk University of Technology,  
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Poland

**Abstract.** In technical branches, such as chemical or petroleum industries, cylindrical steel tanks are essential structures used for storage of liquid products. Any failure might have disastrous consequences, therefore their safety and reliability is essential. The aim of the present paper is to show the results of the experimental study which has been conducted on a scaled model of a real tank used in Poland. The investigation was carried out using the shaking table. The study included impact tests with modal analysis and harmonic tests of dynamic properties. The influence of liquid level on the natural vibration modes and natural frequencies has been investigated. The results of the study indicate that stored product may significantly influence the values of dynamic parameters.

**Key concepts:** cylindrical steel tank, self-supported roof, shaking table, impact tests, sweep-sine tests.

## Introduction

Liquid storage tanks are among the most commonly constructed structures used to store petroleum and chemical products. Even minor damage may lead to substantial material losses associated with the exclusion of use. The failures may result in serious structural damage, environmental pollution and even ecological disaster. Extreme dynamic loads associated with mining tremors or earthquakes are unexpected threats which can lead to significant damages to steel tanks (see De Angelis et al., 2010). Meanwhile, the behaviour of steel tanks under these types of excitations has not been studied so far in Poland.

The majority of Polish territory (see Figure 1) has small or negligibly small seismic activity. We do not have to design structures for dynamic loads associated with seismic excitations, nevertheless in the case of mining tremors general guideline have been formulated. However, earthquakes causing serious damages to building structures have been recorded in recent history,

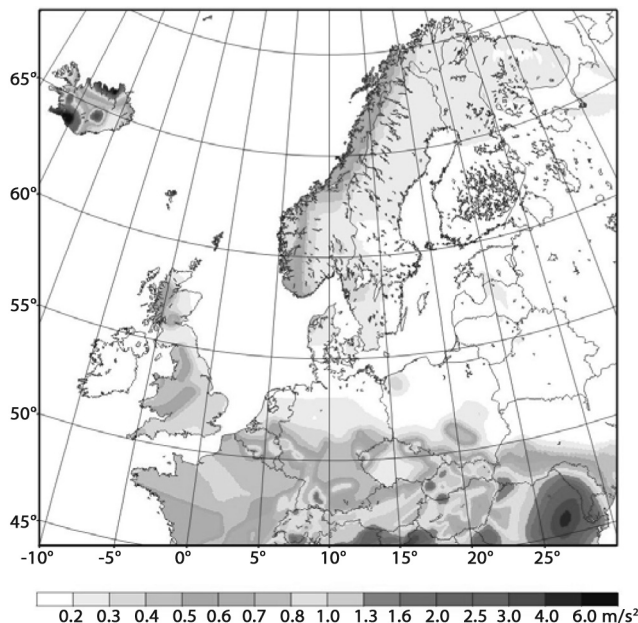


Figure 1. Seismic risk map of the central and northern Europe

for example earthquakes in the north eastern Poland (Zembaty et al., 2005a) as well as in Podhale (Zembaty et al., 2005b). Moreover, the south part of the country is the area of mining activity. The Legnica-Glogow Industrial District (LGOM), the Gorny Slask Coal Basin (GZW) or Belchatow mine can be examples of such kind of terrains. Vibrations recorded in these regions have different characteristics than natural earthquakes (see Kwiatek, 1997; Tatara, 2002), although some of them can also have destructive consequences (e.g. mining tremor in Polkowice in 2002).

The aim of present paper is to determine experimentally the dynamic properties of a cylindrical steel tank model. The shaking table experimental results for the tank at different levels of liquid filling have been shown.

## Experimental model of tank

The subject of the current study concerns the cylindrical steel tank with self-supported roof (see Virella et al., 2003). The tank has a total capacity of 32,000 m³ and is located in Gdansk (Poland). The experimental model prepared for the purpose of the present study has been scaled based on a scale equal to 1:33 (see Figure 2). Its diameter and the total height is equal to 1.5 m and 0.7 m, respectively. The model has the total weight equal to 86 kg and thickness of the bottom plate, shell and roof is equal to 3 mm, 1.2 mm and 1.2 mm, respectively. The model has been made of stainless steel. The structure has been fixed by eighteen M10 bolts with nine plates to the platform of the shaking table.

## Test programme and measuring equipment

In this paper, the experimental determination of the dynamic properties of a steel tank model has been considered. The structure of the tank model is symmetrical and, for this reason, the vibration excitation of



Figure 2. Experimental setup.

the model has been implemented for only one direction, consistent with the movement of the shaking table platform. Two types of tests have been conducted:

- 1) impact tests with modal analysis,
- 2) harmonic tests of dynamic properties (sweep-sine).

Both types of tests have been carried out for four variants of the water level:

- 1) empty tank,
- 2) tank filled with 162 mm of water,
- 3) tank filled with 324 mm of water,
- 4) tank filled with 486 mm of water.

To implement the measurements, special laboratory equipment has been used, which includes:

- 1) five single-axis accelerometers,
- 2) twelve-channel amplifier (five channels were active),
- 3) digital-analog measuring card,
- 4) PC for recording the measurements.

Acceleration measurements have been conducted simultaneously in five points. They include four points located at the tank model and one point located at the shaking table platform. Locations of accelerometers are presented in Figure 2 (on the right side).

### Impact tests with modal analysis

Impact tests have been first carried out by the modal hammer method. The modal hammer with a flexible pad limiting the frequency excitation to 300 Hz has been used for this purpose (see Figure 2). As a result of series of impacts by modal hammer, series of results, such as amplitudes of forces and acceleration values, have been obtained.

The parameters of impact measurements registration:

- 1) total time of measurement: 15 and 20 seconds,
- 2) pre-trigger: 0.5 second,

- 3) frequency of sampling of recording measurements: 4000 Hz,
- 4) five impacts at each location (see Figure 2 on the left side).

One hundred measurements simultaneously recording force impulses in [N] and acceleration responses in [ $\text{m/s}^2$ ] have been received.

In the modal analysis, preliminary calculations of test signals have been performed. As a result, estimations of the Frequency Response Function (FRF) characteristics of tank model for each location of accelerometer and estimation of modal parameters in the resonances have been obtained.

Based on measurements of the acceleration amplitudes [ $\text{m/s}^2$ ] and force amplitudes [N], as a result of modal analysis, inertance characteristics [ $\text{m/s}^2/\text{N}$ ] in the frequency domain and the modal parameters in the resonances for each location of accelerometer have been received.

On the faith of modal parameters in the resonances, the natural frequencies and modes of free vibrations of considered structure have been obtained.

### Harmonic tests of dynamic properties

To accomplish the harmonic tests of dynamic properties of the tank model, the sweep-sine method has been chosen (see, for example, Jankowski, 2010). The vibration excitations have been carried out using a dynamic actuator (see Figure 2) which generates sinusoidal vibrations with variable frequency (sweep-sine).

The tests have been conducted with a sampling frequency of 1000 Hz with a length of time of 60 and 120 seconds.

Parameters of the harmonic tests of dynamic properties have been set at:

- 1) vibration excitation frequency range: from 1.0 Hz to 60 Hz,
- 2) time of sweep-sine: 60 and 120 seconds,
- 3) amplitude of seismic acceleration of the shaking table platform has been chosen so as to reveal resonances.

Recorded acceleration signals have been subjected to data processing and analyzed by CFNRD computer program. The program has been used to determine the existence of resonances and magnification of vibrations.

## Results of experimental tests

In the present work, an experimental study concerning determination of dynamic properties of cylindrical steel tank model has been presented. In consequence, a number of results for different level of water filling have been obtained. The results of impact tests with modal analysis are summarized in Table 1.

The examples of the results of harmonic tests in the form of Fourier spectra are shown in Figure 3. The results shown in Figure 3 as well as in Table 1 clearly indicate that filling the tank with water leads to substantial reduction in natural frequencies. It can be seen from Figure 3 (for accelerometer no. 3 for example) that the value of the first natural frequency has been reduced by 17.5%, 34.7% and 48.9% by filling the tank with 162 mm, 324 mm and 486 mm of water, respectively.

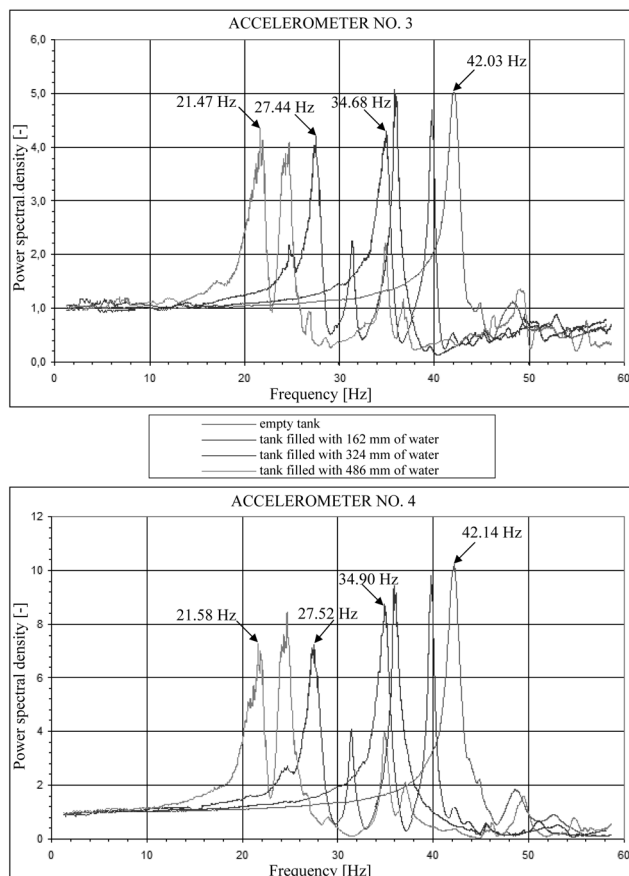


Figure 3. Fourier spectra for the model with different level of water filling (accelerometers no. 3 and 4).

Table 1. Summary of results of impact tests with modal analysis

| Level of water filling [mm] | Frequency [Hz] | Damping ratio [%] |
|-----------------------------|----------------|-------------------|
| 0                           | 43.64          | 3.17              |
|                             | 48.61          | 2.17              |
| 162                         | 42.88          | 2.44              |
|                             | 47.13          | 1.68              |
| 324                         | 39.32          | 1.28              |
|                             | 52.23          | 1.33              |
| 486                         | 22.68          | 8.39              |
|                             | 21.20          | 4.67              |
|                             | 34.80          | 1.31              |
|                             | 37.26          | 0.50              |
|                             | 51.86          | 0.56              |

## Conclusions

An experimental analysis of dynamic properties of cylindrical steel tank model has been conducted and described in this paper. A number of results have been obtained. The results of the investigation indicate that the values of the natural vibration frequencies obtained for impact and harmonic tests are quite consistent. They clearly show that the level of liquid is really essential in the structural analysis. The natural vibration frequencies of the structure have been found to be considerably lower for the fully filled tank as compared to the case of empty tank.

Further detailed numerical and experimental study is planned to be conducted so as to determine the dynamic behaviour of a steel tank under dynamic excitations, such as earthquakes and mining tremors.

## Acknowledgements

The research has been financially supported by the Polish National Centre of Science through a research project no. N N506 121240. This support is greatly acknowledged. Numerical calculations were carried out at the Academic Computer Centre (TASK) in Gdansk.

## References

1. De Angelis, M., Giannini, R., Paolacci, F. Experimental investigation on the seismic response of a steel liquid storage tank equipped with floating roof by shaking table tests. *Earthquake engineering and structural dynamics*, 2010, Vol. 39, p. 377–396.
2. Jankowski, R. Shaking table experimental study on diagnosis of damage and its evaluation in steel structure. *Key Engineering Materials*, 2010, Vols. 417–418, p.157–160.
3. Kwiatek, J. (ed.) *Protection of structures on the mining areas*, Katowice: Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa, 1997 (in Polish).
4. Tatara, T. *Actions of surface vibrations caused by mining tremors on traditional building development*, Kraków: Wydawnic-



- 
- two Politechniki Krakowskiej, 2002 (in Polish).
5. Virella, J.C.; Godoy, L.A.; Suárez L.E.; Mander J.B. Influence of the roof on the natural periods of empty steel tanks. *Engineering Structures*, 2003, Vol. 25, p.877-887.
  6. Zembaty, Z.; Cholewicki, A.; Jankowski, R.; Szulc, J. Earthquakes of September 21, 2004 in north eastern Poland and their effects on structures. *Inżynieria i Budownictwo*, 2005a, Vol. 61, No. 1, p.3-9 (in Polish).
  7. Zembaty, Z.; Jankowski, R.; Cholewicki, A.; Szulc, J. Earthquake of November 30, 2004 in Podhale (Poland) and its effects on structures. *Inżynieria i Budownictwo*, 2005b, Vol. 61, No. 9, p.507-511 (in Polish).

# VILNIAUS TECHNOLOGIJŲ IR DIZAINO KOLEGIJOS MOKSLO ŽURNALO „TECHNOLOGIJOS IR MENAS. TYRIMAI IR AKTUALIJOS“ STRAIPSNIŲ RENGIMO REIKALAVIMAI

## Bendroji informacija

Straipsniai moksliniame žurnale publikuojami lietuvių kalba, užsienio šalių autorių straipsniai – anglų kalba. Redakcinei kolegijai pateikiama spausdinta rankraščio kopija (pasirašyta autoriaus (-ių) ir elektroninė kopija, parengta MS Word redaktoriui Times New Roman šriftu pagal toliau nurodytus reikalavimus. Straipsnio tekstas maketuojamas viengubu (Single) intervalu 210 × 297 mm formato puslapiuose. Straipsnio apimtis – iki 10 puslapių. Atskirame lape ir elektroninėje kopijoje nurodomi trumpi duomenys apie autorių (ius): mokslo laipsnis, užimamos pareigos, mokslinių interesų (taikomųjų tyrimų) kryptys, darbovietė ir jos adresas, telefonas (darbo arba namų), el. paštas.

## Straipsnio struktūra

Straipsnyje turi būti nurodytas straipsnio pavadinimas, autoriaus (-ių) vardas ir pavardė, darbovietės ar organizacijos pavadinimas ir adresas, anotacija lietuvių kalba; pagrindinės sąvokos, įvadas (nurodoma tyrimų objektas ir tikslas, uždaviniai, taikomi metodai, problema, temos aktualumas, pateikiama literatūros apžvalga ir analizė ir kt.), temos dėstymas, rezultatai ir jų apibendrinimas, išvados, literatūros sąrašas. Straipsnio pabaigoje pateikiama anotacija užsienio kalba (ne mažiau kaip 1500 spaudos ženklų neskaičiuojant tarpų).

## Rankraščio maketas

1. **Straipsnis** turi būti parašytas teksto redaktoriui MS Word Windows, Times New Roman šriftu, 12 pt (1,0 eilutės eilėtarpiu). Puslapio formatas – A4 (210 × 297 cm), vertikalus. Parašės: kairioji – 30 mm, dešinioji – 10 mm, viršutinė – 20 mm, apatinė – 20 mm.

2. **Straipsnio pavadinimas** rašomas 14 pt pastorintu šriftu (**Bold**), didžiosiomis raidėmis. Centruojama. Tarp pavadinimo ir autoriaus pavardės – 1 eilutės intervalas.

3. **Autoriaus (-ių) vardas (-ai) ir pavardė (-s)** rašomi 12 pt pastorintu šriftu (**Bold**) mažosiomis raidėmis. Centruojama.

4. **Autoriaus (-ių) darbovietės ar organizacijos pavadinimas** ir adresas, autoriaus (ių) el. pašto adresas rašomas 10 pt kursyvu mažosiomis raidėmis. Centruojama. Tarp autoriaus pavardės ir darbovietės pavadinimo – 1 eilutės intervalas.

5. Trumpa **straipsnio anotacija** renkama 10 pt šriftu (*Normal*), lygiavimas abipusis.

6. **Pagrindinės sąvokos** pateikiamos 12 pt šriftu;

7. **Straipsnio tekstas** rašomas 12 pt šriftu, lygiavimas abipusis.

8. **Pagrindinis tekstas** skirstomas į skyrius ir poskyrius. Skyrių pavadinimai rašomi 12 pt pastorintu šriftu (**Bold**) mažosiomis raidėmis lygiuojant pagal kairę parašę, poskyrių pavadinimai tokia pat tvarka, kaip ir skyrių pavadinimai, – 12 pt šrifto dydžiu.

9. **Pastraipos stilius**: pirmos eilutės įtrauka – 1,25 cm, tarpas po pastraipos – 3 pt. Pastraipoms nustatoma abipusė lygiuotė, tekstas sulygiuojamas ir pagal dešiniąją, ir pagal kairiąją parašes.

10. **Formulės, lentelės, paveikslai.**

Formulės rašomos standartiniu Word formulių redaktoriui, pagrindinių kintamųjų šrifto dydis – 10 pt (kintamieji ir jų indeksai, išskyrus skaitmenis, pasvirusiu šriftu).

Lentelės maketuojamos kartu su tekstu, lygiavimas abipusis. Lentelių numeriai ir pavadinimai rašomi virš lentelių 12 pt kursyvu tęstine tvarka visame tekste. Lentelės turinys lygiuojamas pagal kairę parašę ir rašomas 10 pt šriftu, pvz.:

1 lentelė. Pavadinimas

| AAAAA | BBBBBBB | AB | CCCC |
|-------|---------|----|------|
|       |         |    |      |
|       |         |    |      |
|       |         |    |      |

Iliustracijos, paveikslai, diagramos ir pan. maketuojami ir kompuonuojami pačiame tekste, taip pat pateikiami atskiruose failuose. Paveikslukai, nuotraukos – tif arba jpg formatu. Skiriamoji raiška ne mažiau nei

300 DPI, tonai, nespaltvoti (greyscale). Grafikai, brėžiniai, schemos – eps, wmf, emf formatu (galima Excel ar CorelDraw). Pavadinimai rašomi po iliustracija 12 pt pastorintu šriftu centruotai tęstine tvarka visame tekste (1 pav., 2 pav.). Po iliustracijos numerio 12 pt pastorintu šriftu (**Bold**) centruotai rašomas pavadinimas.

## 11. Literatūra

**Citavimas.** Cituojant literatūros šaltinį nuoroda pateikiama į numeruotą bibliografinių nuorodų sąrašą straipsnio gale. Nuoroda rašoma lauztiniuose skliaustuose, pavyzdžiui, [2].

**Literatūros sąrašas** sudaromas abėcėlės tvarka, numeruojama arabiškais skaitmenimis. Pirmiausia išvardijami leidiniai lotyniškais rašmenimis, po to slavų rašmenimis.

## Literatūros sąrašo pateikimas:

### Knygos:

Vieno autoriaus knyga.

Autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė. *Leidinio pavadinimas*. Laida (jei reikia). Leidimo vieta: leidykla, metai. Standartinis numeris.

Vaitkevičiūtė, V. *Tarptautinių žodžių žodynas*. Vilnius: Žodynas, 2002. ISBN 9986-456-62-1.

Dviejų autorių knyga. Kai autoriai keli, jų pavardės atskiriamos kabliataškiais.

Autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė; Autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė. *Leidinio pavadinimas*. Laida (jei reikia). Leidimo vieta: leidykla, metai. Standartinis numeris.

Zohar, D.; Marshall, I. *Dvasinis kapitalas*. Vilnius: Tyto alba, 2006. ISBN 9986-16-527-X.

Trijų autorių knyga.

Autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė; Autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė; Autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė. *Leidinio pavadinimas*. Laida (jei reikia). Leidimo vieta: leidykla, metai. Standartinis numeris.

Kunevičienė, A.; Pečkuvienė, L.; Žilinskienė, V. *Specialybės kalbos kultūra*. Vilnius: Lietuvos teisės universitetas, 2003. ISBN 9955-563-43-5.

Keturių autorių knyga.

Pirmo autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė; santrumpa *et al.* *Leidinio pavadinimas*. Laida (jei reikia). Leidimo vieta: leidykla, metai. Standartinis numeris.

Ginevičius, R.; *et al.* *XXI amžiaus iššūkiai: organizacijų ir visuomenės pokyčiai*. Vilnius: Technika, 2006. ISBN 9955-057-3.

Knyga be autoriaus.

*Leidinio pavadinimas*. Laida (jei reikia). Leidimo vieta: leidykla, metai. Standartinis numeris.

*Kanceliarinės kalbos patarimai*. Parengė P. Kniūkšta. 4-asis leidimas. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas, 2000. ISBN 5-420-01238-3.

### Straipsniai, publikuoti knygose ir daigiatomiuose leidiniuose.

Straipsnio autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė. Straipsnio pavadinimas. In: *Leidinio pavadinimas*. Laida. Leidimo vieta: leidykla, metai, vieta leidinyje (puslapiai).

Sabalaiuskas, A. Graikų kalba. In: *Lietuvių kalbos enciklopedija*. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas, 1999, p. 222–223.

### Straipsniai, publikuoti serijiniuose leidiniuose.

Straipsnio autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė. Straipsnio pavadinimas. *Leidinio pavadinimas*. metai, vieta leidinyje (puslapiai).

Mauzėnė, L. Leksikos mokymo metodikos aktualijos. *Filologija*, 2005, Nr. 13, p. 60–65.

### Elektroniniai dokumentai.

Autoriaus pavardė, Pirmo vardo raidė. *Pavadinimas* [laikmenos rūšis]. Laida. Leidimo vieta: leidykla, išleidimo data [nuorodos sudarymo data]. Prieiga. Standartinis numeris.

Europass Lietuvoje [interaktyvus]. Vilnius: ES Leonardo da Vinčio programos koordinavimo centras [Žiūrėta 2007m. gruodžio 4d.]. Prieiga per internetą < <http://www.europass.lt>.

Lietuva iki Mindaugo [CD-ROM]. Vilnius: Elektroninės leidybos namai, 2001. ISBN 9986-9216-5-1.

# REQUIREMENTS FOR PREPARATION OF ARTICLES FOR THE SCIENTIFIC MAGAZINE “TECHNOLOGY AND ART. RESEARCH AND TOPICALITIES“ OF VILNIUS COLLEGE OF TECHNOLOGIES AND DESIGN

## General information

Articles in this magazine are published in Lithuanian, whereas articles of foreign authors – in English. The editorial staff is provided with a printed copy of the work (undersigned by the author (s) and electronic copy prepared by MS Word in Times New Roman under the further indicated requirements. The text of the article is spaced by single (*Single*) interval in 210 × 297 mm format pages. Volume of the article – up to 10 pages. The following short author details are indicated on a separate sheet and in the electronic copy: degree, current position, course of scientific interests (applied researches), working place and its address, telephone number (work or home), e-mail.

## Structure of the article

The article must include title, name (s) and surname (s) of the author (s), name and address of working place or organization, annotation in Lithuanian; keywords, introduction (indicates object and aim of the researches, tasks, applied methods, problem, topicality of the theme, provides literature review and analysis, and etc.), laying out of the theme, results and their summary, conclusion, list of literature. The end of the article provides annotation in foreign language (not less than 1500 characters without spaces).

## Formatting of the text

1. **The article** has to be written using text editor MS Word Windows, in Times New Roman 12 pt (line spacing – 1.0). Page format – A4 (210x297 cm), vertical. Margins: left – 30 mm, right – 10 mm, top – 20 mm, bottom – 20 mm.

2. **Title of the article** is written in bold (*Bold*) 14 pt, caps lock. Central alignment. Space between title and name of the author – 1 line.

3. **Name (s) and surname (s) of the author (s)** is/are written in small bold (*Bold*) letters. Central alignment.

4. **Name and address of working place or organization of the author (s)**, e-mail address of the author (s) is written in italics, 10 pt small letters. Central alignment. Space between name of the author and name of working place – 1 line.

5. **Short annotation of the article** is typed in 10 pt (*Normal*). Justified alignment.

6. **Keywords** are provided in 12 pt.

7. **Text of the article** is written in 12 pt, justified alignment.

8. **Body of the article** is divided into sections and subsections. Titles of the sections are written in bold (*Bold*) 12 pt small letters, left alignment; titles of subsections are written in the same order as titles of sections – in 12 pt.

9. **Style of a paragraph**: first line indented at 1.25 cm, spacing after paragraph – 3pt. Justified alignment is selected to paragraphs, text is aligned under both right and left margins.

## 10. Formulas, tables and pictures.

Formulas are written using standard editor of formulas in Word, font size of the main variables – 10 pt (variables and their indexes, except numbers, are in italic).

Tables are formatted together with the text, justified alignment. Numbers and titles of tables are written above tables in italic 12 pt in serial order through all the text. Content of the table is aligned under left margin and written in 10 pt, for example:

Table 1. Title

|       |         |    |      |
|-------|---------|----|------|
| AAAAA | BBBBBBB | AB | CCCC |
|       |         |    |      |
|       |         |    |      |
|       |         |    |      |

Illustrations, pictures, diagrams, and etc. are edited and composed in the text, also they are placed in the separate files. Pictures and photos are placed in tif or jpg format. The distinctive expression is no less than 300 DPI, greyscale tones. Graphs, drawings, scheme – eps, wmf, emf format (possible Excel or CorelDraw). The titles are in bold illustration 12 pt, bold

centered, in continuous order in all the text (1 ex., 2 ex.). The title is written after the illustration number in 12 pt bold centered.

## 11. Literature

**Quoting.** While quoting the source of literature is indicated in a numbered list of bibliographic references at the end of the article. Reference is written in angle brackets, for example, [2].

**List of literature** is made in alphabetical order numbered in Arabic numerals. At first, the publications are listed in Latin characters, and then – Slavic.

### Presenting of literature list:

#### Books:

Book of one author.

Surname of the author, First letter of the name. *Title of the publication.* Edition (if required). Place of edition: publishing house, year. Standard number.

Vaitkevičiūtė, V. *Tarptautinių žodžių žodynas.* Vilnius: dictionary, 2002. ISBN 9986-456-62-1.

Book of two authors. If there are a few authors, their surnames are separated by a semicolon.

Surname of the author, First letter of the name; Surname of the author, First letter of the name. *Title of the publication.* Edition (if required). Place of edition: publishing house, year. Standard number.

Zohar, D.; Marshall, I. *Dvasinis kapitalas.* Vilnius: Tyto alba, 2006. ISBN 9986-16-527-X.

Book of three authors.

Surname of the author, First letter of the name; Surname of the author, First letter of the name; Surname of the author, First letter of the name. *Title of the publication.* Edition (if required). Place of edition: publishing house, year. Standard number.

Kunevičienė, A.; Pečkuvienė, L.; Žilinskienė, V. *Specialybės kalbos kultūra.* Vilnius: Lithuanian Law University, 2003. ISBN 9955-563-43-5.

Book of four authors.

Surname of the first author, First letter of the name; the abbreviation *et al.* *Title of the publication.* Edition (if required). Place of edition: publishing house, year. Standard number.

Ginevičius, R.; *et al.* *XXI amžiaus iššūkiai: organizacijų ir visuomenės pokyčiai.* Vilnius: Technique, 2006. ISBN 9955-057-3.

A book without an author.

*Title of the publication.* Edition (if required). Place of edition: publishing house, year. Standard number.

*Kanceliarinės kalbos patarimai.* Prepared by P. Kniūkšta. 4<sup>th</sup> edition. Vilnius: Institute of Science and Publishing of Encyclopedias, 2000. ISBN 5-420-01238-3.

#### Articles published in books and voluminous editions.

Surname of the article author, First letter of the name. *Title of the article.* *Title of the publication.* Edition. Place of edition: publishing house, year, place in the publication (pages).

Sabaliauskas, A. Graikų kalba. *Lietuvių kalbos enciklopedija.* Vilnius: Institute of Science and Publishing of Encyclopedias, 1999, p. 222-223.

#### Articles published in serial publications.

Surname of the article author, First letter of the name. *Title of the article.* *Title of the publication.* Year, place in the publication (pages).

Mauzienė, L. Leksikos mokymo metodikos aktualijos. *Filologija*, 2005, No. 13, p. 60-65.

#### Electronics documents.

Surname of the author, First letter of the name. *Title* [type of media]. Edition. Place of edition: publishing house, date of publishing [date of making the link]. Access. Standard number.

Europass in Lithuania [interactive]. Vilnius: ES Leonardo da Vinci programos koordinavimo centras [viewed on December 4, 2007]. Access via Internet < <http://www.europass.lt>.

Lietuva iki Mindaugo [CD-ROM]. Vilnius: Electronic Publishing House, 2001. ISBN 9986-9216-5-1.

---

**TECHNOLOGIJOS IR MENAS**  
**TECHNOLOGY AND ART**

2012/3

Sudarytojas/ Compiler **Andrius GULBINAS**  
Kalbos redaktorė/ Language Editor **Violeta MIKLIUŠIENĖ**  
Konsultantė /Consultant **Inga KRAKELIENĖ**

ISSN 2029-400X

2012-03-23. 60x90/8. 13,5 sąlyg. sp. l. Tiražas 200 egz.  
Spaudai parengė UAB „Infrastras“, Spausdino UAB „Petro ofsetas“ Savanorių pr. 174D, 03153 Vilnius

**Redakcijos adresas**  
**Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija**

Antakalnio g. 54; LT-10303 Vilnius, Lietuva  
Tel. (8 5) 234 1524; Faksas (8 5) 234 3769; El.p. info@vtdko.lt

**Address of the publisher**  
**Vilnius University of Applied Engineering Sciences**

Antakalnio g. 54; LT-10303 Vilnius, Lithuania  
Phone: +370 5 234 1524; Fax: +370 5 234 3769;  
E-mail info@vtdko.lt