

The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 2016, vol. 11, no. 2

Content

Marek Iwański, Grzegorz Mazurek RHEOLOGICAL PROPERTIES OF THE BITUMINOUS BINDER EXTRACTED FROM SMA PAVEMENT WITH HYDRATED LIME	93
Shiling Pei, Yongle Li, Yulong Bao, Xin Li, Shizhong Qiang IMPACT OF TRAIN-INDUCED VIBRATION ON RAILWAY CABLE-STAYED BRIDGES FATIGUE EVALUATION	102
Mustafa Akgul, Murat Demir, Tolga Ozturk, Hakan Topatan, Y. Emre Budak INVESTIGATION OF RECREATIONAL VEHICLES MANEUVERABILITY ON FOREST ROADS BY COMPUTER-AIDED DRIVING ANALYSIS	111
Aleksandr K. Arnautov, Vladimir Kulakov, Janis Andersons, Viktor Gribniak, Algirdas Juozapaitis EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON STIFFNESS AND STRENGTH OF SINGLE-LAP Z-PINNED JOINTS IN A LAMINATED CFRP STRESS-RIBBON STRIP	120
Biljana Maljković, Dražen Cvitanić EVALUATION OF DESIGN CONSISTENCY ON HORIZONTAL CURVES FOR TWO-LANE STATE ROADS IN TERMS OF VEHICLE PATH RADIUS AND SPEED	127
Audrius Vaitkus, Mantvydas Strumskys, Vilma Jasiūnienė, Laura Jateikienė, Tadas Andriejauskas, Dovydas Skrodenis EFFECT OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS ON TRAFFIC SAFETY	136
Mariano Perneti, Mauro D'Apuzzo, Francesco Galante A NEW APPROACH TO ASSESS THE INFLUENCE OF ROAD ROUGHNESS ON DRIVER SPEED BEHAVIOR BASED ON DRIVING SIMULATOR TESTS	144
Vladislovas Česlovas Aksamitauskas, Vilma Kriaučiūnaitė-Neklejonovienė, Donatas Rekus, Birutė Ruzgienė, Virgaudas Puodžiukas, Arminas Stanionis ADVANTAGES OF LASER SCANNING SYSTEMS FOR TOPOGRAPHICAL SURVEYS IN ROADS ENGINEERING	153
Piotr Radziszewski, Joanicjusz Nazarko, Tatjana Vilutiene, Katarzyna Dębkowska, Joanna Ejdyś, Alicja Gudanowska, Katarzyna Halicka, Jarosław Kilon, Anna Kononiuk, Karol J. Kowalski, Jan B. Król, Łukasz Nazarko, Michał Sarnowski FUTURE TRENDS IN ROAD PAVEMENT TECHNOLOGIES DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION	160
Václav Beran, Daniel Macek, Dana Měšťanová LIFE-CYCLE COST OF BRIDGES – FIRST STEPS TO A HOLISTIC APPROACH	169
ABSTRACTS IN LITHUANIAN	I
ABSTRACTS IN LATVIAN	II
ABSTRACTS IN ESTONIAN	III

The papers published in The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering
are indexed/abstracted by:

- Science Citation Index Expanded (ISI Web of Science),
- INSPEC (Database of Institution of Engineering and Technology),
- Current Abstracts, TOC Premier (EBSCO Publishing),
- TRIS (Transportation Research Information Services),
- VINITI (All-Russian Scientific and Technical Information Institute of Russian Academy of Sciences),
- SCOPUS (Elsevier Bibliographic Database),
- ICONDA (The International Construction Database),
- Ulrichsweb™,
- IndexCopernicus.

ISSN 1822-427X



The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 2016, vol. 11, no. 2

The Baltic Journal of

Road and Bridge Engineering

2016, vol. 11, no. 2

THE JOURNAL IS DESIGNED FOR PUBLISHING PAPERS
CONCERNING THE FOLLOWING AREAS OF RESEARCH:

- road and bridge research and design,
- road construction materials and technologies,
- bridge construction materials and technologies,
- road and bridge repair,
- road and bridge maintenance,
- road traffic safety,
- road and bridge information technologies,
- environmental issues,
- road climatology,
- low-volume roads,
- normative documentation,
- quality management and assurance,
- road infrastructure and its assessment,
- assets management,
- road and bridge construction financing,
- specialist pre-service and in-service training;

besides, it publishes:
advertising materials, reviews and bibliography,
abstracts of PhD thesis, reports on conferences and workshops

The papers published in The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering are indexed/abstracted by:

Science Citation Index Expanded (ISI Web of Science)	Thomson Scientific
INSPEC	Database of Institution of Engineering and Technology
Current Abstracts, TOC Premier	EBSCO Publishing
TRIS Online	Transportation Research Information Services (TRIS) Bibliographic Database
VINITI	Database of All-Russian Scientific and Technical Information Institute of Russian Academy of Sciences
SCOPUS	Elsevier Bibliographic Database
ICONDA	The International Construction Database
Ulrichsweb™	Ulrichsweb™
IndexCopernicus	IndexCopernicus



Vilnius Gediminas
Technical University



Riga Technical
University



Tallinn University
of Technology



Baltic Road
Association

The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering

2016
11(2)

Editor-in-Chief Donatas ČYGAS

THE BALTIC JOURNAL OF ROAD AND BRIDGE ENGINEERING

<http://www.bjrbe.vgtu.lt>

2016, vol. 11, no. 2

International Research Journal of Vilnius Gediminas Technical University,
Riga Technical University, Tallinn University of Technology,
Baltic Road Association

EDITORIAL CORRESPONDENCE including manuscripts for
submission should be addressed to

Prof. Dr D. Čygas, Editor-in-Chief,

Prof. Dr D. Žilionienė, Managing Editor

of “The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering”,

Dept of Roads, Vilnius Gediminas Technical University,

Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, Lithuania.

Tel.: +370 5 274 5011, 274 4708;

Fax: +370 5 274 4731.

E-mail: bjrbe@vgtu.lt

*All papers published in Journal “The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering”
are peer-reviewed by members of Editorial Board or by its appointed experts.*

© Vilnius Gediminas Technical University, 2016

Journal Cover Designer Donaldas Andziulis

14 June 2016. Printer's sheets 13,5. Circulation 190 copies

Vilnius Gediminas Technical University Publishing House “Technika”,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, Lithuania, <http://leidykla.vgtu.lt>

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

Prof. Dr **Donatas ČYGAS**
Vilnius Gediminas Technical University,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, Lithuania (Civil Engineering, 02T)

Editors

Prof. Dr **Alfredas LAURINAVIČIUS**
Vilnius Gediminas Technical University,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, Lithuania
(Civil Engineering, 02T)

Assoc. Prof. Dr **Ainars PAEGLITIS**
Riga Technical University,
Azenes str. 20, 1048 Riga, Latvia
(Civil Engineering, 02T)

Prof. Dr **Andrus AAVIK**
Tallinn University of Technology,
Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, Estonia
(Civil Engineering, 02T)

Managing Editor

Prof. Dr **Daiva ŽILIONIENĖ**
Vilnius Gediminas Technical University,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, Lithuania (Civil Engineering, 02T)

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Prof. Dr **Hojjat ADELI**,
Ohio State University, 470 Hitchcock Hall,
2070 Neil Avenue, Columbus, OH 43210, USA
(Civil Engineering, 02T)

Prof. Dr **Dago ANTOV**,
Tallinn University of Technology, Ehitajate tee 5,
19086 Tallinn, Estonia (Geography, 06P)

Dr **Halil CEYLAN**,
Center for Transportation Research and Education (CTRE),
482B Town Engineering Bldg.,
Iowa State University, Ames, IA 50011-3232, USA
(Civil Engineering, 02T)

Dr **Mindaugas DIMAITIS**,
PE "Road and Transport Research Institute",
I. Kanto g. 23, P.O. Box 2082, 44009 Kaunas,
Lithuania (Transport Engineering, 03T)

Dr **Arvydas DOMATAS**,
JSC "Kelprojekas", I. Kanto g. 25,
44296 Kaunas, Lithuania (Informatics Engineering, 07T)

Prof. Dr **Alfredo Garcia GARCIA**,
Polytechnic University of Valencia, Camino de Vera, s/n;
46071 Valencia, Spain (Transport Engineering, 03T)

Dr **Inge HOFF**,
Research Institute "SINTEF", Hogskoleringen 7,
7465 Trondheim, Norway (Civil Engineering, 02T)

Prof. Dr **Siim IDNURM**,
Tallinn University of Technology, Ehitajate tee 5,
19086 Tallinn, Estonia (Civil Engineering, 02T)

Prof. Dr **Jozef JUDYCKI**,
Technical University of Gdansk, 11/12 Narutowicza St.,
80-952 Gdansk, Poland (Civil Engineering, 02T)

Prof. Dr Habil **Gintaris KAKLAUSKAS**,
Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11,
10223 Vilnius, Lithuania (Civil Engineering, 02T)

Prof. Dr John **Mungai KINUTHIA**,
School of Technology, Division of Civil Engineering,
Pontypridd CF37 1 DL, UK (Civil Engineering, 02T)

Prof. Dr Habil **Ivan LEONOVICH**,
Byelorussian State Technical University, Pr. Niezavisimosti 65,
220027 Minsk, Byelorussia (Civil Engineering, 02T)

Assoc. Prof. Dr **Dainius MIŠKINIS**,
LRA under the Ministry of Transport and Communications of
the Republic of Lithuania, J. Basanavičiaus g. 36/2, 03109 Vilnius,
Lithuania (Transport Engineering, 03T)

Prof. Dr **Juris R. NAUDŽŪNS**,
Riga Technical University, Azenes str. 20,
1048 Riga, Latvia (Transport Engineering, 03T)

Dr **Algis PAKALNIS**,
PE "Road and Transport Research Institute",
I. Kanto g. 23, P.O. Box 2082, 44009 Kaunas,
Lithuania (Transport Engineering, 03T)

Assoc. Prof. Dr **Filippo Giammaria PRATICÒ**,
University Mediterranea of Reggio Calabria,
Via Graziella-Feo di Vito, 89100 Reggio Calabria,
Italy (Civil Engineering, 02T)

Assoc. Prof. Dr **Virgaudas PUODŽIUKAS**,
Vilnius Gediminas Technical University,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, Lithuania
(Civil Engineering, 02T)

Prof. Dr Habil **Piotr RADZISZEWSKI**,
Warsaw University of Technology,
al. Armii Ludowej 16, office 544,
00-637 Warsaw, Poland (Civil Engineering, 02T)

Prof. Dr Habil **Valentin SILJANOV**,
Moscow State Technical University, Leningradskij av. 64,
125319 Moscow, Russia (Transport Engineering, 03T)

Prof. Dr Habil **Henrikas SIVILEVIČIUS**,
Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11,
10223 Vilnius, Lithuania (Civil Engineering, 02T)

Prof. **Miroslaw J. SKIBNIEWSKI**,
University of Maryland, College Park,
MD 20742-3021, USA (Civil Engineering, 02T)

Assoc. Prof. Dr **Juris SMIRNOVS**,
Riga Technical University, Azenes str. 20,
1048 Riga, Latvia (Civil Engineering, 02T)

Prof. Dr Habil **Dariusz SYBILSKI**,
Road and Bridge Research Institute,
Jagiellonska str. 80, Warszawa, Poland
(Civil Engineering, 02T)

Prof. Dr **Andras VARHELYI**,
Lund University, P.O. Box 118,
22100 Lund, Sweden
(Civil Engineering, 02T)

Assoc. Prof. Dr **Janis VARNA**,
Riga Technical University, Azenes str. 20,
1048 Riga, Latvia (Transport Engineering, 03T)

Assoc. Prof. Dr **Atis ZARINŠ**,
Riga Technical University, Kalķu str. 1,
1658 Riga, Latvia (Civil Engineering, 02T)

Prof. Dr Habil **Edmundas K. ZAVADSKAS**,
Vilnius Gediminas Technical University,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, Lithuania
(Civil Engineering, 02T)



XXIX INTERNATIONAL BALTIC ROAD CONFERENCE

Dear Colleagues and Friends,

Conferences of this kind are always a long-anticipated change to everyday work schedule. The upcoming XXIX International Baltic Road Conference gives us a good opportunity to come together in order to discuss a better content and organization of road construction and maintenance, to learn about new technologies, to exchange best practice.

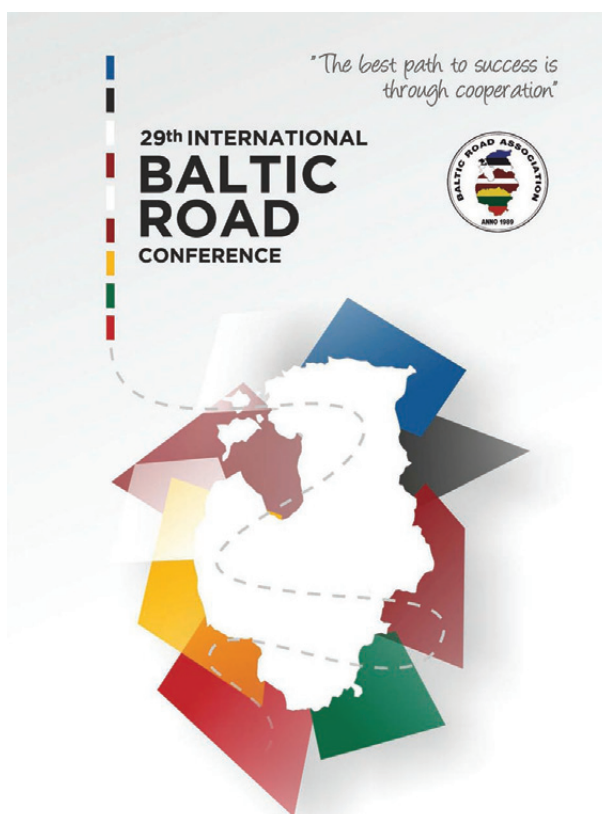
More than that, we have the chance to engage with each other and learn from each other's varied experiences. During the conference, we have the opportunity to strengthen our professional network, in addition to meeting old friends and making new ones. Those who attend are not the only ones who will benefit from our gathering; we return home better equipped to make our roads and traffic better and safer.

To make the conference really an informative one we need your active co-operation. That is why well-prepared presentations of wide interest are expected. Therefore, please do not hesitate to send us the abstract of your presentation by October 1st, 2016. In addition, I truly wish to encourage everyone to come and participate in the exhibition and conference. I am convinced that together in collaboration we will make the conference a real success.

Welcome to the XXIX International Baltic Road Conference, welcome to Tallinn!

Priit Sauk

*Chairman of the Baltic Road Association
Director General of the Estonian Road Administration*



**XXIX International Baltic Road Conference
Tallinn, 27–30 August 2017**

Scientific Committee

Chairman:

Assoc Prof Dr Andrus Aavik, Tallinn University of Technology

Members:

Prof Dr Dago Antov, Tallinn University of Technology
Prof Dr Donatas Čygas, Vilnius Gediminas Technical University
Prof Dr Artu, Ellmann, Tallinn University of Technology
Dr Viktors Haritonovs, Riga Technical University
Prof Dr Juhan Idnurm, Tallinn University of Technology
Prof Dr Siim Idnurm, Tallinn University of Technology
Prof Dr Martti Kiisa, Tallinn University of Applied Sciences
Prof Dr Alfredas Laurinavičius, Vilnius Gediminas Technical University
Prof Dr Ainārs Paeglītis, Riga Technical University
Assoc Prof Dr Virgaudas Puodžiukas, Vilnius Gediminas Technical University
Prof Dr Juris Smirnovs, Riga Technical University
Prof Dr Audrius Vaitkus, Vilnius Gediminas Technical University
Assoc Prof Dr Atis Zarinš, Riga Technical University
Assist Prof Dr Martinš Zaumanis, Riga Technical University
Prof Dr Daiva Žilionienė, Vilnius Gediminas Technical University

Call for Abstracts

Topics

- Strategic Road and Transport Planning;
- Road Financing;
- Road Construction;
- Road Maintenance;
- Road Pavements and Materials;
- Road Safety;
- Intelligent Transport Systems and Smart Road Solutions;
- Bridges;
- Environment, Climate Change and Energy and Energy.

Abstract (max 200 words) submission in PDF format to e-mail BRC2017@mnt.ee – by October 1st, 2016

Scientific Committee notice to the author(s) about paper acceptance – by December 1st, 2016

Paper submission – by May 10th, 2017

Conference venue: Eesti Näitused – Estonian Fairs Ltd

Technical Tours will take the participants to four different directions. The participants have the opportunity to be acquainted with most significant Estonian road construction projects.

Registration

Registration to the XXIX International Baltic Road Conference: BRC2017.mnt.ee, organizational matters: ulvi.pollu@mnt.ee

Contact

Mrs Ulvi Põllu, Head of International Co-Operation, Estonian Road Administration, Tel +372 611942

E-mail: ulvi.pollu@mnt.ee

General Information <http://www.balticroads.org>



ADVANTAGES OF LASER SCANNING SYSTEMS FOR TOPOGRAPHICAL SURVEYS IN ROADS ENGINEERING

Vladislovas Česlovas Aksamitauskas¹✉, Vilma Kriauciūnaitė-Neklejonovienė²,
Donatas Rekus³, Birutė Ruzgienė⁴, Virgaudas Puodžiukas⁵, Arminas Stanionis⁶

^{1,6}Dept of Geodesy and Cadastre, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, 10223, Vilnius, Lithuania

^{2,3}Kaunas University of Technology, Donelaičio g. 73, LT-51367 Kaunas, Lithuania,

⁴Klaipėda State College, Jaunystės g. 1, LT-91274 Klaipėda, Lithuania

⁵Dept of Roads, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223, Vilnius, Lithuania

E-mails: ¹ceslovas.aksamitauskas@vgtu.lt; ²vilma.kriauciunaite@ktu.lt; ³donatas.rekus@ktu.lt;

⁴b.ruzgiene@kvk.lt; ⁵virgaudas.puodziukas@vgtu.lt; ⁶arminas.stanionis@vgtu.lt

Abstract. The objective of the work is to assess the advantages of the laser scanning system in the topographical surveys. The analysis and assessment of two methods, the classical total station method and mobile laser scanning are presented in the article. The results of the performed investigations have been compared, the technological characteristics and accuracy of the investigations have been presented, as well as the procedure of the topographic image formation, possibilities and efficiency have been assessed. The real-life topographic survey's projects on the analysis of roads and streets (components) have been used where the ground surface, the components of the roads and the surrounding objects have been analysed. The analysis provides information on the availability and potential of the investigated methods and the final attained accuracy due to a certain number of the control points. The obtained results indicate that the main differences of the methods revealed when compiling the topographical images for urban or rural areas are the speed of measurements and data processing, level of detail of the results and various possibilities of the method implementation.

Keywords: mobile laser scanning, roads and streets mapping, total station, topographical survey.

1. Introduction

Geodetic engineering works, topographical and cadastral measurements, construction of roads, road repair works, reconstruction of the structures or other works serve as a certain part of the continued technological process, requiring an accurate marking out of the location. Roads and streets are objects of the country's strategic infrastructure. They comprise a specific area when creating a topographic map. According to the Law on Roads (1995), a road is defined as an engineering structure designed for vehicle and pedestrian traffic. The roadway consists of subgrade, carriageway, verges, central reservation, road ditches, crossings, bus stops, rest areas, pedestrian and bicycle paths, road constructions, technical traffic control means, vegetation lanes, road weather and transport traffic observation devices, lighting and other objects (Papšienė *et al.* 2014) with the ground area on which they stand (Plati, Georgouli 2014). Land area occupied by a road ranges from 8 m to 39 m. But including the situation markings, road components and surrounding objects, the measured road width can reach 100 m.

Most of the roads (streets) in Lithuania have already been built. Although at present a relatively small number of completely new projects are being prepared, the need for such projects exists for the newly planned residential districts. Topographical maps are mainly implemented for already existing roads, for the purpose of their repair, reconstruction, inventory, etc.

In order to carry out the measurements as accurately as possible, digital surveying devices are used (Ruzgienė *et al.* 2015). Topographical measurements are performed applying various methods representing different tools and instruments, their systems and technologies (Papšienė *et al.* 2014). Today, a wide range of choices is available, from optical levelling instruments and electronic tachometers to laser scanning systems, which are able to perform automated measurements, solve geodetic tasks. They are capable communicating with other equipment, process data, immediately submit the derived results, etc. The time expenditure tends to be reduced, the accuracy of the measurements is improved, the scope of the chamber works is decreased, etc. The above mentioned factors

are significant when performing topographical measurements, which in turn greatly determine the quality of an engineering structure as well as its life cycle.

Many highway bridges were designed and built years ago for smaller vehicular loads, applying at that time valid codes and standards. Therefore, the behaviour of structural components of these bridges should be inspected and controlled more carefully.

The main reason for using the Light Detection and Ranging (LIDAR) system is the potential of the system within a short period of time to accumulate a large amount of information on the position of the Earth's surface points (Kalantaitė, Stankevicius 2009). The present development of the high accuracy laser scanning provides greater feasibility in performing engineering geodetic and geotechnical tasks. The LIDAR technology presents extensive possibilities for scientific geodetic research studies. The method is presented as a modern and effective digital mapping of the Earth's surface and other objects, especially in the developed territories, where it is difficult to apply stereo-photogrammetry (Žalnierukas et al. 2009). Aero-photography could only partly be supplemented by such type of scanning. The accuracy of the scanned data of the largest cities was analysed by Žalnierukas et al. (2009). Scanning was compared with the obtained aero-photogrammetric data. The authors achieved surprisingly good results when analysing the final accuracy, which satisfied the accuracy requirements mandatory for the development of digital models. While investigating and performing tests with the mobile scanning system, certain errors were detected, however the potential of the method was anticipated when further developing the method. When scanning by the surface scanner or mobile scanner, a high density of the surface points was acquired reaching thousand readings per m^2 and more, unlike when scanning from the airplane (1–4 deductions per m^2) (Kalantaitė et al. 2012).

By this experimental study, the attempt was made to present technological differences between diverse measuring methods and assessment of them. The study introduces the alternative for the traditional measurements

(electric tachometer) as well as the visualized and summarized results of the topographical survey of the particular road and street sections.

The objective of the survey was to assess the advantages of laser scanning systems in the topographical surveys.

The tasks of the survey were:

1. To compile topographic images for the selected road or street;
2. To investigate the mobile scanning method for compiling topographic images for roads (streets) and to compare it with the total station method;
3. To assess the possibilities and efficiency of the method when compiling topographic images.

The object of the survey is the procedure of compiling topographic images for the sections of roads and streets by means of the mobile laser scanner and the total stations method.

2. The object of the research and methodology

The measurements were performed in Kaunas region. The differences in the chosen measuring methods were highlighted by selecting urban and rural environments. The surveyed Savanorių street crossroad, at Taikos street in Kaunas city is considered to be one of the busiest transport hubs. About 300 m of Savanorių street and 150 m of Taikos street as well as of Tvirtovės street intersection (Fig. 1a) have been measured. The section of the local country road No. 130, named Kaunas–Prienai–Alytus, located in Kaunas region, near the village Pagiriai in the municipality of Garliava, was selected. The section was located between 12.738 to 13.038 km (300 m) (Fig. 1b). In both territories, the zone of 50 m width was measured; the total area comprised about 4.25 ha. The main difference between the analysed objects was the following:

Crossroad of Savanorių street and Taikos street in Kaunas: the intersection of the streets is located on the same level with the relief; the residential buildings located around the crossroad are of 4–5 storey height (and lower), the territory is densely populated.

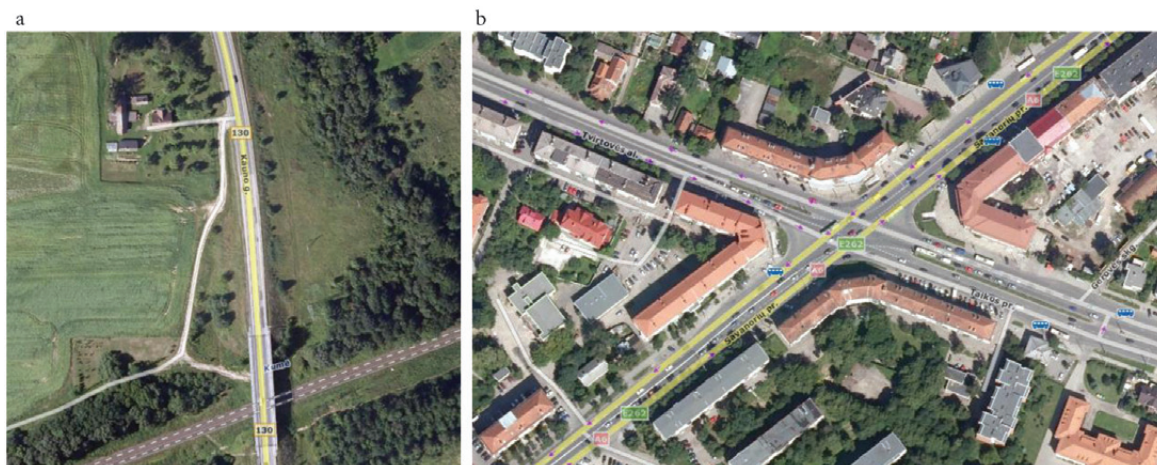


Fig. 1. Illustration of the research objects: a – crossroad of Savanorių street and Taikos street in Kaunas; b – section of road No. 130 (the pictures are taken from *maps.lt*)

Section of road No. 130. The section of the road was constructed on the roadway foundation, which, when approaching the traffic roundabout, elevates the road by more than 4 m above the naturally dominant relief; the area is located in a rural environment, dominated by open fields, meadows, greenery plantations. The area contains an overpass over the railway track.

The obtained results can enable selecting the optimal measuring method when performing purposeful works. The size of the territory is close to the scope of the common repair works performed normally on sections of the roads (streets) which normally are 100–500 m length.

The topographic images of the road and street sections were made by the laser scanning system and by the electronic tachometer. The peculiarities of the measuring process were assessed, and the results were derived during the measurements. The possibilities of the method application were determined. The measuring characteristics were assessed in terms of the complexity of the process when deriving the results and the time required performing the measurements. The data (collected during the measurements and processed) are compared visually and analytically.

The topographic image basis (gathering of the control points) was performed applying the portable receiver GNSS Trimble R8. Total station measurements were performed by applying Leica TCRP1205 electronic tachometer. Mobile laser scanner was performed by applying the platform of Street Mapper 360 system, which was mounted on Nissan Navara off-road vehicle frame.

Total station method was applied using Leica TCRP1205 in the Non-Prism Mode. The phase shift of measurement was applied, i.e., the total station sends a laser impulse into the measuring object that bounces off the object and returns to the device. The microprocessor calculates the time for the signal to return back and converts it into a distance. Then, according to the readings of the limbs, the angle is calculated, thus the spatial position of the point is determined. The measurement method without applying the reflector makes it possible to bring nearer the diverse methods of measurements and enables performing the comparison more objectively.

In the system Street Mapper 360, two high accuracy laser scanners (Reigl), GNSS receiver (Novatel), the module of the inertia navigation (IGI), two side cameras and computers are used for collecting data, monitoring and managing data streams. Both scanners viewed in a 360° angle and the measured distance could reach 300 m due to the tilted scanners by 45° angle. The system was able to scan the infrastructure of roads, buildings and vegetation from the moving vehicle. During the scanning process, the scanner sensor fixed the spatial position of the point, just after the reflection of the laser was returned back from the measured object. The scanning was performed without exceeding the specified speed in the urban and rural areas, 45 km/h and 70 km/h, respectively. The average density of points within the distance of 5 m from the scanner, at the scanning frequency of 300 kHz and speed of 45 km/h is

about 716 points/m². When the speed is 70 km/h, the density becomes 466 points/m².

The field works started by compiling the points of the image basis using a mobile receiver GNSS Trimble R8, with the help of the static method of measurement. Eleven points of the base were collected in total (Fig. 2). The points were marked with a reflective paint in order to be easily recognized when processing the data after laser scanning.

The data collected during the process of the mobile laser scanning were processed by applying four software packages. GrafNav 8.40 was used for GNSS data processing; AEROoffice V5.3b was used for the navigation data processing; RiWORLD v4.3 was applied for the generation of the point cloud; Microstation V8i together with TerraSolid sub-programs was used for managing the point cloud (filtration, adapting the system of coordinates and geoids, etc.) as well as for point control (deleting of points, editing, etc.). When measuring by the electronic tachometer, the data of measurements were directly exported from the device and using the CAD system compiled into understandable files on the codes of pickets, the targeted position and the altitude position.

The detailed scheme for measurements and data processing is presented in Table 1, which indicates that the equal number of technological steps was performed during the field works by both methods. All the measurements were performed during the first half of a day, taking into consideration the more favourable GPS satellite location predictions, low air humidity, dry asphalt coating and ground surface.

The air temperature during the measurements was about +12 °C.

3. Results

The issues related to this survey are time expenditure, level of detail and accuracy. According to previous studies (Grussenmeyer *et al.* 2008; Nuikka *et al.* 2008), the measurement of higher objects in terms of the time expenditure is more favourable to use laser scanning. However, it is necessary to draw attention to the fact that those studies

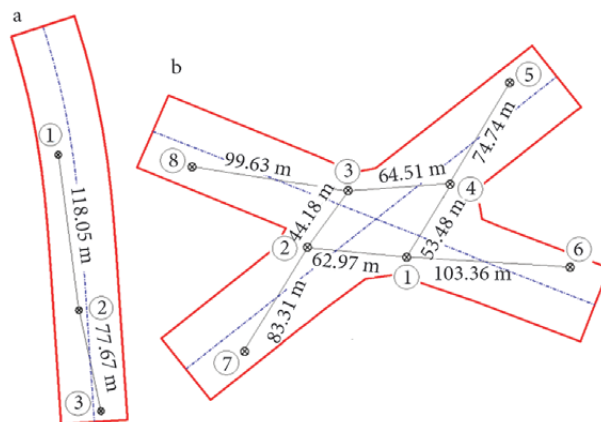


Fig. 2. Illustration of the base point scheme: a – section of road No. 130; b – crossroad of Savanorių street and Taikos street in Kaunas

did not indicate the exact duration of time spent for the camera work execution. Therefore, it remains unclear what was the general (field and camera works) time duration. When measuring by the total stations, one point is measured in 3–6 s. The beam of impulses (600 000 impulses per second), sent by the scanning system when reflected from the diverse surfaces, returns to the scanners within different periods (thus is caused by the texture of the surfaces). A certain part of the laser impulses remains non-reflected or only very few signals are reflected (Žalnierukas et al. 2009). The time in this study is assessed in accordance with the time the whole object is measured and the time required for the processing of data to be assessed.

The total station measurements directly depend on the number of the measured points as indicated in Table 2. It specifies the time consumed for visualizing separate elements of the situation. During the mobile laser scanning

process the decisive factor of the time used is the size of the object, i.e. the covered distance and speed of the measuring process etc. Thus, this method is recommended for measurements of larger objects. When comparing the scope of the camera works, it is obvious that the process of processing laser scanning data is considered to be a complicated one requiring a large amount of time.

The level of detail in this study is defined as the parameter, which describes the absolute number of the measuring points (the number of readings) in the whole object being measured and in the area unit (in a square meter), in other words, it is considered as the density of the points. Taking into consideration similar surveys, the laser scanning is unambiguously the most advanced in terms of the level of detail. In all the cases, this advantage of the scanner helped to compile very detailed models of the surface. As stated by Nuikka et al. (2008), it is possible to view the

Table 1. The workflow of measurements and data processing

Technological step		Description of the process	
No. 1	Measurements of the control points with GPS receiver		
No. 2	Topographical measurements		Mobile laser scanning
	1. Preparing for the measurements of total station (centring, levelling of instrument, orientation)		1. Initialization of the system
	2. Measurements of the points		3. Scanning of the object
No. 3	Export of the measurements	Data processing	
		1. GNSS data processing	
		2. Generating of the points cloud	
		3. Adjustments according to control points	
No. 4	Topographical picture		

Table 2. Comparison of methods according to the time expenditure and level of detail of the results

Time expenditure and level of detail of the results	Topographical method		Mobile laser scanning	
	Crossroad of Savanorių and Taikos str.	Section of road No. 130	Crossroad of Savanorių and Taikos str. (speed 45 km/h)	Section of road No. 130 (speed 70 km/h)
Measurement time (field works)	2 h	30 min	30 min	20 min
Processing of the measurements.				
Generation of the points cloud (cameral works)	12 min	12 min	3 h 30 min	3 h
Total time	2 h 12 min	42 min	4 h	3 h 20 min
Measurement processing.				
Generation of the points (cameral works)	468	195	59.7 mln	6.7 mln
Average of point quantity, in 1 m ²	<1 (1 point/59 m ²)	<1 (1 point/77 m ²)	>2550	>1130
Averages of altitudes differences on the soft surface, in cm	Grass cover (selected points 13 and 11)		Soil (selected points 2 and 4)	
	2	3.5	0.7	0.8
Averages of altitudes differences on the hard surface, in cm	Asphalt cover (selected points 9 and 11)		Concrete (tiles) (selected points 6 and 4)	
	0.4	0.5	0.5	0.6

Note: the accuracy of the altitude of the points on the scanned surface depends on the reflected surface texture and the scanned surface

smallest deflections and deformations when investigating the floor planes. Laser scanning is able to fundamentally change the ordinary measurements, where high level of detail is required within a short period. As the results of the analysis indicate (Table 2), 34–127 thousand times more points were measured by the mobile laser scanning procedure than when using the tachometer.

The matrix of points, obtained by the scanning system, is such a dense one (distance between the points is from 1 cm), that without the auxiliary visual material it is possible to spot and recognize even the smallest details, e.g. the facades of the buildings, the contours of the vehicles, etc. Due to such a high level of detail of scanning, the points are spread on all the surrounding objects. Therefore, not a single square meter of the surface is left empty in the field of the scanner view. While using the total stations method, only the characteristic points are marked, e.g. the refraction angles of the complex elements of the relief and roads and the objects are interpreted as the separate dotted elements (electric poles, wells and etc.).

By applying both methods, 78 393 366 points were collected in this study. During the measurements, about 10% of points became “bad“, which did not correspond to the current situation and they did not belong to any surface. To delete the points, which appeared during the mobile scanning, the filters of TerraScan subprogram, based on the algorithmic calculations, were used. These calculations could be adjusted according to the consumer needs at any moment. Meanwhile, the errors that occurred during the total station measurement process, if needed, could be deleted manually, because only a small number of bad points were obtained and there was no need to produce complicated filters. The deleted errors could be compensated by the data of the additional measurements or by interpolating the surrounding points.

After overlaying the measuring results of both methods, very informative data were derived. In addition, the methods supplemented each other. During the scanning in the road distance at the road overpass, a very small amount of data was obtained, because the laser field of view was obscured by the bridge structures. Therefore, very little data was available for areas under the road overpass (Fig. 3). Shortage of information is successfully supplemented at this place by the total station measurements. At the crossroad, the data of scanning are more difficult to understand in those places which are blocked up by various (permanent and variable) objects, e.g. parked cars. Therefore, a shadow effect is obtained at such locations (Fig. 3). If there is a necessity, these “shadows” could be supplemented by the total station measurements.

The accuracy is understood as the correctness of the device readings, which is determined according to the maximum available size of the error. Electronic tachometer, which uses more complicated methods than the scanner methods for determining the point location, measures rather precisely. The great amount of the scanned points was adjusted by comparing with the control points. The

adjustment was performed by applying the subprogram of *Terrasolid* family or *Tmatch* and was exercised by specifying the locations of the control points in the large amount of the scanned points. The accuracy of the results was assessed by the interdependent differences of the altitude and the forecasted fixation of the objects. Šlikas and Kalantaite (2013) assessed the accuracy of the altitudes of *LIDAR* data by comparing random points of the topographic map, collected by the common measuring methods, with the closest points of the scanned surface. The authors stated that the accuracy of the altitude of the points of the scanned surface, made from the plane, depended on the texture of the reflected surface. The most accurate points were those, which are reflected from the hard surface, such as asphalt and concrete. Thus, when assessing the differences of the altitudes randomly, 15 points on hard (stable) and soft (variable) surfaces were selected in this study. The derived results (Table 2) indicate that the greatest agreement (accuracy) between the methods was attained on the asphalt and concrete surfaces. The worst results were obtained on the surface of grass measured by laser and especially in areas with tall, dense and not cut grass. The results are doubtful in the areas with dense vegetation (despite the device used, a total station or a scanner), because the laser beam is unable to adequately reach the soil surface and only few points are measured. In accordance with the results of the performed analysis (differences of the altitudes), it is possible to state that the accuracy of measurements directly depends on the texture, structure and stability of the reflected surface.

In this survey, the difference of the forecasted fixation of the objects is comprehended rather subjectively. During the laser scanning procedure, a dense network of points covered all the surfaces located within the field of vision. Such a dense overlaying of the surfaces rather accurately repeats all the scanned contours and lines, so that the forecasted accuracy is determined only by the distances between the lattice of the points (the position of the entire bulk of points is not assessed) and the errors caused by the distance of the scanners (technical parameter). The measuring error of the scanner is up to 1 cm when scanning by the maximum range of 500 m (IGI 2013). Within the performed

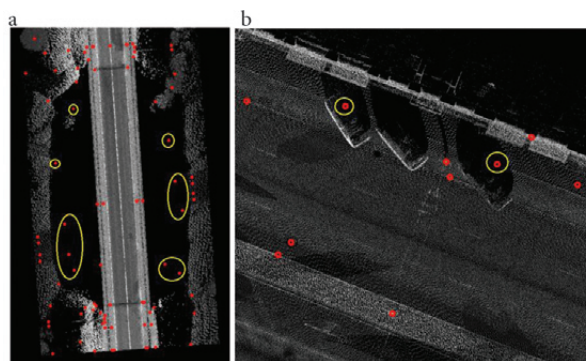


Fig. 3. Supplement of scan data with topographical data: a – section of road No. 130; b – crossroad of Savanorių street and Taikos street (red dots represent tacheometrical traverse)

study, the shortest observed distance between the scanned points was 0.1 cm. By providing a high density of the points, the scanner presents the forecasted situation more precisely (in a more detailed way), e.g. exactly reflecting the road curves and other small details. When analysing the measurements of the typical elements, certain characteristics of the measuring methods are revealed. When measuring the angular component the forecasted, difference of the methods is up to 2 mm, thus it is possible to declare that the accuracy of both measurements in this location is excellent. When analysing the characteristics of the circular (or semi-circular) component, it was obvious that when measuring with a total station, only one side of the circular element was measured (in this case the diameter of the pole was 0.35 m), while the scanner indicated the full component. The assumption can be made that using the total station method

for circular objects, an error of $\frac{1}{2}$ of the diameter of the circular component should be applied.

After completing the topographic measurements of the linear engineering structure, the general differences and peculiarities of the systems were identified for comparison. The general technological differences of the systems (Table 3) indicate the advantages and disadvantages of the analysed methods.

When compiling topographic images by the analysed methods, good results were derived, satisfying the accuracy requirements for geodetic surveys applied for roads and streets. Both methods are fully applied when solving various engineering, geodetic and other tasks. Different level of detail enables reaching specified objectives not only for roads and streets. The most appropriate selection of the method has to be assessed in accordance with four criteria, i.e. the

Table 3. General differences of the analysed systems

	Comparative object	Mobile laser scanning system	Total station
Measurement	Selection of points	Bulk of points, individual measurements are not possible	Only single points
	Monitoring of measured objects	Complicated, on computer screen visible only laser readings on objects	Objects are visible on straight viewing
	Remote control	Impossible	Possible, when using additional equipment
	Measurements of invisible points	Impossible	Partially possible, indicating displacements
	Work Mode	Full automatic	Manual or half automatic (programming)
Data management	Cameral works	Complicated, require considerable manual work	Not necessary
	Generation of points	Slow, depends on computer speed and number of generated points	Fast, readings file is exported straight from the instrument
	Editing of points	Automatic and manual	Half automatic
	"Bad" points	>10%	<10%
Visualisation	Visualisation	Complex structures are shown in details	Visualized only characteristically collected points
Operating features	Point coverage of the object	> 95%	10–20%
	Speed of the measurements	High	Low
	Results	Point cloud, random distribution of points	Single classified points
	Data processing	Complicated	Simple
	Use of the instrument	Simple	Relatively difficult
	Applicability	Special instrument	Universal instrument
	Practical application	Cadastral work; designing; detailed surface models creation; longitudinal and transverse inclination; identification of defects in coating; oversized cargo route planning; localising hindlers; archaeological, culturological, architecture research; engineering control works; water lines, slope stability studies, etc.	Cadastral works; designing; coordination and marking of elements; engineering control works; building of the land surface models (only the characteristic fractures); others.

scope of measurements, requirement for the level of detail, purpose of application and economic factor. The priority in selecting the method is mainly determined by the costs of an instrument and software as well as their cost effectiveness.

4. Conclusions

1. In the same territory within a rather short time period (~30 min), significantly more detailed (>1000 points per 1 m²) and informative data is derived with the laser scanning method than when measuring by total station method. Mapping large and multi-component objects, it is more appropriate to use the laser scanning, because with increasing size of the object, the difference between the methods in terms of the time expenditure decreases.

2. Regarding the more informative data, the system of laser scanning could be applied for the multiple practical uses. The areas of application include geodetic surveys of the linear engineering structures, compilation of the detailed models of the surfaces; identification of defects of coatings and coverings; implementation of archaeological, cultural, architectural investigations; engineering and inspection works; water reservoirs lines; investigations of slope stability, etc. Such systems are able to completely substitute the traditional measurements by the total stations.

3. The main differences of the analysed methods when compiling the topographic image in diverse areas is the informativeness of the measurements and data, the speed of data processing, the level of detail of the results and various possibilities of their application. Both methods are effectively employed when solving miscellaneous engineering, geodetic and other assignments.

References

- Kalantaitė, A.; Stankevicius, Z. 2009. Simplification Algorithms of Selection Parameters of LIDAR Ground Surface Points Cloud, *Geodezija ir kartografija* 35(2): 44–49. Available from Internet: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3846/1392-1541.2009.35.44-49>
- Kalantaitė, A.; Paršeliūnas, E. K.; Romanovas, D.; Šlikas, D. 2012. Generating the Open Space 3D Model Based on LiDAR Data, *Geodezija ir kartografija* 38(4): 152–156. Available from Internet: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/20296991.2012.758438>
- Nuikka, M.; Rönholm, P.; Kaartinen, H. 2008. Comparison of Three Accurate 3D Measurement Methods for Evaluating As-Built Floor Flatness, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 37 (B5): 129–134. Available from Internet: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/5_pdf/23.pdf
- Plati, C.; Georgouli, K. 2014. Field Investigation of Factors Affecting Skid Resistance Variations in Asphalt Pavements, *The Baltic Journal of Roads and Bridge Engineering* 9(2): 108–114. <http://dx.doi.org/10.3846/bjrbe.2014.14>
- Papšienė, L.; Balčiūnas, A.; Beconytė, G.; Motiejauskas, D.; Romanovas, D.; Aksamitauskas, Č.; Papsys, K. 2014. Feasibility of Integrated Transport Network Model in Lithuania, *Transport* 4(2): 346–354. <http://dx.doi.org/10.3846/16484142.2014.982175>
- Ruzgienė, B.; Berteška, T.; Gečytė, S.; Jakubauskienė, E.; Aksamitauskas, Č. 2015. The Surface Modelling Based on UAV Photogrammetry and Qualitative Estimation, *Measurement* 73: 619–627. <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2015.04.018>
- Grussenmeyer, P.; Landes, T.; Voegtli, T.; Ringle, K. 2008. Comparison Methods of Terrestrial Laser Scanning, Photogrammetry and Tacheometry Data for Recording of Cultural Heritage Buildings, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 37 (B5): 213–218. Available from Internet: http://isprserv.ifp.uni-stuttgart.de/proceedings/XXXVII/congress/5_pdf/38.pdf
- Šlikas, D.; Kalantaitė, A. 2013. Area 3-D Model Generation Applying Data of Dimensional Scanning, *Aviacijos technologijos* 1(1): 52–56. Available from Internet: <http://www.at.vgtu.lt/index.php/at/article/view/at.2013.12>
- Žalnierukas, A.; Ruzgienė, B.; Kalantaitė, A.; Valaitienė, R. 2009. Miestų skenavimo LiDAR metodu tikslumo analizė, *Geodezija ir kartografija* 35(2): 55–60 (in Lithuanian). <http://dx.doi.org/10.3846/1392-1541.2009.35.55-60>

Received 28 October 2014; accepted 2 December 2014



ABSTRACTS IN LITHUANIAN

Marek Iwański, Grzegorz Mazurek. 2016. Bituminio rišiklio skaldos ir mastikos asfalto mišinyje su gesintomis kalkėmis reologinės savybės, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 93–101.

Santrauka. Dangos konstrukcijos sluoksnių ilgaamžiškumas priklauso nuo bitumo rūšies ir pokyčių bitumo struktūroje eksploatuojant dangą. 1999 m., atstatant ir modernizuojant Kelcų miesto (Lenkijos Respublika) gatvių infrastruktūrą, vienoje pagrindinių miesto gatvių buvo įrengtas skaldos ir mastikos asfalto dangos viršutinis sluoksnis naudojant gesintąsias kalkes. Skaldos ir mastikos asfalto mišinį sudarė 6,2 % bitumo D70 (šiuo metu – 50/70) ir 4 % SBS polimero Kraton 1101 CM. Gesintosios kalkės buvo dozuojamos į skaldos ir mastikos asfalto mišinį, jų kiekis sudarė 30 % mineralinių miltelių masės. Po 12 eksploatacijos metų dangos paviršiaus būklė buvo labai gera. 2011 m. iš skaldos ir mastikos asfalto dangos buvo paimti bitumo ėminiai ir atlikti bandymai. Bandymui naudoti ėminiai, turintys riebiųjų aminių ir gesintųjų kalkių priedų. Bitumo ėminiai imti gatvės vėžėje ir plote tarp vėžių. Bandymų metu nustatyta, kad gesintųjų kalkių priedas turi teigiamą įtaką reologinėms bitumo savybėms, užtikrina atsparumą drėgmei ir šalčiui.

Reikšminiai žodžiai: rišiklio reologinės savybės, gesintosios kalkės, regeneruotas rišiklis, SBS polimeras, skaldos ir mastikos asfalto danga.

Shiling Pei, Yongle Li, Yulong Bao, Xin Li, Shizhong Qiang. 2016. Traukinio sukeltų vibracijų poveikio vantinių geležinkelio tiltų nuovargiui vertinimas, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 102–110.

Santrauka. Veikiant pasikartojančiam intensyviu traukinių eismui, metaliniuose santvariniuose geležinkelio tiltuose atsiranda su nuovargiu susijusių problemų, ypač ties virintinėmis siūlėmis. Tikslus įtempių raidos kritinėse vietose ties virintinėmis siūlėmis vertinimas yra labai svarbus projektuojant siūlių nuovargį. Tradiciškai transporto priemonių apkrovos yra traktuojamos kaip judančios statinės apkrovos, neatsižvelgiant į jų dinaminį poveikį. Šiame darbe pristatyta metodika, leidžianti įvertinti visos traukinio ir tilto sistemos dinaminį poveikį varginamųjų pažaidų atsiradimui. Šioje metodikoje naudojama dviejų lygių modeliavimo schema, kuri sujungia visos traukinio ir tilto sistemos dinaminę analizę ir detalią įtempių ties siūlėmis analizę. Taikant Minerio taisyklę nustatyta suminė varginamoji pažaida ties kritinėmis virintinių siūlių vietomis. Atlikta jautrumo analizė, pasirenkant skirtingas traukinių apkrovos konfigūracijas. Nustatyta, kad dinaminė vibracija turi neigiamą poveikį tilto nuovargiui. Apskaičiuota suminė pažaida tyrinėjimo vietose yra didesnė nei pažaida, apskaičiuota taikant vien tik statinės judančios apkrovos metodą.

Reikšminiai žodžiai: dinaminis poveikis, dinaminė sąveika, varginamoji pažaida, metalinis geležinkelio tiltas, bendroji traukinio ir tilto sistemos vibracija, virintinė siūlė.

Mustafa Akgul, Murat Demir, Tolga Ozturk, Hakan Topatan, Y. Emre Budak. 2016. Laisvalaikio transporto priemonių manevringumo miško keliuose tyrimas, taikant kompiuterinę važiavimo analizę, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 111–119.

Santrauka. Miško kelių planavimas atima daug laiko ir yra sudėtingas procesas tiek dėl to, kad šie keliai privalo nedarkyti aplinkos, tiek dėl ribotų ekonominių išlaidų. Išlaidos auga priklausomai nuo didėjančių reikalavimų, keliamų tam tikrų matmenų transporto priemonės manevringumui. Pagrindinis šio tyrimo tikslas – išanalizuoti laisvalaikio transporto priemonių manevringumą miško keliuose, kurie visų pirma skirti gamybinėms transporto priemonėms, ir atlikti šių kelių geometrinių parametrų analizę kompiuterinėje aplinkoje. Naudojant programos „Plateia 2013“ važiavimo analizės modulį „Autopath“ atlikta horizontalaus ir vertikalų važiavimo analizė. Kompiuterinė horizontalaus važiavimo analizė, kuri taikoma nagrinėjant specialių transporto priemonių tipų naudojimo galimybę tam tikruose keliuose, yra veiksmingas sprendimų priėmimo būdas, kalbant apie geometrinius transporto priemonių standartus sprendimų priėmimo procese. Kitas važiavimo analizės rezultatas – tai grafinė ataskaita, kurioje vizualiai matyti transporto priemonės manevringumas. Nagrinėtas lengvojo automobilio, vidutinio autobuso ir didelio au-

tobuso manevringumas 4 m pločio miško kelyje. Daroma išvada, kad kompiuterinė važiavimo analizė yra naudinga sprendimų priėmimo procese miško keliams perplanuoti. Taip pat prognozuojama, kad, taikant važiavimo analizę planuojant ir projektuojant miško kelius, vairuotojo saugumas padidėtų, tačiau projekto išlaidos išaugtų.

Reikšminiai žodžiai: važiavimo analizė, miško keliai, kompiuterinė programa „Plateia 2013“, laisvalaikio transporto priemonė, transporto priemonių naudojimo tipai.

Aleksandr K. Arnautov, Vladimir Kulakov, Janis Andersons, Viktor Gribniak, Algirdas Juozapaitis. 2016. Viensluoksnio anglies pluošto armuoto polimero laminato tempiamosios juostos užleistinio mazgo, sujungto Z adatomis, stiprumo ir standumo eksperimentiniai tyrimai, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 120–126.

Santrauka. Anglies pluošto armuoti polimerai (anglies polimerai) yra pažangios lengvos kompozicinės medžiagos, turinčios didelį stiprį bei pasižyminčios puikiu atsparumu korozijai ir nuovargiui. Per pastaruosius dešimtmečius pluošto sustiprintų polimerų naudojimas iš kosmosui arba lėktuvų gamybai skirtų technologijų atėjo į kitas pramonės šakas, pavyzdžiui, automobilių gamybą arba statybos inžineriją. Vienkrypčiai anglies pluošto polimerai turi didelį potencialą pakeisti tempiamuosiuose elementuose plieną. Pirmasis anglies polimero vienajuostis kabamasis tiltas neseniai buvo pastatytas Vokietijoje. Anglies polimero plonų juostelių nelaminuotos kilpos buvo šiame tilte naudojamos kaip laikančiosios komponentės. Lyginant su laminatais, naudojamos kilpos pasižymi daug tolygesniu įtempių paskirstymu, nors ir mažesniu konstrukciniu vientisumu. Šiame straipsnyje nagrinėjamos alternatyvios sujungimo technologijos, skirtos anglies polimero laminatų struktūriniam vientisumui ir gamybos patikimumui didinti. Tempiamųjų viensluoksnių užleistinių jungčių elgsena buvo tirta eksperimentiškai. Išbandytos trijų tipų jungtys. Klijuotas mazgas laikomas etalonu. Buvo naudojami 9, 25, arba 36 vieno milimetro skersmens plieno virbalai (Z adatos), mechanškai sutvirtinantys polimero lakštų užleistinę jungtį. Siūlomi hibridiniai mazgai buvo papildomai klijuoti, taip didinant jų laikomąją galią iki 230 %, lyginant su etaloniniu mazgu. Ši patobulinimą užtikrino hibridinio mazgo išplėstinis progresuojantis irties pobūdis – išvengta klijuotinės jungties trapiosios irties.

Reikšminiai žodžiai: anglies pluoštu armuotas polimeras (CFRP), laminatas, viensluoksnė užleistinė jungtis, tempiamoji juosta, bandymo duomenys.

Biljana Maljković, Dražen Cvitanić. 2016. Horizontalių kreivių projekcinės atitikties vertinimas valstybinės reikšmės dviejų eismo juostų keliuose, atsižvelgiant į automobilio judėjimo trajektoriją ir greitį, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 127–135.

Santrauka. Eksperimentinis tyrimas atliktas 24 km ilgio valstybinės reikšmės dviejų eismo juostų kelyje, siekiant surinkti duomenis apie vairuotojų elgesį. Tyrime dalyvavo 20 vairuotojų, vairuojančių nuosavus automobilius su įrengta GPS sistema. Atsižvelgiant į automobilio judėjimo trajektorijos spindulio ir greičio įtaką šoninės trinties poreikiui, įvertinta horizontalių kreivių projekcinė atitiktis, nustatyti saugumo koeficientai. Analizė parodė, kad automobilio judėjimo trajektorijos spinduliai buvo maždaug 12 % mažesni nei kelio kreivės spindulys. Regresijos analizė parodė, kad greitis, greičio diferencialas bei kreivės ir aplinkinių elementų geometrinės charakteristikos neturi įtakos procentiniam skirtumui tarp kelio kreivės spindulio ir automobilio judėjimo trajektorijos spindulio. Išanalizuoti du skirtingi saugumo koeficientai. Pirmasis – tai skirtumas tarp didžiausios leidžiamosios šoninės trinties (pagal projekcinį greitį) ir šoninės trinties poreikio; antrasis – tai skirtumas tarp šoninės trinties pasiūlos (pagal srauto važiavimo greitį) ir šoninės trinties poreikio. Dažnai šoninės trinties poreikis viršija pasiūlą kreivėse, kurių spinduliai mažesni nei 150 m, o „prastos“ sąlygos (vertinant pagal Lamm atitikimo lygius) nustatytos iki 220 m kreivėse. Abi reikšmės labai artimos kritinio spindulio reikšmėms, kurioms esant didėja avaringumas. Remiantis tyrimo rezultatais, nustatant saugumo koeficientą siūloma taikyti 12 % mažesnę kreivės spindulį ir vengti dviejų eismo juostų užmiesto keliuose kreivių su mažesniais nei 200 m spinduliais.

Reikšminiai žodžiai: kritinis automobilio judėjimo trajektorijos spindulys, šoninės trinties veiksnys, projekcinė atitiktis, globali padėties nustatymo sistema GPS, horizontalioji kreivė, transporto srauto važiavimo greitis.

Audrius Vaitkus, Mantvydas Strumskys, Vilma Jasiūnienė, Laura Jateikienė, Tadas Andriejauskas, Dovydas Skrodenis. 2016. Intelektinių transporto sistemų poveikio eismo saugumui vertinimas, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 136–143.

Santrauka. Viena didžiausių problemų nuolat augančiame transporto sektoriuje yra eismo saugumo užtikrinimas. Pažangių technologijų diegimas yra veiksmingas būdas, padedantis spręsti šią problemą. Norint užtikrinti efektyvią ir koordinuotą intelektinių transporto sistemų įdiegimo plėtrą, būtina žinoti kiekvienos iš jų eksploatacines savybes ir poveikį eismo saugumui. Šiame straipsnyje apibendrinamas intelektinių transporto sistemų poveikis eismo saugumui. Tyrimo tikslas – apibūdinti intelektines transporto sistemas ir eismo saugumo priemones, turinčias didžiausią teigiamą poveikį eismo saugumui. Tuo tikslu atliktas ankstesnių tyrimų metatyrimas ir ekspertų apklausos analizė. Tyrimui pasirinkta trylika intelektinių transporto sistemų, atsižvelgiant į jų efektyvumą mažinant mirtinų eismo

įvykių skaičių: vidutinio greičio kontrolės sistema, stacionarus greičio matuokliai, automobilio variklio paleidimą blokuojantis įrenginys alkolokas, elektroninė pranešimo apie eismo įvykį sistema „eCall“, kintančios informacijos greičio ribojimo ženklas, raudono šviesoforo signalo pažeidimo fiksavimo kameros, neleistino manevro fiksavimo kameros, transporto priemonės identifikavimo sistema, kintančios informacijos skydas, LED šviesų sistema dangai ženklinti, eismo įvykio fiksavimo sistema, judančios transporto priemonės svėrimo sistema ir saugos diržų kontrolės sistema.

Reikšminiai žodžiai: intelektinės transporto sistemos (ITS), eismo įvykiai, mirtini eismo įvykiai, hierarchinės analizės metodas.

Mariano Perneti, Mauro D'Apuzzo, Francesco Galante. 2016. Naujas požiūris į kelio nelygumo įtakos važiavimo greičio pasirinkimui vertinimą modeliuojant eismą, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 144–152.

Santrauka. Automobilio važiavimo greitis – vienas pagrindinių parametų, apibūdinančių vairuotojo elgesį ir turinčių didžiulę įtaką eismo saugumui. Savo ruožtu greitis priklauso nuo keleto veiksnių, tarp kurių vibracija automobilio viduje atlieka didelį vaidmenį. Dauguma šiuolaikinių greičio mažinimo priemonių grindžiamos vertikalios vibracijos lygiu, kurį jaučia vairuotojas, ir dinamine sąveika tarp automobilio bei kelio nelygumo. Kita vertus, pastarasis turi būti atidžiai stebimas ir kontroliuojamas, nes tai pagrindinis dangų valdymo sistemos parametras, turintis įtakos važiavimo komfortui, dangų pažeidų atsiradimui ir transporto priemonių eksploatacinėms išlaidoms. Todėl reikalinga atlikti abipusio suderinamumo analizę tarp eismo saugumo reikalavimų ir kelių priežiūros, atsižvelgiant į kelio nelygumo lygį. Turint tai omenyje, eksperimentiniai tyrimai, kurių tikslas – įvertinti kelio nelygumo potencialą važiavimo greičio mažinimui tam tikroje kontroliuojamoje aplinkoje, gali suteikti pridėtinę vertę sprendžiant šį klausimą. Šiame straipsnyje pristatyta nauja tyrimo metodologija, naudojant dinaminį eismo modeliavimo įrenginį, įrengtą Neapolio bandymų laboratorijoje. Naudojant šį įrenginį nustatyta priklausomybė tarp važiavimo greičio pasirinkimo ir kelio nelygumo lygio, kelio trasos ir aplinkos bei automobilio charakteristikų. Preliminarūs tyrimo rezultatai yra daug žadantys, nes atitinka mokslinėje literatūroje paskelbtus duomenis.

Reikšminiai žodžiai: važiavimo greičio pasirinkimas, eismo modeliavimo įrenginys, kelio nelygumas.

Vladislovas Česlovas Aksamitauskas, Vilma Kriauciūnaitė-Neklejonovienė, Donatas Rekus, Birutė Ruzgienė, Virgaudas Puodžiukas, Arminas Stanionis. 2016. Lazerinio skenavimo sistemų pranašumai atliekant topografinius matavimus kelių inžinerijoje, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 153–159.

Santrauka. Šio darbo tikslas – įvertinti lazerinio skenavimo sistemų pranašumus atliekant topografinius tyrimus. Darbe analizuojami ir vertinami klasikinio tacheometrinio ir mobiliojo lazerinio skenavimo metodai. Atliktų tyrimų rezultatai lyginti tarpusavyje, pateiktos jų technologinės ypatybės, tikslumas, topografinės nuotraukos sudarymo proceso vertinimas, galimybės ir efektyvumas. Darbe pateikti konkretūs kelio ir gatvės (dalių) topografinio tyrinėjimo projektai, kuriuose atlikta žemės paviršiaus, kelių sudėtinių dalių ir aplinkinių objektų analizė, kuri parodo tiriamų metodų pajėgumą ir galutinį tikslumą naudojant tam tikrą kiekį kontrolinių taškų. Gauti tyrimo rezultatai parodė, kad pagrindiniai šių metodų skirtumai, sudarant topografinę nuotrauką miesto ir kaimo teritorijoje, yra matavimo ir duomenų apdorojimo greičiai, rezultatų detalumas ir skirtingos pritaikymo galimybės.

Reikšminiai žodžiai: mobilusis lazerinis skenavimas, kelių ir gatvių kartografavimas, elektroniniai tacheometrai, topografiniai matavimai.

Piotr Radziszewski, Joanicjusz Nazarko, Tatjana Vilutiene, Katarzyna Dębkowska, Joanna Ejdy, Alicja Gudanowska, Katarzyna Halicka, Jarosław Kilon, Anna Kononiuk, Karol J. Kowalski, Jan B. Król, Łukasz Nazarko, Michał Sarnowski. 2016. Kelių dangų technologijų tobulinimo tendencijos aplinkosaugos kontekste, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 160–168.

Santrauka. Modernių ir patvarių kelių dangų statybai būtinos aukštos kokybės medžiagos ir tinkamos technologijos, kurias taikant atsižvelgiama į tvarumo problemas, susijusias su aplinkos apsauga, poveikio klimato kaitai ir kelių statybos poveikio paviršinio ir požeminio vandens kokybei, dirvožemiui, orui, laukinei gamtai, gamtovaizdžiui, vibracijai ir triukšmui mažinimu. Šio straipsnio tikslas – nustatyti kelių statybos medžiagų ir technologijų galimas tobulinimo kryptis maždaug trisdešimties metų perspektyvoje. Šiam tikslui pasiekti buvo atliktas Delfi tyrimas, kuriame dalyvavo 150 ekspertų. Gauta išvada, kad pagrindinę vietą atliekant tyrimus ir toliau užims rišamųjų medžiagų su geresniu viskoelastiniu diapazonu ir jų modifikacijų paieškos tyrimai. Taip pat laukiama įvairesnių kelių dangos būklės stebėjimo technologijų, užtikrinančių nuolatinį kelio būklės stebėjimą. Daugės išmaniųjų kelių su jutikliais, integruotais į kelio dangų tinklą, o plintančios nanomedžiagų technologijos pagerins kelio dangos konstrukcijos patvarumą ir patikimumą.

Reikšminiai žodžiai: plėtra, aplinka, medžiagos, danga, kelias, tvarumas, technologija.

Václav Beran, Daniel Macek, Dana Měšťanová. 2016. Tilto gyvavimo ciklo išlaidos – pirmieji žingsniai holistinio vertinimo link, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 169–178.

Santrauka. Tiltai kuria transporto infrastruktūrą ir daugelį metų liudija šios infrastruktūros techninį sprendimą, patikimumą, ilgalaikiškumą, prižiūrimumą ir išorinę riziką (sukeltą gamtos ar žmogaus). Netinkamas tilto projektas reiškia dideles investicijų išlaidas, žemą kokybę, priežiūros išlaidų augimą. Dažniausiai pagrindinė netinkamo projekto priežastis yra įvardijama – didelės investicijų išlaidos. Investicijų ištekliai yra visuomet riboti. Tačiau toks metodas, kuris leistų įvertinti ir palyginti išlaidų efektyvumą praktikoje, šiandien nėra dominuojantis kaip arbitražas skirtingoms strategijoms ar garantija, padedanti išvengti kritinių ekonominių ar funkcinių situacijų. Šiame straipsnyje aprašyta metodologija, leidžianti įvertinti kelis tilto projektų variantus ne tik investicijų išlaidų požiūriu, bet ir nustatyti būsimus priežiūros darbų ir remonto išlaidas per visą tilto gyvavimo ciklą. Ši metodologija, pagrįsta gyvavimo ciklo išlaidomis bei išlaidų ir naudos analize, yra efektyvi priemonė priimant galutinį sprendimą ir pasirenkant priimtinausią projekto variantą. Atlikta dviejų tiltų magistraliniuose keliuose holistinė gyvavimo ciklo išlaidų ir naudos analizė. Turimas finansavimas turi didelę įtaką pasirinktam techniniam sprendimui.

Reikšminiai žodžiai: tiltas, remonto ciklai, gyvavimo ciklo išlaidos, priežiūra, rekonstrukcija, transporto statinys, tilto tipas.



ABSTRACTS IN LATVIAN

Marek Iwański, Grzegorz Mazurek. 2016. No šķembu mastikas asfalta ar dzēsto kaļķu piedevu atgūtā bitumena saistvielas reoloģiskās īpašības, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 93–101.

Kopsavilkums. Ceļa segas slāņu kalpošanas laiks ir atkarīgs no bitumena tipa un slodzes ietekmē izraisītajām izmaiņām tā struktūrā. 1999. gadā Kielcē (Polija), modernizējot un pārbūvējot ceļu infrastruktūru, pilsētas galvenajās ielās ieklāja šķembu mastikas asfalta dilumkārtu ar dzēstajiem kaļķiem. Šķembu mastikas asfaltā bija 6.2% D70 bitumena (šobrīd 50/70) un 4% SBS polimēra, kura tirdzniecības nosaukums ir Kraton 1101 CM. Dzēstos kaļķus šķembu mastikas asfaltam pievienoja 30% apjomā no kopējās pildvielu masas. Seguma stāvoklis pēc 12 gadu kalpošanas bija ļoti labs. 2011. gadā no šķembu mastikas asfalta paņēma paraugus un testēja tos. Testēšanu veica šķembu mastikas asfalta dilumkārtas paraugiem, kas tika ņemti no risām un no teritorijas starp tām un kuriem par saķeri uzlabojošām piedevām izmantoti taukainie amīni un dzēstais kaļķis. Noskaidrots, ka dzēstā kaļķa piedevai ir pozitīva ietekme uz atgūtā bitumena reoloģiskajām īpašībām nodrošinot ūdens- un salizturību.

Atslēgvārdi: saistvielas reoloģiskie parametri, dzēstie kaļķi, atgūtais bitumens, SBS polimērs, šķembu mastikas asfalta segums.

Shiling Pei, Yongle Li, Yulong Bao, Xin Li, Shizhong Qiang. 2016. Vilciena ierosinātu vibrāciju ietekmes uz dzelzceļa vanšu tiltu nogurumu novērtējums, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 102–110.

Kopsavilkums. Smago vilcienu satiksmes cikliskas iedarbība uz dzelzceļa tērauda kopņu tiltiem izraisa nogurumu tēraudā, it īpaši metinājuma šuves, kas var ietekmēt tilta veiktspēju. Spriegumu veidošanās vēstures precīzs novērtējums metinājuma šuvju kritiskajos šķēlumos no satiksmes slodzes ir svarīgs faktors kopējam noguruma novērtējumam. Tradicionāli transportlīdzekļu slodzes tiek uzskatītas par kustīgās statiskām slodzēm neņemot vērā to dinamisko efektu. Šajā pētījumā tiek piedāvātas skaitliskās metodes, kas ietvertu vilciena-tilta dinamiskās kopdarbību uz mezglu noguruma bojājumu attīstību. Piedāvātā pieeja ir divlīmeņu modelēšanas shēma, kas kombinē dinamisko analīzi kopējai vilciens-tilts sistēmai un detalizētu spriegumu analīzi metinātajam savienojumam. Dažādu vilciena slodžu konfigurācijām tika veikta jūtīguma analīze. Tika noteikts, ka dinamiskās vibrācijas negatīvi ietekmē noguruma izturību. Pētītajās vietās aprēķinātie kopējie bojājumi bija lielāki, kā tie, kas noteikti ņemot vērā tikai statiskās kustīgās slodzes metodi.

Atslēgvārdi: dinamiskais efekts, dinamiskā mijiedarbība, bijājumi noguruma rezultātā, dzelzceļa tērauda tilts, vilcien-tilta kopējās vibrācijas, metinājuma šuve.

Mustafa Akgul, Murat Demir, Tolga Ozturk, Hakan Topatan, Y. Emre Budak. 2016. Rekreācijas mērķiem paredzēto transportlīdzekļu manevrētspējas datorizēta izpēte uz meža ceļiem, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 111–119.

Kopsavilkums. Meža ceļu projektēšana ir laikietilpīgs un komplicēts process, jo jārealizē videi draudzīgs būvniecības process un jāapsver ekonomiskās izmaksas. Šo izmaksu pieaugums rodas izvirzot prasības transportlīdzekļu manevrētspējai. Dotā pētījuma galvenais mērķis ir analizēt rekreācijas mērķiem izmantojamo transportlīdzekļu manevrētspēju uz meža ceļiem, kuru primārais uzdevums ir nodrošināt meža izstrādes transportu, un analizēt meža ceļu ģeometriskos raksturlielumus datorvidē. Gan dinamisko horizontālās gan dinamisko vertikālās pārvietošanās analīzi var veikt ar Autopath pārvietošanās analīzes moduļa Plateia 2013 programmu. Datorizēta horizontālās pārvietošanās analīze, kuru izmanto lai pārbaudītu dažādu transportlīdzekļu izmantošanas iespējas uz eksistējošajiem ceļiem, izrādās ir efektīva metode lēmumu pieņemēju darbā apsverot lēmumus par lietojamo transportlīdzekļu ģeometriskajiem standartiem. Grafiskā atskaite ir pārvietošanās analīzes nākošais dokuments, kas vizuāli ataino transportlīdzekļa manevrētspēju. Šīnī kontekstā uz meža ceļa ar 4 m platu brauktuvi tika analizēta midibusa, autobusa un automobiļa manevrētspēja. Izpētes rezultātā noskaidrots, ka datorizēta pārvietošanās analīze

ir izdevīga meža ceļu pārplānošanas metode, kuru izmanto lēmumu pieņemšanas gaitā. Nobeigumā secināts, ka, izmantojot pārvietošanās analīzes metodi meža ceļu plānošanas un projektēšanas gaitā, uzlabosies transportlīdzekļu vadītāju drošība kā arī pieaugs projekta izmaksas.

Atslēgvārdi: pārvietošanās analīze, meža ceļi, Plateia 2013 programma, rekreācijas mērķiem paredzētie transportlīdzekļi, transportlīdzekļu lietojuma veids.

Aleksandr K. Arnautov, Vladimir Kulakov, Janis Andersons, Viktor Gribniak, Algirdas Juozapaitis. 2016. Slāņainā oglekļa plastikāta (CRFP) spriegotas lentas divslāņu pārklājuma adatu savienojuma stinguma un stiprības izpēte, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 120–126.

Kopsavilkums. Ar oglekļa šķiedrām stiegrots polimērs (oglekļa polimērs) ir viegls, inovatīvs kompozītmateriāls ar augstu stiprību un izcilu izturību pret koroziju un nogurumu. Pēdējos gadu desmitos ar šķiedrām stiegroti polimēri ir izplatījušies no kosmosa nozares uz tādām nozarēm kā autorūpniecība un būvniecība. Potenciāls, vienā virzienā stiegrotu oglekļa polimēru izmantošanai tērauda aizstāšanai, ir ļoti augsts. Nesen Vācijā ir uzbūvēts pirmais oglekļa polimēra spriegotas lentas tilts. Plānas neslāņainas oglekļa polimēra lentas tika izmantotas, kā tilta nesošās konstrukcijas. Salīdzinājumā ar slāņainiem komponentiem, pielietotie kabeļi tiek raksturoti ar vienmērīgāku spriegumu sadalījumu, ko panāk ar samazinātu konstruktīvo integritāti. Šajā rakstā ir aplūkota alternatīva slāņainu oglekļa polimēru savienojuma tehnoloģija ar nodomu palielināt konstruktīvo viengabalainību un ražojuma drošumu. Eksperimentāli ir pētītas divslāņu savienojuma pārklājuma šuves stiepes īpašības. Ir apskatīti trīs šuves tipi. Salīdzināšanai tika izmantota līmētā šuve. Pārklāšanās reģionā mehāniski sastiprinātā šuve tika veidota izmantojot 9, 25 vai 36 tērauda adatas ar diametru 1 mm. Piedāvātajā hibrīdajā šuvē papildus tērauda adatām tika izmantota līme, kas palielināja savienojuma nestspēju par apmēram 230%. Ņemot vērā līmes trauslumu paplašināts hibrīdās šuves sabrukuma process ir atbildīgs par uzlabojumu.

Atslēgvārdi: ar oglekļa šķiedrām stiegrots polimērs (CFRP), slāņains, divslāņu savienojums, spriegota lenta, testu dati.

Biljana Maljković, Dražen Cvitanić. 2016. Divjoslu valsts autoceļu plāna likņu projektēšanas secīguma novērtējums izmantojot transportlīdzekļu trajektoriju rādīšus un ātrumu, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 127–135.

Kopsavilkums. 24 km garā divjoslu valsts autoceļa posmā ar nolūku izpētīt transportlīdzekļu vadītāju izturēšanos veica eksperimentālu izpēti. Pētījumā bija iesaistīti 20 vadītāji ar saviem vieglajiem automobiļiem, kas bija aprīkoti ar GPS iekārtām. Ievērtējot plāna rādīšus un ātruma ietekmi uz šķērsvirziena saķeres koeficientu un novērtējot projektēto plāna likņu secīgumu, noteica drošības robežstāvokļus. Izpētes gaitā noskaidrots, ka transportlīdzekļu trajektoriju rādīši, lielākoties, bija mazāki par plāna likņu rādīšiem, vidēji par 12%. Regresijas analīzes dati parādīja, ka procentuālo atšķirību starp transportlīdzekļu trajektoriju un plāna likņu rādīšiem neietekmē ātrums, ātruma diferenciālis, liknes ģeometriskie raksturlielumi un apkārtnes elementi. Tika analizēti divi drošības robežstāvokļi. Vienu raksturo atšķirība starp maksimālo pieļaujamo šķērsvirziena saķeres koeficientu (nosaka izmantojot aprēķina ātrumu) un nepieciešamo šķērsvirziena saķeres koeficientu, otru raksturo atšķirība starp nodrošināto (nosaka izmantojot braukšanas ātrumu) un nepieciešamo šķērsvirziena saķeres koeficientu. Vispārējā gadījumā nepieciešamās saķeres vērtības pārsniedza nodrošinātās liknēs ar plāna rādīšiem mazākiem par 150 m, turpretim "slikti" apstākļi (saskaņā ar Lamma secības līmeņiem) tika fiksēti liknēm ar plāna rādīšiem mazākiem par aptuveni 220 m. Abas minētās rādīšus vērtības ir tuvu kritiskajam plāna likņu rādīšam, sākot ar kuru vairākās negadījumā izpētes studijās fiksētas augstākas negadījumu koeficienta vērtības. Balstoties uz izpētes gaitā iegūtajiem rezultātiem, rekomendē satiksmes drošības robežstāvokļu noteikšanai izmantot par 12% mazākus plāna likņu rādīšus un divjoslu valsts autoceļiem ārpus apdzīvotām vietām, izvairīties no plāna liknēm ar rādīšus mazāku par 200 m.

Atslēgvārdi: kritiskais transportlīdzekļu trajektorijas rādīšs, nepieciešamais šķērsvirziena saķere koeficients, projekta secīgums, globālā pozicionēšanas sistēma (GPS), plāna likne, braukšanas ātrums.

Audrius Vaitkus, Mantvydas Strumskys, Vilma Jasiūnienė, Laura Jateikienė, Tadas Andriejauskas, Dovydas Skrodenis. 2016. Inteliģento transporta sistēmu ietekme uz satiksmes drošību, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 136–143.

Kopsavilkums. Viena no lielākajām nepārtraukti pieaugošā transporta sektora problēmām ir satiksmes drošība. Tās uzlabošanā par efektīvām uzskata inovatīvās tehnoloģijas. Lai nodrošinātu efektīvu un koordinētu inteliģento transporta sistēmu attīstību, būtiski ir zināt to individuālo veiktspēju un ietekmi uz satiksmes drošību. Rakstā sniegta inteliģento transporta sistēmu ietekmes efektu apkopojums uz satiksmes drošību. Pētījuma mērķis ir noskaidrot tās inteliģentās transporta sistēmas un to lietojumu, kas atstāj vislielāko pozitīvo efektu uz satiksmes drošību. Lai sasniegtu minēto mērķi, tika veikta iepriekšējo pētījumu metaanalīze un ekspertu interviju analīze. Pētījumā apt-

vertas sekojošas trīspadsmit transportlīdzekļa vadītāju vadības un kontroles sistēmas pēc negadījumos bojā gājušo samazināšanas potenciāla: vidējā ātruma sistēma, stacionārās ātruma mērīšanas kameras, „Alcolock” – lietotne, kas atpazīst dzērušus vadītājus, „e-zvana” sistēma, ātruma ierobežojuma zīme ar mainīgu saturu, kameras, kas fiksē ceļu mezgla šķērsošanu pie sarkanās gaismas, aizliegtos manevrus fiksējošās kameras, transportlīdzekļa identifikācijas sistēma, maināmas informācijas plakāti, LED ceļa kniedes, ceļa satiksmes negadījumu fiksēšanas sistēmas, braucošu transportlīdzekļu svēršanas sistēmas un drošības jostu kontroles sistēmas.

Atslēgvārdi: inteligentās transporta sistēmas (ITS), ceļu satiksmes negadījumi, bojā gājušie, analītiskā hierarhiju procesa metode (AHP).

Mariano Perneti, Mauro D'Apuzzo, Francesco Galante. 2016. Jauna ceļa segas līdzenuma ietekmes uz transportlīdzekļa vadītāja izturēšanos izpētes metode ar braukšanas treniņierīci, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 144–152.

Kopsavilkums. Transportlīdzekļa ātrums ir viens no galvenajiem parametriem, kas raksturo vadītāja izturēšanos un ir ārkārtīgi svarīgs, jo ietekmē satiksmes drošības līmeni. Ātrumu ietekmē virkne faktoru, starp kuriem nozīmīga ir vibrācija transportlīdzekļa iekšienē. Lielākā daļa mūsu dienās lietoto ātrumu samazinošo satiksmes mīrināšanas pasākumu izmanto vadītāju sajūsto vertikālo vibrāciju līmeni, kas veidojas transportlīdzekļa un ceļa nelīdzenumu dinamiskās mijiedarbības rezultātā. No otras puses raugoties, šīs vibrācijas uzmanīgi jāmonitorē, tā kā tās ir galvenais ceļa segas vadības sistēmas parametrs, jo ietekmē braukšanas komfortu, segas bojājumus un transportlīdzekļa ekspluatācijas izmaksas. Līdz ar to nepieciešams analizēt kompromisu starp drošības prasībām un ar ceļa līdzenumu saistītajām uzturēšanas izmaksām. Šinī sakarībā eksperimentālie pētījumi, kuru mērķis ir novērtēt ceļa līdzenuma ietekmes potenciālu uz vadītāja izvēlēta ātruma samazinājumu kontrolētā vidē, var dot pievienoto vērtību minētajā darbības jomā. Dotajā rakstā prezentēta jauna izpētes metodoloģija, kas izmanto TEST laboratorijas Neapolē braukšanas treniņierīci un kas ļauj izpētīt sakarības starp vadītāja izvēlēto braukšanas ātrumu no vienas puses un ceļa līdzenumu, ceļa trasi un vidi, transportlīdzekļa raksturlielumiem un citiem parametriem no otras puses. Pēc sākotnējās kalibrēšanas fāzes iegūtie pirmie rezultāti izskatās pietiekami daudzsoļi, jo sakrīt ar zinātniskajā literatūrā publicētajiem datiem.

Atslēgvārdi: transportlīdzekļa vadītāja ātruma izvēle, braukšanas treniņierīce, ceļa līdzenums.

Vladislovas Česlovas Aksamitauskas, Vilma Kriaučiūnaitė-Neklejonovienė, Donatas Rekus, Birutė Ruzgienė, Virgaudas Puodžiukas, Arminas Stanionis. 2016. Lāzera skanēšanas sistēmu priekšrocības veicot topogrāfiskos uzmērījumus autoceļu projektēšanas vajadzībām, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 153–159.

Kopsavilkums. Raksta mērķis ir novērtēt lāzera skanēšanas sistēmas priekšrocības topogrāfiskajā uzmērīšanā. Rakstā prezentēta divu metožu – klasiskās totālo staciju un mobilās lāzera skanēšanas – analīze un novērtējums. Salīdzināti izmeklējumu rezultāti, prezentēti izmeklējumu tehnoloģiskie raksturlielumi un precizitāte, kā arī topogrāfisko attēlu veidošanas procedūra, novērtētas iespējas un efektivitāte. Analīzē izmantoti reālu ceļu un ielu topogrāfisko uzmērījumu projekti, kuros pētīti zemes virsma, ceļa un apkārtnes komponenti. Analīzes rezultātā iegūta informācija par izmeklēšanas metožu izmantojamību, potenciālu un sasniedzamo precizitāti atkarībā no noteikta kontrolpunktu skaita. Iegūtie rezultāti norāda, ka galvenās metožu atšķirības – mērījumu un datu apstrādes ātrums, rezultātu detalizācijas pakāpe un dažādas metožu lietošanas iespējas novērtējamas kompilējot apdzīvoto vietu un lauku teritoriju topogrāfiskos attēlus.

Atslēgvārdi: mobilā lāzera skanēšana, ceļu un ielu kartes, totālā stacija, topogrāfiskā uzmērīšana.

Piotr Radziszewski, Joanicjusz Nazarko, Tatjana Vilutiene, Katarzyna Dębkowska, Joanna Ejdyś, Alicja Gudanowska, Katarzyna Halicka, Jarosław Kilon, Anna Kononiuk, Karol J. Kowalski, Jan B. Król, Łukasz Nazarko, Michał Sarnowski. 2016. Ceļa segu būvniecības tehnoloģiju nākotnes attīstības virzieni vides aizsardzības prasību kontekstā, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 160–168.

Kopsavilkums. Modernu un izturīgu asfaltbetona un cementbetona segu būvniecībai nepieciešami augstas kvalitātes materiāli un piemērotas tehnoloģijas, kas balstītas uz ilgtspējīgas attīstības principiem, kas ievērtē vides aizsardzības, ceļu būvniecības ietekmju kompensāciju prasības attiecībā uz virszemes un gruntsūdeņiem, grunti, gaisu, savvaļas dzīvniekiem, ainavu, vibrācijām un troksni. Dotā raksta mērķis ir identificēt iespējamās ceļu materiālu un būvniecības tehnoloģiju attīstības virzienus tuvākajiem 30 gadiem. Ar nolūku sasniegt šo mērķi, nacionālā mēroga veica Delphi izpēti, kurā izaicināja piedalīties 150 ekspertus. Pētījumā noskaidrots, ka saistvielām, bieži vien ar specifiskām modifikācijām, ar uzlabotām viskoelastīgām īpašībām arī turpmāk būs vadošā loma. Turklāt lielākos apjomos izmantos tehnoloģijas, kas ļauj nepārtraukti monitorēt ceļa segas stāvokli. Sensoru iestrāde segas konstrukcijā novedīs pie „smalko” ceļu būvniecības kamēr nanomateriālu tehnoloģiju izplatība uzlabos ceļu segas izturību un ilgaicību.

Atslēgvārdi: attīstība, vide, materiāli, sega, ceļš, ilgtspējība, tehnoloģija.

Václav Beran, Daniel Macek, Dana Měšťanová. 2016. Tiltu kalpošanas cikla izmaksa – pirmais solis holistiskai pieejai, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 169–178.

Kopsavilkums. Tilti veido transporta infrastruktūru un ir ilglaicīgs pierādījums projekta ekonomiskumam, drošumam, ilgzināšanai, lietojamībai un ārējiem riskiem (dabas un cilvēka radītiem). Nepilnības tiltu projektā noved pie augstām investīciju izmaksām, zemas kvalitātes, atjaunošanas un uzturēšanas izmaksām, pasākumiem bojājumu samazināšanai. Kā galvenais iemesls parasti ir norādīts augstas investīciju izmaksas. Investīcijas līdzekļu resurss parasti ir ierobežots. Tomēr mūsdienās, lai novērtētu dažādas stratēģijas un garantijas, izvairītos no kritiskām ekonomiskām vai funkcionālām situācijām, praktiskajā projektēšanā izmaksu efektivitātes novērtējums un salīdzinājums pārsvarā gadījumu netiek izmantots. Šajā rakstā ir ilustrēta metode tilta projekta izmaiņu novērtēšanai, balstoties uz kalpošanas ciklu izmaksu un izmaksu-ieguvumu analīzi. Piedāvātā pieeja integrē izmaksu modeli, ieguvumu analīzi un ekonomisko izdevīgumu. Uzsvārs ir likts uz veikspēju visā kalpošanas laikā, tas samazina ieguldījumu riskus un atbalsta ilgtspējīgu infrastruktūru. Holistiskās pieejas pielietojums kalpošanas ciklu izmaksu un izmaksu-ieguvumu analīzei ir parādīta ar divu autoceļu tiltu piemēriem. Iespējamajam finansējumam ir liela ietekme uz tehniskā projekta risinājumiem.

Atslēgvārdi: tilts, remonta cikls, kalpošanas ciklu izmaksu, uzturēšana, rekonstrukcija, transporta būve, tilta tips.



ABSTRACTS IN ESTONIAN

Marek Iwański, Grzegorz Mazurek. 2016. Kustutatud lubjaga SMA kattest ekstraheeritud bituumensideaine reoloogilised omadused, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 93–101.

Kokkuvõte. Kattekihtide vastupidavus sõltub bituumeni tüübist ja selle struktuursete omaduste muutumisest tööea jooksul. 1999. aastal paigaldati ühele Kielce (Poola) linna tänavale selle ümberehituse ja moderniseerimise käigus kustutatud lubjaga killustikmastiksasfaldist (SMA) kulumiskihit. SMA sisaldas 6,2% bituumenit D70 (praegu 50/70) ja 4% SBS polümeeri kaubamärgiga Kraton 1101 CM. Kustutatud lubja doseeriti SMA segusse asendamaks 30% filleri massist. Katte pinna seisukord peale 12 aastat eksploatatsiooni oli väga hea. 2011. aastal SMA-st ekstraheeriti bituumeni proovid ja katsetati. Katsed teostati proovidega, mis sisaldasid rasvamiine ja kustutatud lubja nagu nakkeparandajaid ja mis võeti SMA segust kulumiskihist sõidujäljest ja sellega piirnevalt alalt. Leiti, et kustutatud lubja lisandil oli positiivne mõju ekstraheeritud bituumeni reoloogilistele omadustele, suurendades vee- ja külmakindlust.

Võttesõnad: sideaine reoloogiline parameeter, kustutatud lubi, ekstraheeritud bituumen, polümeer SBS, killustikmastiksasfalt kate.

Shiling Pei, Yongle Li, Yulong Bao, Xin Li, Shizhong Qiang. 2016. Rongi tekitatud vibratsiooni mõju raudtee ripp silla väsimise hindamisel, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 102–110.

Kokkuvõte. Korduva raske rongiliikluse tõttu tekib raudtee terastross ripp sildadel palju väsimisega seotud probleeme, eriti keevisliidestest. Keevise liidese väsimuse projekteerimisel on oluline nende liideste kriitilistes punktides õige pingelukorra prognoos liikluskooormuse all. Traditsioonalselt käsitletakse liikluskooormust staatilise liikuvana, arvestamata selle dünaamilist mõju. Käesolevas uuringus esitatakse arvutusmeetod, mis võimaldab arvesse võtta ka dünaamilise reaktsiooni rongi-silla paaris süsteemis sõlme väsimiskahjustusele. Esitatud lähenemine rakendab kahetasandilist modelleerimissüsteemi, mis kombineerib kogu silla-rongi süsteemi dünaamilise analüüsi ja liidese detailse pingeanalüüsi. Keevisliidese kriitilises punktis tekkiva kumulatiivse väsimiskahjustuse määramiseks kasutati Miner'i seaduspärasust. Erinevatele rongi koormusolukordadele teostati tundlikkusanalüüs. Tehti kindlaks, et dünaamiline vibratsioon mõjub negatiivselt väsimistööeale. Arvutatud kumulatiivne kahjustus uuritud kohtades on suurem, võrreldes sellega, kui arvestades ainult staatilise liikuva koormusega.

Võttesõnad: dünaamiline mõju, dünaamiline koormus, väsimiskahjustus, raudtee terassild, rong-sild paarisvibratsioon, keevisliides.

Mustafa Akgul, Murat Demir, Tolga Ozturk, Hakan Topatan, Y. Emre Budak. 2016. Vabaajasõidukite manööverdamisvõime uuring metsateedel kasutades arvutipõhist sõiduanalüüsi, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 111–119.

Kokkuvõte. Metsateede planeerimine on aeganõudev ja keeruline protsess, kuna see nõuab keskkonnasõbralikku teedehitust ja kulutuste ökonoomsuse jälgimist. Need kulud suurenevad sõltuvalt sõiduki mõõtetest tingitud manööverdamisnõuetest. Käesoleva uuringu peamiseks eesmärgiks oli analüüsida vabaajasõidukite manööverdamisvõimet metsateedel. Nii dünaamilise horisontaalse kui ka vertikaalse sõiduanalüüsi saab teha Autopath sõiduanalüüsi tarkvara mooduliga Plateia 2013. Arvutipõhine horisontaalse sõidu analüüs, mida kasutatakse erinevate teede kasutamise võimaluse hindamiseks erinevate sõidukiliikide poolt, on otsusetegijale efektiivseks meetodiks sõidukite geomeetriliste mõõtetega arvestamisel otsustusprotsessis. Sõiduanalüüsi teiseks väljundiks on graafiline aruanne, mis esitab sõiduki manööverdamisvõimaluse visuaalselt. Selles kontekstis analüüsiti sõiduauto, minibussi ja bussi manööverdamisvõimet 4 m laiusel metsateel. Uuringu tulemusel leiti, et arvutipõhine sõiduanalüüs on metsateede uuesti planeerimise otsustusprotsessis kasulik vahend. Leiti, et metsateede planeerimise ja projekteerimise käigus sõiduanalüüsi kasutamine tõstab sõidukijuhi ohutust, aga ka projekti maksumust.

Võttesõnad: sõiduanalüüs, metsatee, Plateia 2013 tarkvara, vabaajasõiduk, sõiduki kasutustüüp.

Aleksandr K. Arnautov, Vladimir Kulakov, Janis Andersons, Viktor Gribniak, Algirdas Juozapaitis. 2016. Ühe ülekattega z-tihvtiga liidese eksperimentaalne jäikuse ja tugevuse uuring süsinikkiuga armeeritud polümeeriga lamineeritud pingetrossis, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 120–126.

Kokkuvõte. Süsinikukiuga armeeritud polümeer (süsinikpolümeer) on kaasaegne, kerge, suure tugevusega ja korrosioonikindel komposiitmaterjal. Viimastel aastakümnetel on kiudarmeeritud polümeeride kasutamine levinud kosmosest teistesse tööstusharudesse, nagu autotööstus ja tsiviilehitus. Ühesuunalised süsinikpolümeerid omavad suurt potentsiaali terase asendamiseks tõmbeelementides. Hiljuti ehitati esimene süsinikpolümeer pingetross sild Saksamaal. Mitte lamineeritud süsinikpolümeeri õhukesi ribasid kasutati selle silla koormuskandvate elementidena. Võrreldes lamineeritud elementidega iseloomustab kasutatud kaableid, tänu vähenenud struktuursele ebahürtlusele, ühtlasem deformatsioonide jaotus. Käesolevas artiklis käsitletakse süsinikpolümeersete laminaatide alternatiivseid ühendustehnoloogiaid, eesmärgiga suurendada toodangu struktuurset ühtsust ja kindlust. Eksperimentaalselt uuriti ühe ülekattega liideste tõmbekäitumist. Võrdlusena kasutati liimitud liidest. Mehhaaniliselt kinnitatud liidese ülekatte osa teostati, kasutades 9, 25 või 36 mm diameetriga terasnõela (z-tihvt). Hübriidliidestest kasutati täiendavalt ühendamiseks liimi, mis tõstis võrdlusliidese koormuskandevõimet kuni 230%. Arvestades liimi habrast murdepinda, aitab pikendatud progresseeruv purunemisprotsess hübriidliidestest olukorda parandada.

Võttesõnad: süsinikkiuga armeeritud polümeer (CFRP), laminaat, ühe ülekattega liides, pingetross, katseandmed.

Biljana Maljković, Dražen Cvitanić. 2016. Horisontaalkõverike projekteerimistaseme hindamine kaherealistel riigimaanteedel lähtudes sõiduki trajektoori raadiusest ja kiirusest, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 127–135.

Kokkuvõte. Juhi käitumisandmete kogumiseks teostati eksperimentaalne uuring 24 km pikkusel kaherealisel riigimaanteel. Uuringusse oli kaasatud 20 oma sõidukiga sõitvat autojuhti, mis olid varustatud GPS seadmega. Arvestades horisontaalkõveriku raadiuse ja kiiruse mõju külghõõrde nõudele, hinnati horisontaalkõveriku projekteeritud vastavust määrates ohutuse piirid. Analüüs näitas, et sõiduki sõidutrajektoori raadiused olid keskmiselt 12% väiksemad, kui horisontaalkõveriku raadiused. Regressioonianalüüs näitas, et sõiduki trajektoori raadiuse ja kõveriku raadiuse erinevus ei sõltunud kiirusest, kiiruse diferentsiaalset ja kõveriku geomeetrilistest parameetritest ning ümbruskonna elementidest. Analüüsiti kahte erinevat ohutuse piiri. Üks on erinevus maksimaalse lubatava külghõõrde (põhineb projektkiirusel) ja külghõõrde nõude vahel ning teine on erinevus külghõõrde varu (põhineb tegelikul sõidukiirusel) ja külghõõrde nõude vahel. Tavaliselt nõude ületasid külghõõrde varu tegureid kõverikel raadiusega alla 150 m, „halb“ olukord (vastavalt Lamm'i terviklikkuse tasanditele) ilmnes kõverikel raadiusega alla umbes 220 m. Mõlemad väärtused on väga lähedal kriitilisele raadiusele, alla mida oli täheldatav suurem õnnetuste tase tuginedes mitmetele õnnetuste uuringutele. Uuringu tulemusena soovitakse ohutuse piiri hindamiseks kasutada 12% väiksemat kõveriku raadiust ning, et raadiuseid all 200 m tuleks kahe sõidureaga riigimaanteedel väljaspool asustatud alasid vältida.

Võttesõnad: kriitiline sõiduki trajektoori raadius, nõutud külghõõrde tegur, projekteerimistaseme, GPS, horisontaalkõverik, sõidukiirus.

Audrius Vaitkus, Mantvydas Strumskys, Vilma Jasiūnienė, Laura Jateikienė, Tadas Andriejauskas, Dovydas Skrodenis. 2016. Intelligentsete transpordisüsteemide mõju liiklusohutusele, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 136–143.

Kokkuvõte. Üks jätkuvalt kasvava transpordisektori suuremaid probleeme on liiklusohutus. Efektiivne vahend sellega tegelemiseks on innovaatilised tehnoloogiad. Intelligentsete transpordisüsteemide efektiivse ja koordineeritud arendamise tagamiseks on oluline teada selle üksikute osade toimivust ja mõju liiklusohutusele. Artiklis antakse kokkuvõtte intelligentsete transpordisüsteemide mõjust liiklusohutusele. Uuringu eesmärgiks on esile tõsta intelligentseid transpordisüsteeme ja nende rakendusi, millel on kõige suurem positiivne mõju liiklusohutusele. Selle eesmärgi saavutamiseks teostati varasemate uuringute analüüs ja ekspertide küsitluste analüüs. Uurin sisaldab järgnevat kolmeteist juhi toetus- ja kontrollisüsteemi vastavalt nende potentsiaalile vähendada surmajuhtumitega õnnetuste arvu: keskmise kiiruse süsteem, statsionaarsed kiiruskaamerad, alkoholik purjus juhi tuvastamiseks, „eCall“ süsteem, muutuvad kiiruspiairangu märgid, punase tule eiramise fikseerimise kaamerad, keelatud manöövrivate fikseerimise süsteemid, sõiduki tuvastamise süsteemid, muutuva infoga teabetahvlid, LED teenaelad, õnnetuse avastamise süsteemid, automaatsed kaalupunktid ja turvavöö kontrollisüsteemid.

Võttesõnad: intelligentsete transpordisüsteemid (ITS), liiklusõnnetused, liiklussurmad, analüütiline hierarhia protsessi meetod (AHP).

Mariano Perneti, Mauro D'Apuzzo, Francesco Galante. 2016. Uus lähenemine tee tasasuse mõju uurimisel juhi kiiruskäitumisele tuginedes sõidusimulaatori katsel, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 144–152.

Kokkuvõte. Sõidukiirus on üks peamisi juhi käitumist kirjeldavaid parameetreid ja sel on oluline tähtsus, kuna see mõjutab liiklusohutuse taset. Kiirust omakorda mõjutavad mitmed tegurid, millest sõidukisene vibratsioon võib omada tähtsat osa. Paljud kiirust vähendavad liiklusrahustamise meetmed tänapäeval on seotud juhi poolt tajutava vertikaalse vibratsioonitasemega, mis on tekitatud sõiduki ja tee tasasuse koosmõjuna. Teisest küljest, seda viimast tuleb hoolikalt jälgida ja kontrollida, kuna see on katete korrashoiu süsteemi (PMS) üks võtmeparameetreid ja see mõjutab sõidumugavust, katte defekte ja teekasutaja kuluseid. Seetõttu tuleb analüüsida kompromissi tasasusega seotud ohutusnõuete ja hooldeküsimuste vahel. Sellega seotult võivad eksperimentaalsed katsed, seotud tee tasasuse mõju potentsiaali hindamisega juhi sõidukiirusele kontrollitud keskkonnas, anda lisaväärtust. Käesolevas artiklis esitatakse uus uuringumetoodika ühelt poolt juhi kiiruskäitumise ja teiselt poolt tee tasasuse vahelise sõltuvuse uurimiseks, kasutades sõidusimulaatorit TEST laboratooriumis Napolis. Algele kalibreerimisfaasile järgnenud esimesed katsetulemused näivad päris lubavad, sest need vastavad teaduskirjanduses varasemalt avaldatud andmetele.

Võttesõnad: juhi liikluskäitumine, sõidusimulaator, tee tasasus.

Vladislovas Česlovas Aksamitauskas, Vilma Kriaučiūnaitė-Neklejonovienė, Donatas Rekus, Birutė Ruzgienė, Virgaudas Puodžiukas, Arminas Stanionis. 2016. Laserskaneerimise süsteemide eelised topograafilisel mõõdistamisel teede projekteerimisel, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 153–159.

Kokkuvõte. Töö eesmärgiks on hinnata laserskaneerimise süsteemide eelised topograafilisel mõõdistamisel. Esitatud on kahe meetodi, klassikalise jaamade meetodi ja mobiilse laserskaneerimise meetodi, võrdlus. Teostatud uuringu tulemusi on võrreldud, on esitatud uuringu tehnoloogilised näitajad ja täpsus, samuti on hinnatud topograafilise kujutise loomise võimalusi ja efektiivsust. Analüüsis on kasutatud tegelikke teede ja tänavate topograafilise mõõdistamise projekte, kus analüüsiti maapinda, tee-elemente ja ümbruskonna objekte. Analüüs annab informatsiooni uuritud meetodite võimalustest ja potentsiaalset ning lõplikult saavutatud täpsusest lähtudes kontrollpunktide kindlast arvust. Saadud tulemused näitavad, et meetodite peamised erinevused ilmnesid, kui võrreldi asustamata ja asustatud alade topograafilisi kujutisi, nende mõõdistamis- ja andmetöötluskiirust, tulemuste detailsust ja meetodi kasutamise erinevaid võimalusi.

Võttesõnad: mobiilne laserskaneerimine, teede ja tänavate kaardistamine, topograafiline uuring.

Piotr Radziszewski, Joanicjusz Nazarko, Tatjana Vilutiene, Katarzyna Dębkowska, Joanna Ejdyś, Alicja Gudanowska, Katarzyna Halicka, Jarosław Kilon, Anna Kononiuk, Karol J. Kowalski, Jan B. Król, Łukasz Nazarko, Michał Sarnowski. 2016. Tulevikusuunad teekatete tehnoloogiates lähtudes keskkonnakaitsest, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 160–168.

Kokkuvõte. Kaasaegsete ja kestvate asfalt- ja tsementkatete ehitamine nõuab kõrgekvaliteedilisi materjale ja sobivaid tehnoloogiaid, mis võtavad arvesse keskkonnakaitset, leevendusega ja kompenseerimisega seotud jätkusuutlikkuse aspekte teedeehituse tekitatud mõjul pinnase- ja põhjaveele, pinnasele, õhule, looma- ja linnuriigile ning maastikule. Käesoleva artikli eesmärgiks on määratleda teedeehitusmaterjalide ja -tehnoloogiate võimalikud arengusuunad umbes 30-aastasest perspektiivist. Selle eesmärgi saavutamiseks koostati üleriigiline Delphi uuring, kaasates 150 kutsutud eksperti. Uuring järeldas, et parendatud visko-elastsete omadustega sideained – ja sageli koos spetsiaalsete modifikaatoritega – omavad jätkuvalt juhtivat rolli. Järjest enam kasutatakse teede seisukorra jooksvaks hindamiseks „pidevjalgimise“ tehnoloogiad. Teedevõrku paigaldatavad andurid viivad „tarkade teede“ ehitamisele ja nanomaterjalide kasutamine parandab katendikonstruktsioonide vastupidavust ja töökindlust.

Võttesõnad: areng, keskkond, materjalid, kate, tee, jätkusuutlikkus, tehnoloogia.

Václav Beran, Daniel Macek, Dana Měšťanová. 2016. Sildade elueaegsed kulud – esimene samm terviklikule lähenemisele, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 11(2): 169–178.

Kokkuvõte. Sillad on transporditaristu osa ja on allutatud pikaajalisele ökonoomsele projekteerimisele, töökindlusele, vastupidavusele, hooldatavusele ja välisele riskile (loodus- ja inimriskid). Sildade puudulik projekteerimine viitab kõrgetele investeerimiskuludele, madalale kvaliteedile, suurendab hooldekulusid ja põhjustab kvaliteedikahjustusi. Peamiseks probleemi põhjuseks tuuakse sageli välja kõrged investeerimiskulud. Investeerimisvahendid on jälle ja jälle mittepiisavad. Kuluefektiivsuse hindamine ja võrdlus praktilisel projekteerimisel ei ole tänasel päeval erinevate lähenemiste võrdluse aluseks, et vältida kriitilist majanduslikku või funktsionaalset olukorda. Käesolev artikkel esitab meetodi, mis täiustab silla projekteerimist tuginedes elueaagsetele kuludele ja kulude-tulude analüüsile. Meetod integreerib maksumuse mudeli, projekteeritud lahenduse hapruse ja täiustamise tulemusel saadud kasu lähtudes reast välismõjudest ja sellega kaasnevatest projekti- ja majanduslikest muudatustest. Keskendumine elueaagsele käitumisele ja kasule, vastupidiselt ainult algele investeeringumaksumusele, sillutab teed riskivalele investeerimisele

ja aitab parendada ja arendada jätkusuutlikku taristut. Terviklikku lähenemist, kaasates elueaaegsed kulud ja tulude analüüsi, on kasutatud kahe tüüpilise maantee silla näitel. Võimalikul finantseeringul on suur mõju valitud tehnilisele lahendusele.

Võtmesõnad: sild, remonditsükli, oodatav kasu, elueaaegsed kulud, hoole, rekonstrueerimine, transpordiehitis, sillatüüp.



TURINYS

MAREK IWAŃSKI, GRZEGORZ MAZUREK Bituminio rišklio skaldos ir mastikos asfalto mišinyje su gesintomis kalkėmis reologinės savybės	93
SHILING PEI, YONGLE LI, YULONG BAO, XIN LI, SHIZHONG QIANG Traukinio sukeltų vibracijų poveikio vantinių geležinkelio tiltų nuovargiui vertinimas	102
MUSTAFA AKGUL, MURAT DEMIR, TOLGA OZTURK, HAKAN TOPATAN, Y. EMRE BUDAK Laisvalaikio transporto priemonių manevringumo miško keliuose tyrimas, taikant kompiuterinę važiavimo analizę	111
ALEKSANDR K. ARNAUTOV, VLADIMIR KULAKOV, JANIS ANDERSONS, VIKTOR GRIBNIAK, ALGIRDAS JUOZAPAITIS Viensluoksnio anglies pluošto armuoto polimero laminato tempiamosios juostos užleistinio mazgo, sujungto Z adatomis, stiprumo ir standumo eksperimentiniai tyrimai	120
BILJANA MALJKOVIĆ, DRAŽEN CVITANIĆ Horizontaliųjų kreivių projektinės atitikties vertinimas valstybinės reikšmės dviejų eismo juostų keliuose, atsižvelgiant į automobilio judėjimo trajektoriją ir greitį	127
AUDRIUS VAITKUS, MANTVYDAS STRUMSKYS, VILMA JASIŪNIENĖ, LAURA JATEIKIENĖ, TADAS ANDRIEJAUSKAS, DOVYDAS SKRODENIS Intelektinių transporto sistemų poveikio eismo saugumui vertinimas	136
MARIANO PERNETTI, MAURO D'APUZZO, FRANCESCO GALANTE Naujas požiūris į kelio nelygumo įtakos važiavimo greičio pasirinkimui vertinimą modeliuojant eismą	144
VLADISLOVAS ČESLOVAS AKSAMITAUSKAS, VILMA KRIAUCIŪNAITĖ-NEKLEJONOVIEŅĖ, DONATAS REKUS, BIRUTĖ RUZGIENĖ, VIRGAUDAS PUODŽIUKAS, ARMINAS STANIONIS Lazerinio skenavimo sistemų pranašumai atliekant topografinius matavimus kelių inžinerijoje	153
PIOTR RADZISZEWSKI, JOANICJUSZ NAZARKO, TATJANA VILUTIENE, KATARZYNA DĘBKOWSKA, JOANNA EJDYS, ALICJA GUDANOWSKA, KATARZYNA HALICKA, JAROSŁAW KILON, ANNA KONONIUK, KAROL J. KOWALSKI, JAN B. KRÓL, ŁUKASZ NAZARKO, MICHAŁ SARNOWSKI Kelių dangų technologijų tobulinimo tendencijos aplinkosaugos kontekste	160
VÁCLAV BERAN, DANIEL MACEK, DANA MĚŠŤANOVÁ Tilto gyvavimo ciklo išlaidos – pirmieji žingsniai holistinio vertinimo link	169

SATURS

MAREK IWAŃSKI, GRZEGORZ MAZUREK No šķembu mastikas asfalta ar dzēsto kaļķu piedevu atgūtā bitumena saistvielas reoloģiskās īpašības	93
SHILING PEI, YONGLE LI, YULONG BAO, XIN LI, SHIZHONG QIANG Vilciena ierosinātu vibrāciju ietekmes uz dzelzceļa vanšu tiltu nogurumu novērtējums	102

MUSTAFA AKGUL, MURAT DEMIR, TOLGA OZTURK, HAKAN TOPATAN, Y. EMRE BUDAK Rekreācijas mērķiem paredzēto transportlīdzekļu manevrētspējas datorizēta izpēte uz meža ceļiem	111
ALEKSANDR K. ARNAUTOV, VLADIMIR KULAKOV, JANIS ANDERSONS, VIKTOR GRIBNIAK, ALGIRDAS JUOZAPAITIS Slāņainā oglekļa plastikāta (CRFP) spriegotas lentas divslāņu pārklājuma adatu savienojuma stinguma un stiprības izpēte.....	120
BILJANA MALJKOVIĆ, DRAŽEN CVITANIĆ Divjoslu valsts autoceļu plāna likņu projektēšanas secīguma novērtējums izmantojot transportlīdzekļu trajektoriju rādīšus un ātrumu	127
AUDRIUS VAITKUS, MANTVYDAS STRUMSKYS, VILMA JASIŪNIENĒ, LAURA JATEIKIENĒ, TADAS ANDRIEJAUSKAS, DOVYDAS SKRODENIS Inteliģento transporta sistēmu ietekme uz satiksmes drošību	136
MARIANO PERNETTI, MAURO D'APUZZO, FRANCESCO GALANTE Jauna ceļa segas līdzenuma ietekmes uz transportlīdzekļa vadītāja izturēšanos izpētes metode ar braukšanas treniņus	144
VLADISLOVAS ČESLOVAS AKSAMITAUSKAS, VILMA KRIAUČIŪNAITĒ-NEKLEJONOVIEŅĒ, DONATAS REKUS, BIRUTĒ RUZGIENĒ, VIRGAUDAS PUODŽIUKAS, ARMINAS STANIONIS Lāzera skenēšanas sistēmu priekšrocības veicot topogrāfiskos uzmērījumus autoceļu projektēšanas vajadzībām.....	153
PIOTR RADZISZEWSKI, JOANICJUSZ NAZARKO, TATJANA VILUTIENE, KATARZYNA DĘBKOWSKA, JOANNA EJDYS, ALICJA GUDANOWSKA, KATARZYNA HALICKA, JAROSŁAW KILON, ANNA KONONIUK, KAROL J. KOWALSKI, JAN B. KRÓL, ŁUKASZ NAZARKO, MICHAŁ SARNOWSKI Ceļa segu būvniecības tehnoloģiju nākotnes attīstības virzieni vides aizsardzības prasību kontekstā.....	160
VÁCLAV BERAN, DANIEL MACEK, DANA MĚŠŤANOVÁ Tiltu kalpošanas cikla izmaksa – pirmais solis holistikai pieejai	169

SISUKORD

MAREK IWAŃSKI, GRZEGORZ MAZUREK Kustutātud lubjaga SMA katest ekstraheeritud bituumensideaine reoloogilised omadused	93
SHILING PEI, YONGLE LI, YULONG BAO, XIN LI, SHIZHONG QIANG Rongi tekitatud vibratsiooni mõju raudtee rippsilla vāsimise hindamisel.....	102
MUSTAFA AKGUL, MURAT DEMIR, TOLGA OZTURK, HAKAN TOPATAN, Y. EMRE BUDAK Vabaaajasõidukite manööverdamisvõime uuring metsateedel kasutades arvutipõhist sõiduanalüüsi	111
ALEKSANDR K. ARNAUTOV, VLADIMIR KULAKOV, JANIS ANDERSONS, VIKTOR GRIBNIAK, ALGIRDAS JUOZAPAITIS Ūhe ūlekattega z-tihvtiga liidese eksperimentaalne jāikuse ja tugevuse uuring sūsinikkiuga armeeritud polūmeeriga lamineeritud pingetrossis	120
BILJANA MALJKOVIĆ, DRAŽEN CVITANIĆ Horisontaalkōverike projekteerimistaseme hindamine kaherealistel riigimaanteedel lāhtudes sōiduki trajektoori raadiusest ja kiirusest	127
AUDRIUS VAITKUS, MANTVYDAS STRUMSKYS, VILMA JASIŪNIENĒ, LAURA JATEIKIENĒ, TADAS ANDRIEJAUSKAS, DOVYDAS SKRODENIS Inteliģentsete transpordisūsteemide mõju liiklusohutusele	136
MARIANO PERNETTI, MAURO D'APUZZO, FRANCESCO GALANTE Uus lāhenemine tee tasasuse mõju uurimisel juhi kiiruskāitumisele tuginedes sōidusimulaatori katsel.....	144

VLADISLOVAS ČESLOVAS AKSAMITAUSKAS, VILMA KRIAUČIŪNAITĖ-NEKLEJONOVIEŅĒ, DONATAS REKUS, BIRUTĒ RUZGIENĒ, VIRGAUDAS PUODŽIUKAS, ARMINAS STANIONIS Laserskaneerimise süsteemide eelised topograafilisel mõõdistamisel teede projekteerimisel	153
PIOTR RADZISZEWSKI, JOANICJUSZ NAZARKO, TATJANA VILUTIENE, KATARZYNA DĘBKOWSKA, JOANNA EJDYS, ALICJA GUDANOWSKA, KATARZYNA HALICKA, JAROSŁAW KILON, ANNA KONONIUK, KAROL J. KOWALSKI, JAN B. KRÓL, ŁUKASZ NAZARKO, MICHAŁ SARNOWSKI Tulevikusuunad teekatete tehnoloogiates lähtudes keskkonnakaitsest	160
VÁCLAV BERAN, DANIEL MACEK, DANA MĚŠŤANOVÁ Sildade elueaegsed kulud – esimene samm terviklikule lähenemisele	169