VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
KELIŲ KATEDRA

Tadas Andriejauskas

SUNKIOJO TRANSPORTO SVĖRIMO IR TRANSPORTO EISMO STEBĖJIMO SISTEMA LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ TINKLUI

HEAVY VEHICLES WEIGHING AND TRAFFIC CONTROL SYSTEM FOR LITHUANIAN ROAD NETWORK

BAIGIAMASIS MAGISTRO DARBAS

Civilinė inžinerija, valstybinis kodas 621H20002

Keliai

Statybos inžinerija (02 T)

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
KELIŲ KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

_____
(Parašas)

Alfredas Laurinavičius
(Vardas, pavardė)

_____
(Data)

Tadas Andriejauskas

SUNKIOJO TRANSPORTO SVĖRIMO IR TRANSPORTO EISMO STEBĖJIMO SISTEMA LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ TINKLUI

HEAVY VEHICLES WEIGHING AND TRAFFIC CONTROL SYSTEM FOR LITHUANIAN ROAD NETWORK

Baigiamasis magistro darbas
Civilinė inžinerija, valstybinis kodas 621H20002
Keliai
Statybos inžinerija (02 T)

Vadovas doc. dr. Audrius Vaitkus _____ 2012 05 28
(Parašas) (Data)

Lietuvių kalbos konsultantas lekt. Regina Žukienė _____ 2012-05-28
(Parašas) (Data)

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
KELIŲ KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

_____
(Parašas)
Alfredas Laurinavičius
(Vardas, pavardė)
_____
(Data)

Technologijos mokslai mokslo sritis
Statybos inžinerija (02 T) mokslo kryptis
Civilinė inžinerija studijų programa, valstybinis kodas 621H20002
Keliai specializacija

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO UŽDUOTIS

2012 Nr.
Vilnius

Studentui (ei) *Tadui Andriejauskui*

Baigiamojo darbo tema: „*Sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistema Lietuvos automobilių kelių tinklui*“

patvirtinta 2010 m. lapkričio 3 d. dekano potvarkiu Nr. *390* ap.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2012 m. gegužės 30 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Išanalizuoti transporto srautus ir jų daromą poveikį susisiekimo komunikacijoms;
Apžvelgti Lietuvoje ir pasaulyje naudojamas sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo bei kontrolės sistemas;
Parengti sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemos teorinį modelį Lietuvos automobilių kelių tinklui;
Parengti sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemos įgyvendinimo modelį ir pagal jį parinkti preliminarias sistemų įrengimo Lietuvos automobilių kelių tinkle vietas.
Pateikti išvadas ir rekomendacijas.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai: .....
.....
.....
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Vadovas ..... doc. dr. Audrius Vaitkus
(Parašas)

Užduotį gavau
.....
(Parašas)
Tadas Andriejauskas
(Vardas, pavardė)
2012-01-02
(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Aplinkos inžinerijos fakultetas
Kelių katedra

ISBN ISSN
Egz. sk. .....
Data .....-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Civilinės inžinerijos** programos baigiamasis darbas

Pavadinimas **Sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistema Lietuvos automobilių kelių tinklui**

Autorius **Tadas Andriejauskas**
Vadovas **doc. dr. Audrius Vaitkus**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjama sunkiojo transporto viršsvorio problema Lietuvos automobilių kelių tinkle, kaip ji įtakoja eismo saugumą, kokią žalą daro keliams ir visai Lietuvos ekonomikai. Apžvelgtos Lietuvoje ir pasaulyje naudojamos sunkiojo transporto svėrimo ir transporto esimo stebėjimo sistemos. Parengtas sistemos teorinis modelis, kuriame nustatyti teoriniai principai ir įrengimo vietų parinkimo kriterijai. Remiantis teoriniu modeliu, nustatytas optimalus sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sitemų poreikis ir sukurtas įgyvendinimo Lietuvos automobilių kelių tinklui modelis. Taip pat parinktos preliminarios sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemų įrengimo vietos. Darbo pabaigoje pateikiamos bendrosios išvados ir rekomendacijos.

Darbą sudaro: įvadas, 4 skyriai, išvados ir rekomendacijos, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 79 p. teksto be priedų, 34 iliustr., 8 lent., 34 bibliografiniai šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai

sunkusis transportas, transporto eismo stebėjimas, pažeidimų kontrolė, svėrimas judesyje, įrengimo vietos, įgyvendinimo modelis

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Environmental Engineering
Department of Roads

ISBN ISSN
Copies No. .....
Date .....-.....-.....

Master Degree Studies **Civil Engineering** study programme Final work

Title **Heavy Vehicles Weighing and Traffic Control System for Lithuanian Road Network**

Author **Tadas Andriejauskas**

Academic supervisor **Assoc Prof Dr Audrius Vaitkus**

Thesis language: Lithuanian

Annotation

Master thesis it is a study of a heavy vehicle overweight problem in Lithuanian road network. It is analyzed what is an influence on road safety, damage to the roads and economical aspect. It is reviewed what heavy vehicle weighing and traffic control systems are used in Lithuania and in other countries. In the master thesis prepared system's theoretical model it is defined theoretical principles and site selection criteria. According to the theoretical model it is evaluated the optimal need of heavy vehicle weighing and traffic control system and prepared implementation model for Lithuanian road network. Also in the master thesis it is selected preliminary sites for these systems to implement. At the end of the thesis it is written conclusions and suggestions.

Structure: introduction, 4 chapters, conclusions and suggestions, references.

Thesis consist of: 79 p. text without appendixes, 34 pictures, 8 tables, 34 bibliographical entries.

Appendixes included.

Keywords

heavy vehicles, traffic monitoring, enforcement, weigh-in-motion, site selection, implementation model

Vilniaus Gedimino technikos universiteto egzaminų, sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei gynimo organizavimo tvarkos aprašo 2011-2012 m. m.

1 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Tadas Andriejauskas, 20063755

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Aplinkos inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Civilinė inžinerija, Kmf-10/1

(Studijų programa, akademinė grupė)

BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO) SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

2012 m. gegužės 28 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistema Lietuvos automobilių kelių tinklui" patvirtintas 2010 m. lapkričio 3 d. dekano potvarkiu Nr. 390ap, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Mano darbo vadovas doc. dr. Audrius Vaitkus.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).

(Parašas)

Tadas Andriejauskas

(Vardas ir pavardė)

(the document of Declaration of Authorship in the Final Degree Paper)

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Tadas Andriejauskas, 20063755

(Student's given name, family name, certificate number)

Faculty of Environmental Engineering

(Faculty)

Civil Engineering, Kmf-10/1

(Study programme, academic group no.)

DECLARATION OF AUTHORSHIP IN THE FINAL DEGREE PAPER

May 28, 2012

I declare that my Final Degree Paper entitled „Heavy Vehicles Weighing and Traffic Control System for Lithuanian Road Network" is entirely my own work. The title was confirmed on November 3, 2010 by Faculty Dean's order No. 390ap. I have clearly signalled the presence of quoted or paraphrased material and referenced all sources.

The academic supervisor of my Final Degree Paper is Assoc Prof Dr Audrius Vaitkus.

No contribution of any other person was obtained, nor did I buy my Final Degree Paper.

(Signature)

Tadas Andriejauskas

(Given name, family name)

TURINYS

UŽDUOTIS ... 3
ANOTACIJA ... 4
ANNOTATION ... 5
BAIGIAMOJO DARBO SĄŽININGUMO DEKLARACIJA ... 6
DECLARATION OF AUTHORSHIP IN THE FINAL DEGREE PROJECT ... 7
LENTELIŲ SĄRAŠAS ... 10
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS ... 11
PAGRINDINĖS SĄVOKOS IR SANTRUMPOS ... 13
ĮVADAS ... 14
1. TRANSPORTO SRAUTAI IR JŲ ĮTAKA SUSISIEKIMO KOMUNIKACIJOMS ... 15
1.1. Automobilių kelių transporto srautų analizė ... 15
1.2. Sunkiojo transporto poveikis susisiekimo komunikacijoms ... 22
1.3. Priemonių, taikomų eismo srautų valdymui, apžvalga ... 33
1.4. Darbo tikslas ir uždaviniai ... 37
2. SUNKIOJO TRANSPORTO SVĖRIMO IR TRANSPORTO EISMO STEBĖJIMO SISTEMOS ... 38
2.1. Sunkiojo transporto svėrimo sistemos ... 38
2.2. Transporto eismo stebėjimo sistemos ... 49
2.3. Lietuvoje naudojamų priemonių sunkiojo transporto svėrimui ir kontrolei apžvalga ... 55
2.4. Lietuvoje naudojamų priemonių transporto eismo stebėjimui ir kontrolei apžvalga ... 60
2.5. Antrojo skyriaus išvados ... 62
3. SUNKIOJO TRANSPORTO SVĖRIMO IR TRANSPORTO EISMO STEBĖJIMO SISTEMOS TEORINIS MODELIS LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ TINKLUI ... 63
3.1. Sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo modelio teoriniai principai ... 63
3.2. Sunkiojo transporto svėrimo įrenginių vietų parinkimo kriterijai ... 64
3.3. Transporto eismo stebėjimo įrenginių vietų parinkimo kriterijai ... 68
3.4. Trečiojo skyriaus išvados ... 69
4. SUNKIOJO TRANSPORTO SVĖRIMO IR TRANSPORTO EISMO STEBĖJIMO SISTEMOS ĮGYVENDINIMO LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ TINKLUI MODELIS ... 71
4.1. Sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemos įgyvendinimo I etapas ... 73
4.2. Sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemos įgyvendinimo II etapas ... 73

4.3. Sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemos įgyvendinimo IA etapas 73
4.4. Ketvirtojo skyriaus išvados 74
BENDROSIOS IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS 75
LITERATŪROS SĄRAŠAS 77
PRIEDAI 79

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. 2011 m. kiekvienos transporto priemonių klasės VMPEI kelių grupėse 18
1.2 lentelė. VMPEI pokyčiai transporto srauto grupėse 2011 m./2010 m. 19
1.3 lentelė. Autobusų svorio charakteristikos 28
1.4 lentelė. Eismo įvykiuose, kuriuose dalyvavo sunkusis transportas, nukentėjusiųjų pasiskirstymas 2003–2010 m. 29
1.5 lentelė. Eismo įvykių dėl sunkiojo transporto kaltės pasiskirstymas pagal metus Lietuvos keliuose 2003-2010 m. 31
1.6 lentelė. Eismo įvykių dėl sunkiojo transporto kaltės pasiskirstymas pagal tipus valstybinės reikšmės ir savivaldybių keliuose 2003–2010 m. 32
2.1 lentelė. Transporto priemonių svėrimo judesyje sistemų apkrovos jutiklių privalumai ir trūkumai 49
4.1 lentelė. STSĮ ir ESĮ preliminarios įrengimo vietos ruožo parametrai 72

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Lietuvą kertantys E kategorijos keliai 16
1.2 pav. Lietuvą kertančios tarptautinių Europos transporto koridorių trasos..... 17
1.3 pav. Automobilių kelių tinklo tankumas Europos šalyse 2008 m. 18
1.4 pav. VMPEI pokytis Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose nuo 2000 m..... 19
1.5 pav. VMPEI pokytis Lietuvos valstybinės reikšmės magistraliniuose keliuose nuo 2000 m. 20
1.6 pav. VMPEI pokytis Lietuvos valstybinės reikšmės krašto keliuose nuo 2000 m. 20
1.7 pav. VMPEI pokytis Lietuvos valstybinės reikšmės rajoniniuose keliuose nuo 2000 m. 21
1.8 pav. Perkrautų sunkiojo transporto priemonių skaičiaus pokytis 22
1.9 pav. Kelio dangos ardymo koeficiento kitimo priklausomybė nuo apkrovos 24
1.10 pav. ESA magistraliniuose keliuose 25
1.11 pav. ESA krašto keliuose..... 25
1.12 pav. ESA rajoniniuose keliuose..... 26
1.13 pav. Viršsvorio įtaka dangos tarnavimo laikotarpiui..... 27
1.14 pav. I-ojo autobuso stabdymo kelias 28
1.15 pav. II-ojo autobuso stabdymo kelias 28
1.16 pav. Eismo įvykiai, kuriuose dalyvavo sunkusis transportas 2003–2010 m. 30
1.17 pav. Žuvusiųjų pasiskirstymas įvykiuose, kuriuose dalyvavo sunkusis transportas 2003–2010 m..... 30
1.18 pav. Sužeistųjų pasiskirstymas įvykiuose, kuriuose dalyvavo sunkusis transportas 2003–2010 m..... 31
1.19 pav. Eismo įvykių dėl sunkiojo transporto kaltės pasiskirstymas pagal tipus valstybinės reikšmės ir savivaldybių keliuose 2003–2010 m. 32
1.20 pav. Vairuotojų informavimo švieslentė 35
1.21 pav. Eismo valdymo centras Vilniuje..... 36
2.1 pav. Ratų svarstyklės, naudojamos statiniam svėrimui 40
2.2 pav. Svėrimas judesyje esant mažam greičiui 40
2.3 pav. Preliminaraus svėrimo schema 41
2.4 pav. Automatizuota HS–WIM sistema su baudimo galimybe 42
2.5 pav. Informacija apie leistinąsias apkrovas viršijusią transporto priemonę 43
2.6 pav. MS–WIM sistema A31 greitkelyje (Prancūzija) 44
2.7 pav. Svėrimo judesyje ant tiltų svorio matavimo jutikliai..... 45
2.8 pav. Pjezoelektrinis apkrovos jutiklis..... 46
2.9 pav. Kvarcinis apkrovos jutiklis 47

2.10 pav. Lenkiama plokštė 47
2.11 pav. Svėrimo celės 48
3.1 pav. Principinė STSĮ ir ESĮ veikimo schema 69
4.1 pav. Vietovės vaizdas kelyje A13 Klaipėda – Liepoja 16,96 km (pirmyn ir atgal) 72

PAGRINDINĖS SĄVOKOS IR SANTRUMPOS

VMPEI – vidutinis metinis paros eismo intensyvumas.

ITS – intelektualios (pažangios) transporto sistemos.

STSĮ – sunkiojo transporto svėrimo įrenginiai, leidžiantys tiksliai pasverti transporto priemones judesyje (jų nestabdant) su vaizdo analizės ir valstybinių numerių atpažinimo technologijomis, bei statistinės informacijos apie eismo intensyvumą, transporto eismo sudėtį ir važiuojančio transporto svorį rinkimu.

STSĮ ruožas – sunkiojo transporto svėrimo įrenginio efektyvumo zona, atitinkanti tam tikrus kriterijus, užtikrinančius reikalingą svėrimo tikslumą.

ESĮ – eismo stebėjimo įrenginiai, skirti bendrajam eismo stebėjimui, Kelių eismo taisyklių pažeidimų (transporto priemonės naudojimas be techninės apžiūros ar be privalomojo civilinės atsakomybės draudimo) nustatymui, transporto priemonių paieškai su vaizdo kameromis, vaizdo analize ir valstybinių numerių atpažinimo technologijomis.

LAKD – Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos.

VKTI – Valstybinė kelių transporto inspekcija prie Susisiekimo ministerijos.

PKPD – Pasienio kontrolės punktų direkcija prie Susisiekimo ministerijos.

PKP – pasienio kontrolės punktai.

LAKIS – Lietuvos automobilių kelių informacinė sistema.

KET – kelių eismo taisyklės.

WIM (angl. weigh-in-motion) – transporto priemonių svėrimas judesyje (jų nestabdant).

LS-WIM (angl. low speed weigh-in-motion) – transporto priemonių svėrimas judesyje esant mažam greičiui.

HS-WIM (angl. high speed weigh-in-motion) – transporto priemonių svėrimas judesyje esant dideliam greičiui.

MS-WIM (angl. multiple sensors weigh-in-motion) – transporto priemonių svėrimas judesyje daugialypiais jutikliais.

B-WIM (angl. bridge weigh-in-motion) – transporto priemonių svėrimas judesyje ant tiltų.

ĮVADAS

Kaip ir visame pasaulyje, taip ir Lietuvoje labai aktuali transporto sektoriaus problema yra sunkiojo transporto viršsvoris. Valstybinės kelių transporto inspekcijos prie Susisiekimo ministerijos (toliau – VKTI) duomenimis Lietuvoje apie 15 % sunkiojo transporto priemonių yra perkrautos. Preliminariu vertinimu perkrautų transporto priemonių žala keliams per metus gali būti apie 180 mln. Lt (UAB „PI konsultacijos“...2011). Siekiant apsaugoti kelius, Lietuvoje yra nustatyti ašinės apkrovos apribojimai. Norint, kad apribojimų būtų laikomasi, reikia kontroliuoti transporto priemonių ašines apkrovas. Viena iš kontrolės priemonių yra sunkiojo transporto svėrimas judesyje (toliau – WIM).

Šiame darbe analizuojamas sunkiojo transporto poveikis susisiekimo komunikacijoms – kaip sunkusis transportas veikia kelią, koks sunkiųjų transporto priemonių poveikis avaringumui keliuose ir kokią žalą perkrautos transporto priemonės daro Lietuvos ekonomikai.

Darbe apžvelgiamos sunkiojo transporto svėrimo (toliau – STSĮ) ir transporto eismo stebėjimo (toliau – ESĮ) sistemų pasaulinė ir Lietuvos patirtys, analizuojamos įvairių sistemų galimybės, privalumai ir trūkumai.

Remiantis pasauline patirtimi ir sistemų galimybėmis, darbe parengiamas sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemos teorinis modelis Lietuvos automobilių kelių tinklui. Šio modelio pagrindiniai principai yra viršsvorio kontrolės didinimas, eismo saugumo gerinimas, transporto priemonių identifikavimas ir kontrolė. Taip pat nustatomi įrengimo vietų parinkimo kriterijai, kurie yra nukreipti į automatizuotą sunkiojo transporto svorio kontrolę bei transporto priemonių identifikavimą. Pagal teorinio modelio principus, darbe kuriamas optimalus šios sistemos įgyvendinimo Lietuvos automobilių kelių tinklui modelis, tuo pačiu parenkant preliminarias įrengimo vietas Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose, taip sukuriant efektyvią ir patogią sistemą, leidžiančią identifikuoti transporto priemones, kurių vairuotojai pažeidžia Kelių eismo taisykles (toliau – KET), dėl perkrovos gadina kelio dangos konstrukciją ir kelia grėsmę saugiam transporto eismui, tuo pačiu renkančią transporto eismo statistinę informaciją.

Darbo pabaigoje pateikiamos išvados ir rekomendacijos.

1. TRANSPORTO SRAUTAI IR JŲ ĮTAKA SUSISIEKIMO KOMUNIKACIJOMS

1.1. Automobilių kelių transporto srautų analizė

Automobilių keliai yra viena sudėtingos transporto sistemos, prioritetiškai vystomos ūkio šakos, dalis. Valstybės, ūkininkaujančios rinkos pagrindais, vystydamos transporto potencialą, pirmiausia skiria daug dėmesio plėtoti susisiekimo kelius ir gerinti jų techninį lygį. Išskirtinė automobilių kelių reikšmė transporto sistemoje siejama su išaugusiu individualių automobilių ir krovininio transporto vaidmeniu, su automobilių kelių tinklo universalumu. Automobilių keliai suteikia galimybę daugelio rūšių krovinius pristatyti „nuo durų iki durų“. Tam naudojami įvairiausių tipų automobiliai laiduoja transportinio aptarnavimo proceso lankstumą ir efektyvumą. Vienas iš pagrindinių valstybės infrastruktūros elementų – gerai išvystytas automobilių kelių tinklas. Šiuolaikiniai automobilių keliai – labai sudėtingi inžineriniai statiniai. Jie sudaro palankias sąlygas intensyviam automobilių eismui.

Atsižvelgiant į transporto priemonių eismo pralaidumą, socialinę ir ekonominę reikšmę, keliai Lietuvoje skirstomi į valstybinės ir vietinės reikšmės kelius. Valstybinės reikšmės keliai skirstomi į (KTR 1.01:2008):

- *Magistralinius kelius.* Jie skirti užtikrinti patogų susisiekimą tarp pagrindinių šalies miestų. Taip pat magistraliniai keliai skirti ir tranzitiniam eismui;
- *Krašto kelius*. Tai keliai, jungiantys magistralinius kelius, Lietuvos Respublikos teritorijos administracinių vienetų centrus arba besijungiantys vienas su kitu;
- *Rajoninius kelius.* Tai keliai, jungiantys stambesnes kaimo gyvenamąsias vietoves ir magistralinius bei krašto kelius ir leidžiantys privažiuoti prie ūkinių ar kitos paskirties objektų.

Šie keliai išimtine nuosavybės teise priklauso valstybei ir juos turto patikėjimo teise įstatymų ir kitų teisės aktų nustatyta tvarka naudoja bei jais disponuoja Susisiekimo ministerijos įsteigtos regioninės kelius prižiūrinčios valstybės įmonės VĮ „ ..... regiono keliai“ ir VĮ „Automagistralė“. Vietinės reikšmės keliai skirstomi į viešuosius ir vidaus kelius. Viešieji vietinės reikšmės keliai (ir gatvės) nuosavybės teise priklauso savivaldybėms, o vidaus keliai – valstybei, savivaldybėms, kitiems juridiniams ir (ar) fiziniams asmenims.

Šiuo metu bendras Lietuvos kelių ilgis yra 80,7 tūkst. km. Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos duomenimis 2010 metais bendras valstybinės reikšmės kelių ilgis – 21268,4 km. Iš jų magistralinių kelių – 1738,5 km, krašto kelių – 4939,3 km, rajoninių kelių – 14590,6 km.

Lietuvą kerta 6 europinės, E numerius turinčios, magistralės (viso sudaro 1506,5 km) (1.1 pav.) (Lietuvos...2012):

- E 28 Berlynas – Gdanskas – Karaliaučius – Kybartai – Marijampolė – Vilnius – Minskas – Gomelis;
- E 67 „Via Baltica“ Helsinkis – Talinas – Ryga – Pasvalys – Panevėžys – Kaunas – Marijampolė – Varšuva – Vroclavas – Praha;
- E 77 Pskovas – Ryga – Joniškis – Šiauliai – Tauragė – Karaliaučius – Gdanskas – Varšuva – Krokuva – Budapeštas;
- E 85 Klaipėda – Kaunas – Vilnius – Lyda – Černovcai – Bukareštas – Aleksandropolis;
- E 262 Ostrovas – Daugpilis – Zarasai – Ukmergė – Kaunas;
- E 272 Klaipėda – Palanga – Šiauliai – Panevėžys – Ukmergė – Vilnius.

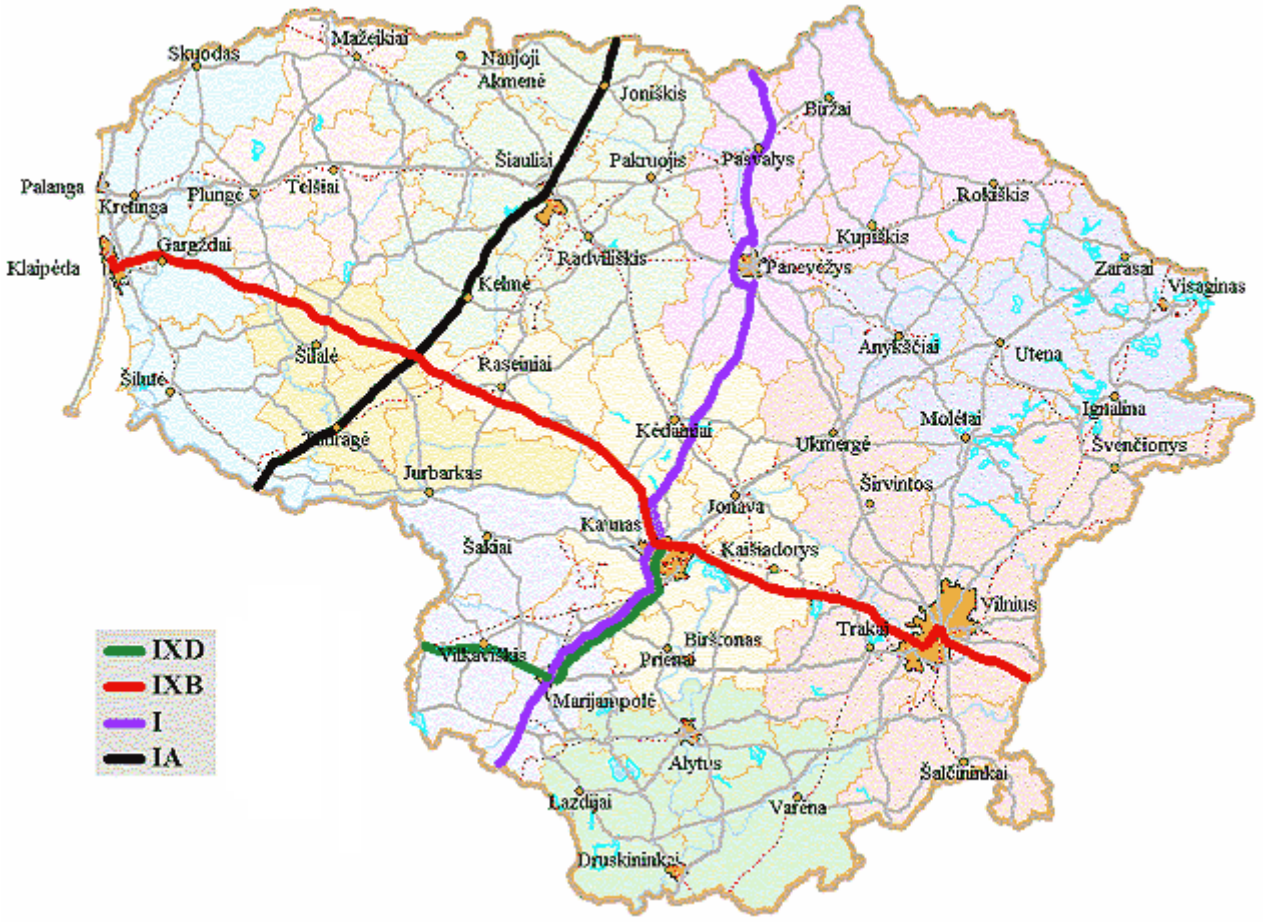


1.1 pav. Lietuvą kertantys E kategorijos keliai

Lietuva aktyviai dalyvauja Europos Komisijos iniciatyva sukurtos Transporto darbo grupės veikloje. Pasirinkta transporto sistemos infrastruktūros plėtros kryptis – egzistuojančių kelių, kuriais vyksta tarptautiniai vežimai, pertvarkymas pagal tarptautinių transporto koridorių plėtros principus. Su kitų valstybių atstovais aptarus tokių koridorių per Lietuvos teritoriją kryptis, joms buvo pritarta

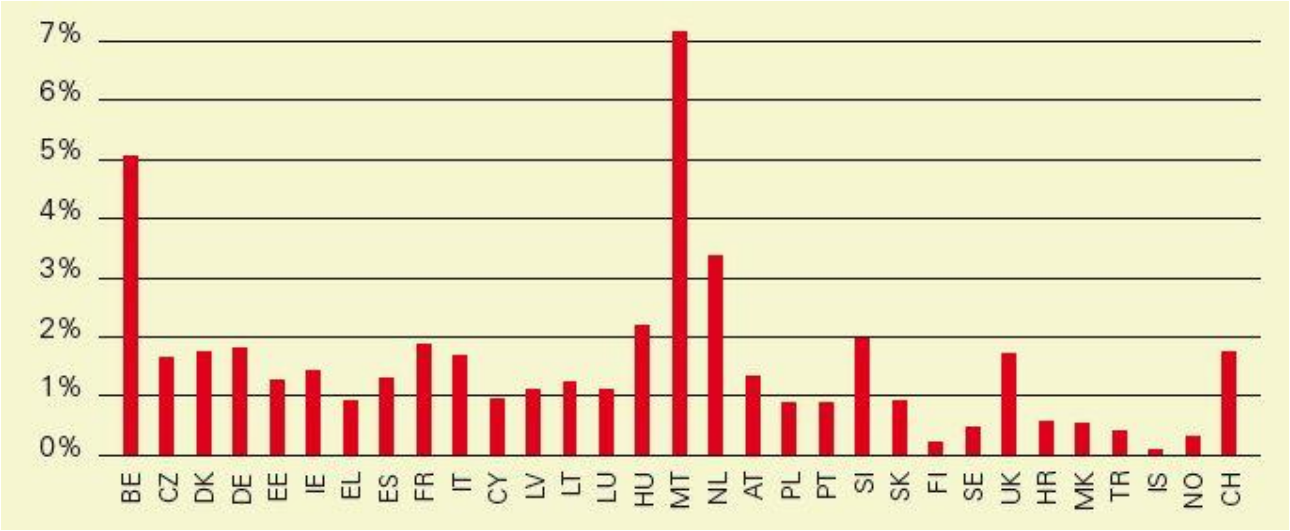
Europos transporto ministrų konferencijose 1994 m. ir 1997 m. Jų priimtuose dokumentuose ir Tarpusavio supratimo memorandumuose užfiksuota, kad per Lietuvą eina dviejų tarptautinių Europos transporto koridorių (TEN-T) trasos (1.2 pav.) (Lietuvos...2012):

- Šiaurės–Pietų kryptimi: I koridorius – greitkelis „Via Baltica“, jungiantis Taliną, Rygą, Saločius, Panevėžį, Kauną, Kalvariją, Varšuvą, ir jo IA šaka (Talinas – Ryga – Šiauliai – Tauragė – Kaliningradas);
- Rytų–Vakarų kryptimi: IX koridoriaus IXB šaka (Kijevas – Minskas – Vilnius – Klaipėda) ir IXD šaka (Kaunas – Kaliningradas).



1.2 pav. Lietuvą kertančios tarptautinių Europos transporto koridorių trasos

Valstybinės reikšmės automobilių kelių tinklo tankis, 2010 m. pradžios duomenimis, 1000 km^2 sudarė 326 km. O 1000 gyventojų tenka 6,39 km kelių. Lietuvoje keliai užima apie 1,23 % šalies teritorijos (šalies kelių ilgio ir šalies teritorijos ploto santykis). Lyginant su kitomis Europos šalimis automobilių kelių tinklo tankumas šalyse vyrauja nuo 0,1 iki 7,2 % užimamos šalies teritorijos. Tankiausiai keliais apstatytos šalys yra Malta, Belgija ir Nyderlandai, rečiausiai – Islandija, Suomija ir Norvegija. Automobilių kelių tinklo tankis Europos šalyse pateiktas 1.3 pav. (European...2011)



1.3 pav. Automobilių kelių tinklo tankumas Europos šalyse 2008 m.

Lietuvos 2011 metų vidutinio metinio paros eismo intensyvumas (toliau – VMPEI) ir transporto srauto sudėtys atskirų kelių grupėse pateikti 1.1 lentelėje. Magistraliniuose keliuose lengvasis transportas sudarė 81,40 % bendrojo transporto priemonių srauto, sunkusis transportas – 18,6 %. Krašto keliuose lengvasis transportas sudarė 88,43 % bendrojo transporto priemonių srauto, sunkusis transportas – 11,57 %. Rajoniniuose keliuose lengvasis transportas sudarė 89,3 %, sunkusis – 10,7 % bendrojo transporto priemonių srauto (VĮ Transporto...2012). Intensyviausi šalies kelių ruožai pavaizduoti eismo intensyvumų žemėlapyje 2 priede.

1.1 lentelė. 2011 m. kiekvienos transporto priemonių klasės VMPEI kelių grupėse

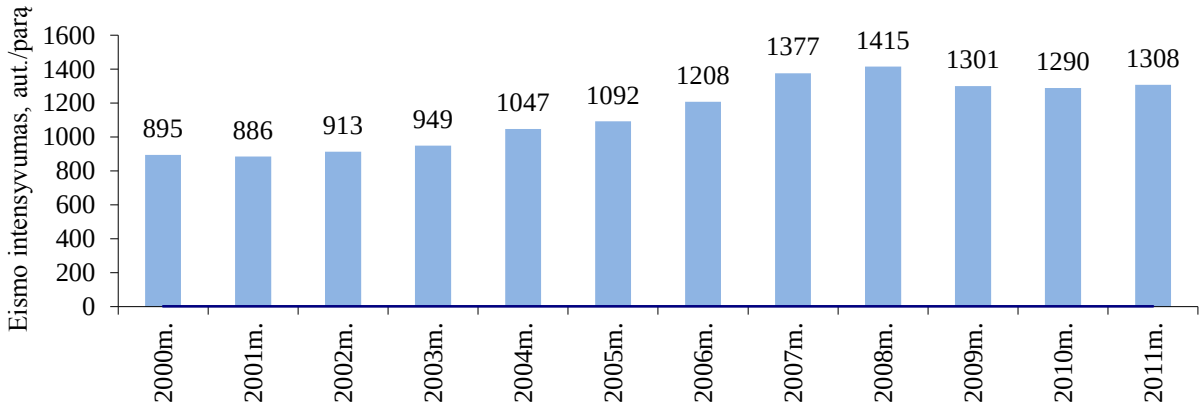
Kelių grupės	VMPEI, aut./p.													
	BENDRAS	MOTOC	LA	MINIAUT	BUS	LS	VS1	VS2	3AŠ	4AŠ	5AŠ	TRA	**Lengvasis** (MOTOC, LA,MINIAUT,LS)	**Sunkusis** (likusieji)
Magistraliniai keliai	**7496**	11	5486	265	66	340	84	182	69	133	844	16	**6102**	**1394**
Krašto keliai	**1944**	0	1565	60	18	94	23	46	19	18	88	13	**1719**	**225**
Rajoniniai keliai	**355**	2	284	16	4	15	6	8	6	4	7	3	**317**	**38**
Visi keliai	**1308**	2	1008	46	12	60	17	31	14	18	94	6	**1116**	**192**

Lyginant 2010 ir 2011 metus, bendras transporto srautas išaugo 1,40 %. Sparčiausiai augo sunkiojo transporto ir autotraukinių, kurių krovumas > 12 t, srautai. Pagal kelių grupes transporto srautai labiausiai augo magistraliniuose keliuose. Tikslesnis VMPEI pokytis transporto srauto grupėse, pateiktas 1.2 lentelėje.

1.2 lentelė. VMPEI pokyčiai transporto srauto grupėse 2011 m./2010 m.

Kelių grupės	VMPEI pokytis 2011 m./2010 m.			
	Bendrojo transporto srauto	Lengvojo transporto	Sunkiojo transporto	Autotraukinių (krovumas > 12t)
Magistraliniai keliai	3,14 %	1,60 %	10,46 %	13,74 %
Krašto keliai	0,73 %	-0,29 %	9,22 %	10,42 %
Rajoniniai keliai	-1,11 %	-1,25 %	0,00 %	0,00 %
Visi keliai	1,40 %	0,27 %	8,47 %	10,89 %

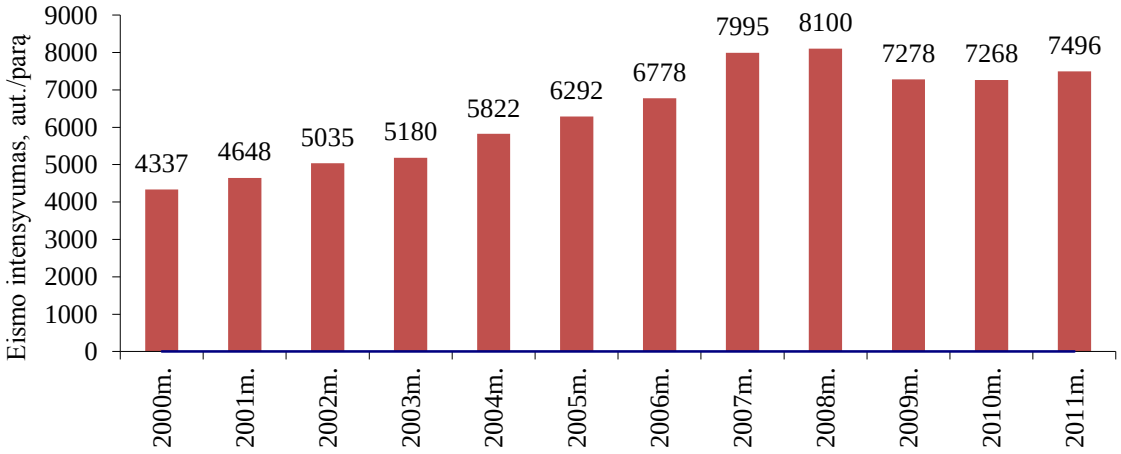
1.4 pav. pateiktas bendras eismo intensyvumo kitimas Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose nuo 2000-jų metų. Iš paveikslo galima matyti, kad eismo intensyvumas augo tendencingai. Ekonominė padėtis šalyje taip pat turėjo įtakos intensyvumo pokyčiams. Lyginant 2000 ir 2011 metus, VMPEI valstybinės reikšmės keliuose išaugo 46 %.



1.4 pav. VMPEI pokytis Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose nuo 2000 m.

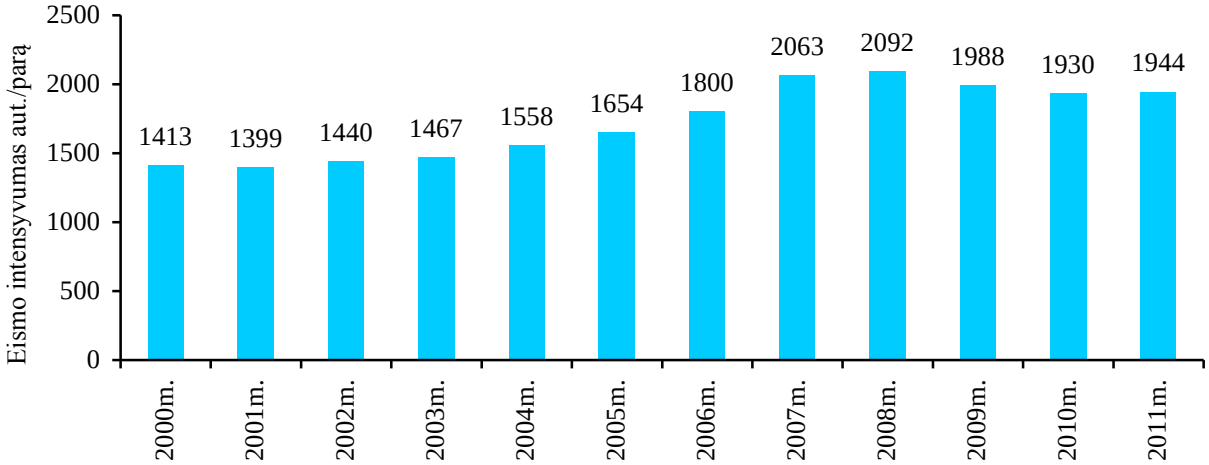
Daugumoje magistralinių kelių ruožų (ruožų ilgių suma – 657,12 km) VMPEI buvo nuo 4000 iki 8000 aut./p. Šių ruožų suminis ilgis sudarė 37,7 % viso magistralinių kelių ilgio. Kelių ruožų, kuriuose VMPEI nuo 16000 aut./p. iki 32000 aut./p., suminis ilgis buvo 132,88 km. Tai sudarė 7,6 % viso magistralinių kelių ilgio. Kelių ruožų, kuriuose VMPEI didesnis kaip 32000 aut./p., suminis ilgis buvo 22,13 km. Tai sudarė 1,3 % viso magistralinių kelių ilgio.

1.5 pav. pavaizduotas VMPEI kitimas nuo 2000-ųjų metų magistraliniuose keliuose. Iš grafiko matyti, kad 2000–2008 m. eismo intensyvumas augo, o 2009–2010 m. eismo intensyvumas mažėjo. 2011 m. eismo intensyvumas padidėjo ir , lyginant su 2000 m., jis išaugo 73,28 %.



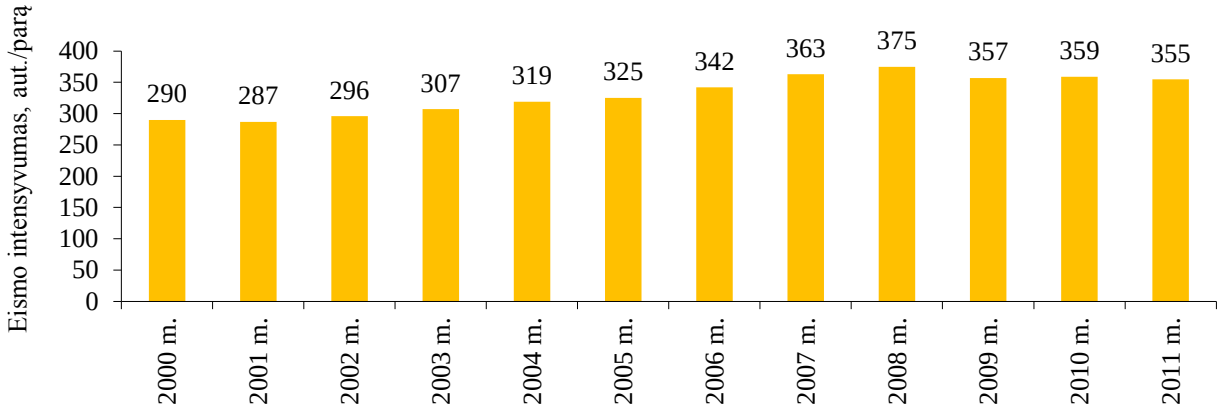
1.5 pav. VMPEI pokytis Lietuvos valstybinės reikšmės magistraliniuose keliuose nuo 2000 m.

1.6 pav. pavaizduotas VMPEI kitimas krašto keliuose nuo 2000-ųjų metų. Iš grafiko matyti, kad eismo intensyvumas 2001 m. buvo sumažėjęs. Nuo 2002 metų eismo intensyvumas augo. Nuo 2009 m. eismo intensyvumas mažėjo. 2011 m. eismo intensyvumas paaugo ir, lyginant su 2000 m., išaugo 37,58%.



1.6 pav. VMPEI pokytis Lietuvos valstybinės reikšmės krašto keliuose nuo 2000 m.

1.7 pav. pavaizduotas VMPEI kitimas rajoniniuose keliuose nuo 2000-ųjų metų. Iš grafiko matyti, kad eismo intensyvumas 2001 m. buvo sumažėjęs. Nuo 2002 metų eismo intensyvumas augo. 2009 m. eismo intensyvumas sumažėjo, 2010 m. paaugo, o 2011 m. vėl sumažėjo. Lyginant su 2000 m., VMPEI išaugo 22,41 % (VĮ Transporto...2012).



1.7 pav. VMPEI pokytis Lietuvos valstybinės reikšmės rajoniniuose keliuose nuo 2000 m.

Per 2000–2011 metų laikotarpį buvo pastebimas spartus valstybės sieną kirtusių transporto priemonių, ypač sunkiojo transporto, skaičiaus didėjimas. Ypač padidėjo Lietuvai įstojus į Europos Sąjungą, dėl to neišvengiamai padidėjo ir ratų perduodama apkrova į dangos konstrukciją, o tai reiškia, kad neigiamas poveikis kelio dangai padidėjo keletą kartų.

Didžiausias sunkiojo transporto priemonių eismas yra keliuose A5 Kaunas–Marijampolė–Suvalkai, A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda, A8 Panevėžys–Aristava–Sitkūnai, A10 Panevėžys–Pasvalys–Ryga, A17 Panevėžio aplinkkelis, A2 Vilnius–Panevėžys. Šalies kelių ruožai, kuriuose didžiausi sunkiojo transporto srautai, pavaizduoti sunkiojo transporto eismo intensyvumų žemėlapyje 1 priede.

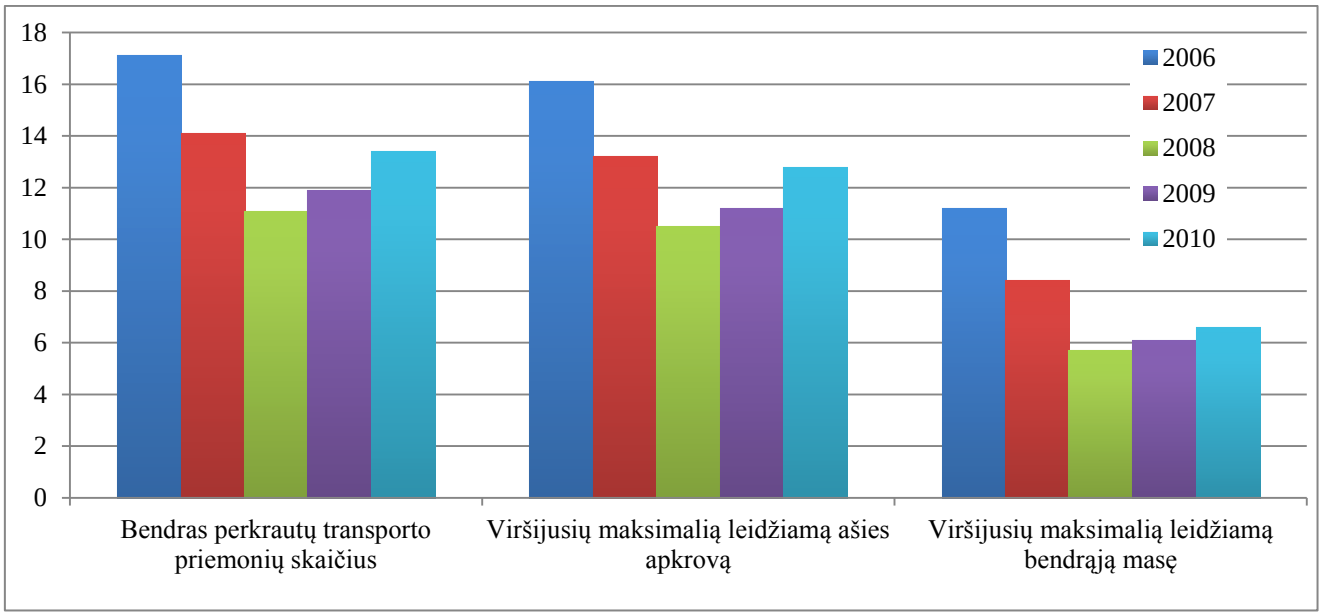
Dėl efektyvios kontrolės nebuvimo sunkiasvoriai automobiliai dažnai būna perkraunami, o ašinė apkrova viršijama. Perkrautų transporto priemonių skaičiui nustatyti ir poveikio kelio dangai įvertinti keliuose A1 Vilnius – Klaipėda 111,36 km , A6 Kaunas – Zarasai – Daugpilis 137,04 km ir 131 Alytus – Simnas – Kalvarija 14,15 km yra įrengti važiuojančių transporto priemonių svėrimo postai su pjezoelektriniais jutikliais.

Pagal svėrimo postų duomenis, nustatomas transporto priemonių, viršijusių maksimalią leidžiamą bendrąją masę bei maksimalią leidžiamą ašies apkrovą, skaičius. Transporto priemonių, viršijusių maksimalią leidžiamą bendrąją masę bei maksimalią leidžiamą ašies apkrovą, skaičius nustatytas remiantis 2002 m. vasario 18 d. Lietuvos Respublikos Susisiekimo ministro įsakymu Nr. 3-66 „Dėl maksimalių leidžiamų transporto priemonių matmenų, leidžiamų ašies (ašių) apkrovų, leidžiamos bendrosios masės patvirtinimo“ (Lietuvos...2002). VĮ „Transporto ir kelių tyrimo instituto“ duomenimis 2010 m. sausio – gruodžio mėn. kelio A1 Vilnius – Klaipėda 111,36 km transporto priemonių svėrimo posto rezultatai parodo, kad:

- per 2010 m. sausio–gruodžio mėn. svėrimo poste buvo pasverta 8421144 automobilių, iš kurių sunkiojo transporto – 1579010;

- bendras perkrautų transporto priemonių skaičius sudarė 13,4 % (211092 aut.) nuo viso sunkiojo transporto;
- sunkiasvorių automobilių, viršijusių maksimalią leidžiamą bendrąją masę, skaičius sudarė 6,6 % (104312 aut.) nuo visų sunkiasvorių automobilių;
- sunkiasvorių automobilių, viršijusių maksimalią leidžiamą ašies apkrovą, skaičius sudarė 12,8 % (202861 aut.) nuo visų sunkiasvorių automobilių;
- pagal automobilių klases, maksimalią leistiną ašies apkrovą daugiausiai viršijo dviašiai vilkikai su triašėmis puspriekabėmis (78,8 % nuo bendro perkrautų transporto priemonių skaičiaus).

Toliau pateiktas perkrautų transporto priemonių skaičius 2006–2010 m. (1.8 pav.). Kaip matyti iš šio paveikslo, daugiausiai perkrautų transporto priemonių važiavo 2006 m. Mažiausiai perkrautų transporto priemonių važiavo 2008 m, tačiau šis skaičius vėl pradėjo augti.



1.8 pav. Perkrautų sunkiojo transporto priemonių skaičiaus pokytis

1.2. Sunkiojo transporto poveikis susisiekimo komunikacijoms

Transporto priemonių eismas, o ypač sunkiasvorių, daro žalingą poveikį tiltų ir kelių konstrukcijoms. Nuo važiuojančių keliu transporto priemonių skaičiaus ir jų ašinių apkrovų dydžio bei transporto priemonių bendrosios masės priklauso dangos būklė ir ilgaamžiškumas. Didesnės ašinės apkrovos sparčiau blogina dangos būklę – atsiranda plyšiai, duobės, provėžos, sparčiau vyksta asfalto dangos erozija. Ypač pavojingos ašinės apkrovos viršijančios leistinas projektines ašines apkrovas.

Pagrindiniai veiksniai, darantys įtaką kelio dangos deformacijai (Šiaudinis ir Čygas 2007):

- vis didėjantis sunkiojo transporto eismo intensyvumas;

- padidėjusios transporto priemonių ašių apkrovos, kurios dažnai viršija leistinąsias apkrovas, anksčiau taikytos projektuojant kelius;
- perkrautos transporto priemonės, viršijančios leistinąsias apkrovas.

Kelio danga yra veikiama daugkartinių trumpalaikių ir kartais ilgalaikių apkrovų, perduodamų automobilių ratais į dangą. Šios apkrovos atskiruose dangos sluoksniuose sukelia įtempius, ir danga deformuojasi.

Transporto priemonei važiuojant keliu, dangą veikia vertikaliosios ir horizontaliosios jėgos. Vertikaliosios jėgos poveikis priklauso nuo transporto priemonės svorio, o horizontaliosios arba tangentinės, veikiančios išilgai arba skersai važiavimo krypčiai, nuo važiavimo greičio, pagreičio, padangų sukibimo su kelio danga, kelio nuolaidumo ir stabdymo būdo. Horizontalieji įtempiai atskirais atvejais gali pasiekti vertikaliųjų įtempių reikšmes. Dangos paviršiuje pasitaiko nelygumų, todėl per juos važiuojant pastebimi ratų bei kėbulo svyravimai ir vertikaliųjų bei horizontaliųjų jėgų poveikis keičiasi. Kai danga nelygi, pašokus ratui slėgis į dangą labai sumažėja ar net išnyksta, ratui, krintant (dinamiškai smogiant), slėgis gali padidėti iki kelių ir daugiau kartų.

Esant lygiam paviršiui, transporto priemonių ratų poveikį kelio dangai galima apibūdinti kaip trumpalaikę statinę apkrovą. Jos poveikio į kelio dangą laikas yra 0,01–0,5 s priklausomai nuo transporto priemonės važiavimo greičio (Bertulienė 2011).

Apkrovos ir įtempiai, atsirandantys kelio dangos konstrukcijose, tiesiogiai priklauso nuo apkrovos į ašį, ratų skaičiaus ant ašies bei oro slėgio padangose. Norint apsaugoti kelius, Lietuvoje yra nustatyti ašinės apkrovos apribojimai. Lietuvoje maksimali leistina transporto priemonės ašies apkrova yra 10 t (varančios ašies – 11,5 t), o maksimali leistina transporto priemonės bendroji masė – 40 t. Šie apribojimai yra pateikti Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerijos 2002 m. vasario 18 d. įsakyme (Lietuvos...2002). Norint, kad apribojimų būtų laikomasi, reikia kontroliuoti transporto priemonių ašines apkrovas.

Istoriškai susiklostė, kad didžioji dalis šalies kelių buvo projektuoti 10 tonų ašinei apkrovai. Ruošiantis stojimui į ES Lietuvoje maksimali leistina ašies apkrova buvo padidinta iki 11,5 t. Tačiau iki 2007 metų tinkamai sustiprinta buvo tik 25 % šalies magistralinių ir krašto kelių. Taigi didžioji dalis šalies kelių (krašto, rajoniniai, vietiniai) yra pritaikyti mažesniam svoriui nei šiuo metu leidžia teisės aktai.

Transporto priemonių ašių poveikis kelio dangai yra vertinamas naudojant standartinių ašių ekvivalentą. Praktiškai standartine ašies apkrova laikoma 80 kN arba 100 kN (10 tonų) apkrova ir jos poveikis prilyginamas vienetui. Didėjant ašinei apkrovai, poveikis kelio dangai staigiai didėja – tarp ESA reikšmės ir ašinės apkrovos yra ketvirtojo laipsnio priklausomybė, kuri išreiškiama formule:

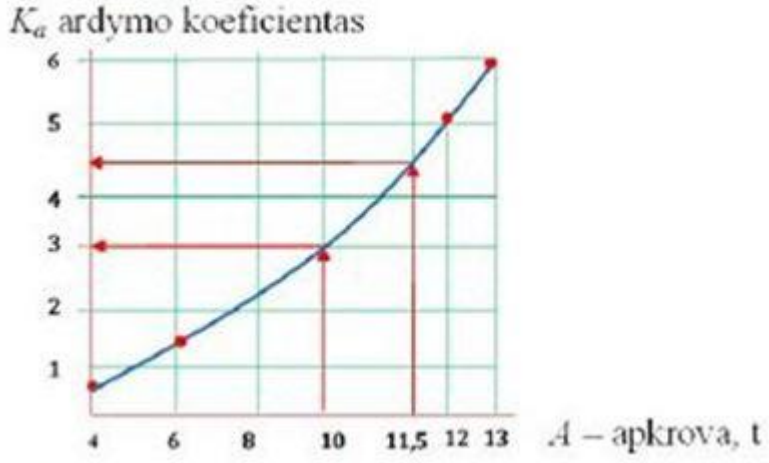
$$ESA = \sum_{n} \left(\frac{P}{100} \right)^4,$$

čia: P - ašies apkrova, kN;

n – transporto priemonės ašių skaičius.

ESA skaičiavimo formulė rodo geometrinę priklausomybę tarp transporto priemonės ašies svorio ir jos poveikio dangos nusidėvėjimui. Naudojant formulę buvo apskaičiuota, kad 1 tonos svorio ašies poveikis keliui yra 10 000 kartų mažesnis už 10 tonų ašį. Ašies svorį padidinus nuo 10 iki 12 tonų, žala keliui išauga daugiau nei dvigubai. Taigi transporto priemonių ašių svoris turi labai didelę įtaką kelių dangos būklei (UAB „PI konsultacijos“...2011).

Kelio dangos priklausomybė nuo apkrovos pateikta 1.9 pav. Kaip matyti, kuo didesnė apkrova, tuo didesnis dangos ardymo koeficientas. Kai apkrova yra 11,5 tonos į ašį, dangos ardymo koeficientas yra 4,5 (Васильев ir Сиденко 1990).

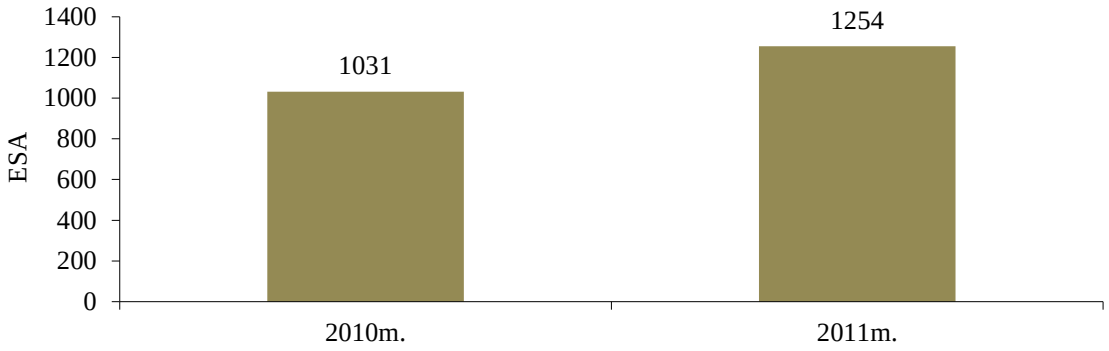


1.9 pav. Kelio dangos ardymo koeficiento kitimo priklausomybė nuo apkrovos

VĮ „Transporto ir kelių tyrimo institutas“ keliuose A1 Vilnius – Klaipėda 111,36 km , A6 Kaunas – Zarasai – Daugpilis 137,04 km ir 131 Alytus – Simnas – Kalvarija 14,15 km yra įrengęs transporto svėrimo postus, kuriuose nuolat sveriamos transporto priemonės. Pagal šių postų duomenis apskaičiuotas vidutinis kiekvienos transporto priemonės klasės ESA_{100} bei nustatytas transporto priemonių, viršijusių maksimalias leistinas apkrovas, skaičius. Kadangi ankstesniais metais apskaičiuojant ESA reikšmes kiekviename kelio ruože buvo naudojami posto kelyje A1 111,36 km duomenys, tai ir 2011 m. kituose kelio ruožuose ESA analizė ir skaičiavimai buvo atlikti pagal šio posto duomenis.

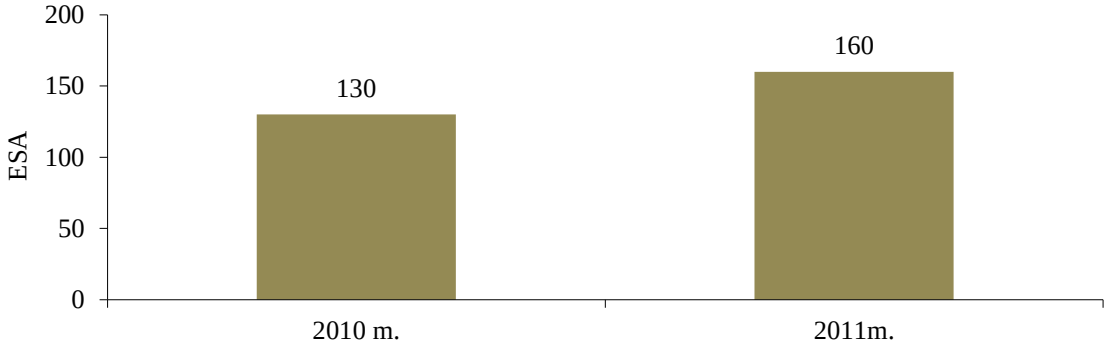
Pagal 2011 m. svėrimo posto duomenis apskaičiuotas vidutinis metinis transporto srauto poveikis dangoms ESA_{100}. Šio poveikio reikšmės magistraliniuose keliuose pateiktos 1.10 pav. Magistraliniuose keliuose paros ESA_{100}, lyginant su 2010 m., padidėjo 21,67 %. Krovininio

transporto ašių apkrovos poveikis dangai padidėjo 21,23 %. Didžiausias vidutinis metinis paros ESA_{100} = 6129 nustatytas kelio A5 ruože nuo 0,00 km iki 5,57 km.



1.10 pav. ESA magistraliniuose keliuose

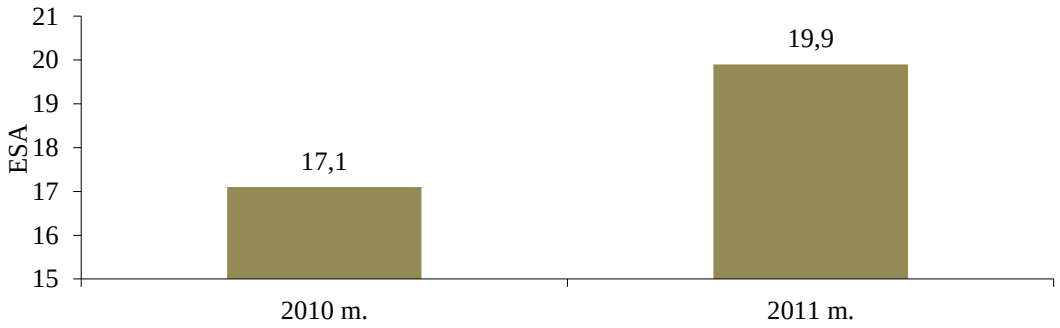
Vidutinio metinio ESA_{100} reikšmės krašto keliuose pateiktos 1.11 pav. Krašto keliuose ESA_{100}, lyginant su 2010 m., padidėjo 23,32 %. Krovininio transporto ašių apkrovos poveikis dangai padidėjo 22,53 %. Didžiausias vidutinis metinis paros ESA_{100} = 1644 nustatytas kelio Nr. 106 ruože nuo 24,36 km iki 28,58 km.



1.11 pav. ESA krašto keliuose

Pagal 2011 m. svėrimo posto duomenis apskaičiuotas kiekvienos klasės vienos transporto priemonės vidutinės ESA_{100} reikšmės. Pagal šias reikšmes nustatytos kiekvieno ruožo, bei visos rajoninių kelių grupės vidutinės metinės paros ESA_{100} reikšmės.

Vidutinis metinis paros ESA_{100} rajoniniuose keliuose buvo 19,9 (1.12 pav.). Lengvojo transporto ašių apkrovos poveikis dangai sudarė 0,7, krovininio transporto – 19,2. Rajoniniuose keliuose ESA_{100}, lyginant su 2010 m., padidėjo 16,4 % (VĮ Transporto...2012).



1.12 pav. ESA rajoniniuose keliuose

Labai didelė kelių sektoriaus problema yra automobilių viršsvoris. Didžioji dalis Lietuvos kelių projektuoti 10 tonų ašinei apkrovai, leidžiama važiuoti su 11,5 tonų ašine apkrova, o vežėjai dažnai važiuoja su priemonėmis, kurių ašinė apkrova viršija nustatytus maksimalius parametrus.

Didžiausią žalą šalies keliams padaro sunkiasvorės transporto priemonės, nes jų ašių apkrovų poveikis yra daug didesnis nei bendro eismo intensyvumo poveikis. Lengvųjų automobilių įtaka kelio dangos nusidėvėjimui yra labai nedidelė.

Sivilevičius ir Šukevičius (2007) teigia, kad daugiausia žalos keliams padaro perkrauti sunkieji sunkiasvoriai automobiliai. Nustatyta, kad dviejų ašių vidutinio sunkiasvorio automobilio ardomasis poveikis kelių dangai lygus 500 lengvųjų automobilių poveikiui, o penkių ašių – 50 tūkst. lengvųjų automobilių poveikiui. Net jeigu bendroji krovininio automobilio masė neviršija leistinųjų ribų, o yra tik netaisyklingai paskirstyta tarp ašių, žala kelių dangai būna 70 tūkst. kartų didesnė negu lengvojo automobilio.

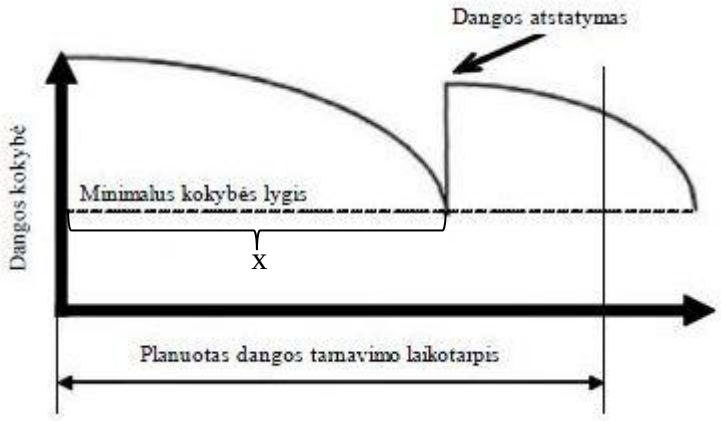
Perkrautas sunkiasvoris automobilis ir didelis eismo intensyvumas yra dvi susijusios problemos, labiausiai lemiančios spartų Lietuvos kelių irimą.

Didėjantys sunkiojo transporto srautai Lietuvos keliuose lemia greitesnę dangos deformaciją ir degradaciją. Dėl nuolatinių apkrovų kelio danga greitai praranda pradinį stiprumą, atsiranda provėžos, įdubimai ir duobės, kurios kelia didelį pavojų saugiam eismui, ypač lyjant ir telkšant vandeniui provėžose (Sokolov ir Sivilevičius 2011).

Kelyje A1 įrengtas svėrimo judesyje įrenginys parodė, kad bendras perkrautų transporto priemonių skaičius sudarė 13,4 %. Per metus užfiksuota net 211 tūkstančių svorio reikalavimų neatitinkančių transporto priemonių. Šie duomenys leidžia prognozuoti, kad Lietuvoje perkrautų transporto priemonių problema yra labai aktuali. Atsižvelgiant į tai, jog dauguma šalies kelių yra pritaikyti 10, o ne 11,5 tonų apkrovai, realus viršsvoris šalyje yra didesnis ir gali siekti virš 15 %.

Perkrautų transporto priemonių daroma žala yra didelė, kadangi dėl perkrautų transporto priemonių kelio apkrova daug greičiau pasiekia projektinės apkrovos, todėl sutrumpėja realus infrastruktūros tarnavimo laikotarpis. Užsienio šalyse buvo analizuojama perkrauto transporto įtaka

kelio tarnavimo laikui. Preliminariai buvo įvertinta, kad jeigu keliui be perkrautų transporto priemonių investicijų nereikėtų 20 metų, tai esant srauto viršsvoriams iki 10 % investicijos remontui būtų reikalingos jau po 12 metų. Viršsvoriui padidėjus iki 20 proc. rekonstrukcijai išlaidos turėtų būti skiriamos po 9 metų. Jeigu viršsvoris būtų iki 30 %, tuomet kelio rekonstrukcija turėtų būti atliekama po 7,5 metų. Visa tai pavaizduota 13 pav. (UAB „PI konsultacijos“...2011). Paveiksle realų dangos tarnavimo laikotarpį įvertina minimalus dangos kokybės lygis, kuris priklauso nuo perkrovų skaičiaus x. Kuo didesnis perkrovų skaičius x, tuo labiau laikotarpis, kurio metu užtikrinamas minimalus kokybės lygis, sutrumpėja



1.13 pav. Viršsvorio įtaka dangos tarnavimo laikotarpiui

Preliminariai vertinama, kad viršsvorių mastams esant iki 10 % santykinės išlaidos kelių priežiūrai išauga apie 6 %. Jeigu perkrautos transporto priemonės sudaro iki 20 %, tuomet santykinės išlaidos kelių priežiūrai padidėja iki 9 proc. Viršsvorį turint 30 proc. srauto išlaidos padidėja iki 12 %. Atsižvelgiant turimą šalies viršsvorio statistiką, tikėtina, kad Lietuvos atveju patiriamos santykinės kelių priežiūros išlaidos dėl perkrautų transporto priemonių galėtų būti iki 9 %. Preliminariu vertinimu perkrautų transporto priemonių žala keliams per metus gali būti apie 180 mln. Lt (UAB „PI konsultacijos“...2011).

Vertinant perkrautų transporto priemonių įtaką reikia atsižvelgti ir į avaringumo veiksnį. Viršsvorį turinčios transporto priemonės yra sunkiau valdomos, dėl to padidėja eismo įvykių tikimybė. Šios transporto priemonės blogina kelių kokybę, o tai apsunkina eismo sąlygas kitiems eismo dalyviams (taip pat gali atsiliepti avaringumo didėjimui).

Transporto priemonės masė turi didelę įtaką tos transporto priemonės stabdymo keliui. Kuo transporto priemonė yra sunkesnė, tuo didesnio atstumo reikia norint ją sustabdyti. Visa tai gali įtakoti eismo įvykių dažnumą ir jų pasekmes.

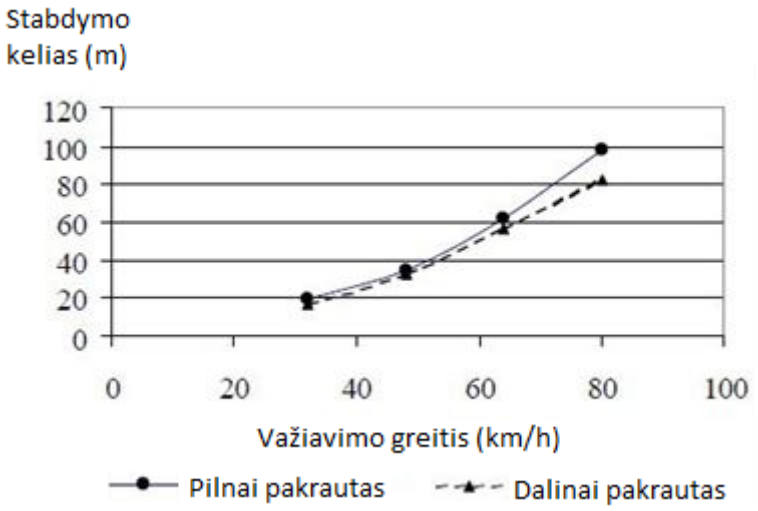
Pensilvanijos transporto institutas (JAV) atliko tyrimus, kad nustatyti kaip kinta stabdymo kelio ilgis priklausomai nuo transporto priemonės bendrosios masės. Tyrimai buvo atliekami dviem autobusais (I –asis didelis tranzitinis autobusas, II – asis mažas 14 vietų autobusas). Matavimai

atlikti prie skirtingų važiavimo greičių, su pilnai pakrautais ir dalinai pakrautais autobusais. Autobusų svorio charakteristikos pateiktos 1.3 lentelėje.

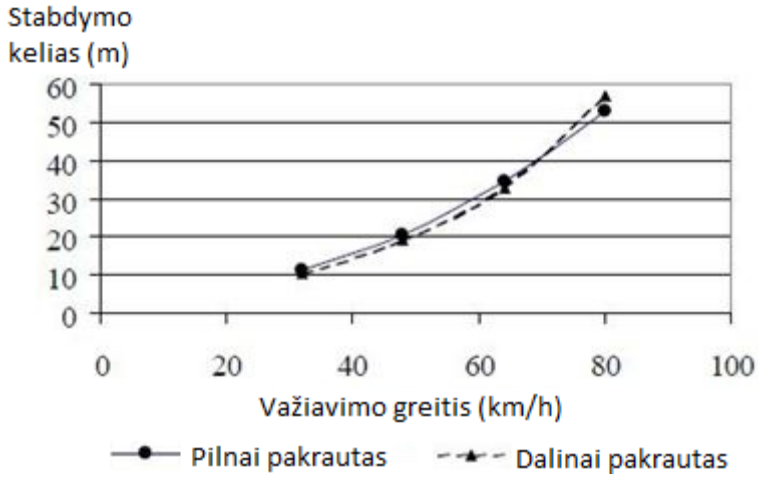
1.3 lentelė. Autobusų svorio charakteristikos

Autobusas	**Pakrovimas**	**Priekinės ašies apkrova, kN**	**Galinės ašies apkrova, kN**	**Bendras autobuso svoris, kN**
I – asis	Pilnai pakrautas	63,2	116,7	179,9
	Dalinai pakrautas	47,2	99,8	147,0
II – asis	Pilnai pakrautas	16,2	26,2	42,4
	Dalinai pakrautas	14,6	23,5	38,1

Stabdymo kelio ilgiai kiekvienam autobusui pateikti 1.14 pav. ir 1.15 pav. Tyrimo rezultatai parodo, kad stabdymo kelio ilgis autobusams važiuojant jiems vidutinišku greičiu (80 km/h) gana stipriai išauga priklausomai nuo autobuso masės. Važiuojant didesniu greičiu autobuso pakrovimas turėjo įtakos stabilumui, kas lėmė II – ojo autobuso ilgesnį stabdymo kelią kai jis buvo nepilnai pakrautas negu, kad pilnas. Prie didesnio greičio II-asis autobusas siūbavo į šonus (Kulakowski *et al.* 2004).



1.14 pav. I-ojo autobuso stabdymo kelias



1.15 pav. II-ojo autobuso stabdymo kelias

Remiantis šio tyrimo rezultatais, galima teigti, kad sunkiajam transportui viršijant leidžiamą ašinę apkrovą ar bendrąją masę, ženkliai išauga šios transporto priemonės stabdymo kelias. Stabdymo kelio pailgėjimas turi didelę įtaką eismo įvykių tikimybei ir jų pasekmėms.

Lietuvai įstojus į Europos Sąjungą labai išaugo krovininio transporto srautai, ypač tranzitinio. Augant transporto srautams, didėja eismo įvykių tikimybė, kuriuose dalyvauja sunkusis transportas. Paprastai eismo įvykiuose su sunkiojo transporto priemonėmis nukenčia mažesnių gabaritų transporto priemonės, pėstieji bei dviratininkai ir šių įvykių pasekmės būną sunkios. Dalis šių eismo įvykių įvyksta dėl sunkiasvorių arba perkrautų transporto priemonių kaltės, kuomet vairuotojai neįvertina savo transporto priemonės gabaritų, važiavimo greičio. Esant perkrautoms transporto priemonėms padidėja stabdymo kelias, prastėja transporto priemonės valdymas.

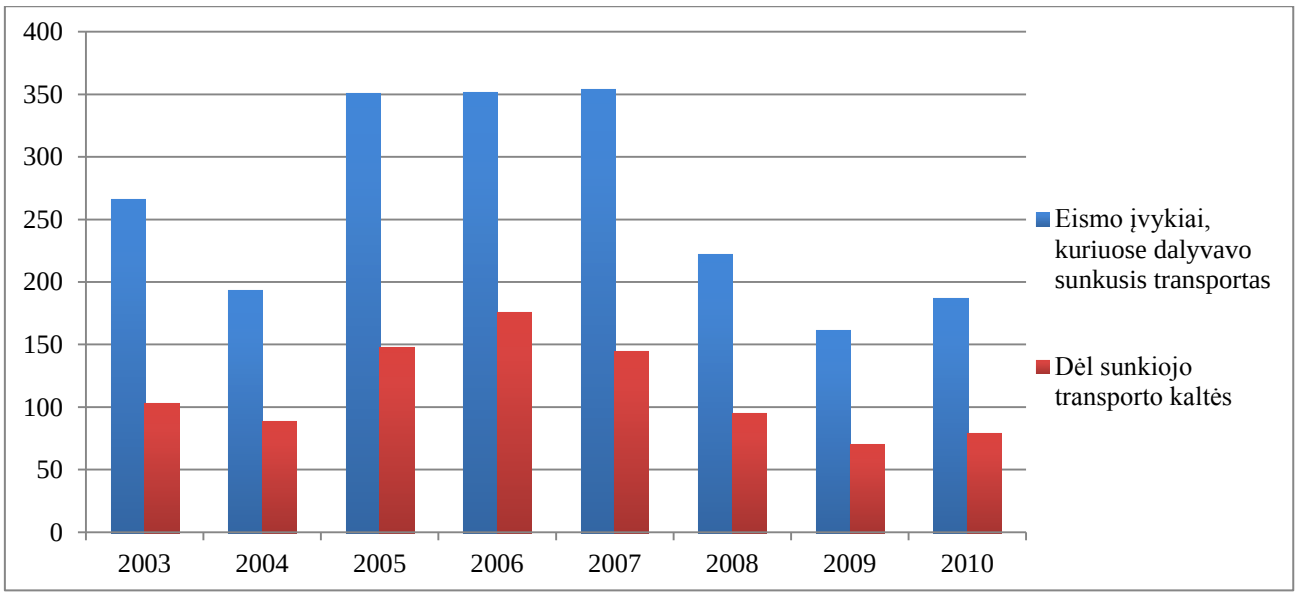
Eismo įvykiuose, kur dalyvauja sunkusis transportas, įvykių pasekmės būna didžiausios ir dalyviai patiria žymiai sunkesnius sužalojimus. Lyginant su kito tipo transporto priemonių įvykiais, sunkvežimių eismo įvykiuose įvyksta 6 kartus daugiau sužeidimų.

Tyrimų metu buvo nustatyta, kad padidinus sunkvežimio svorį 3–5 t, įskaitinių eismo tikimybė padidėja apie 20 %. Ši priklausomybė atsiranda dėl padidėjusio transporto priemonės stabdymo kelio, padidėjusių gabaritų, mažesnės traukos.

Tiriant Lietuvoje įvykusius eismo įvykius dėl sunkiojo transporto kaltės, buvo nagrinėjami 2003–2010 m. eismo įvykiai. Tyrimui buvo atrinkti visi įskaitiniai eismo įvykiai, kuriuose dalyvavo sunkusis transportas ir klasifikuojant pagal vairuotojų pažeidimus, atrinkti eismo įvykiai su kaltininkais (1.4 lentelė). Nustatyta, kad iš visų įskaitinių eismo įvykių su sunkiuoju transportu, dėl sunkiojo transporto kaltės vidutiniškai įvyko 43 % šių eismo įvykių (sunkusis transportas). Eismo įvykiai 2003–2010 m., kuriuose dalyvavo sunkusis transportas pavaizduoti 1.16 pav.

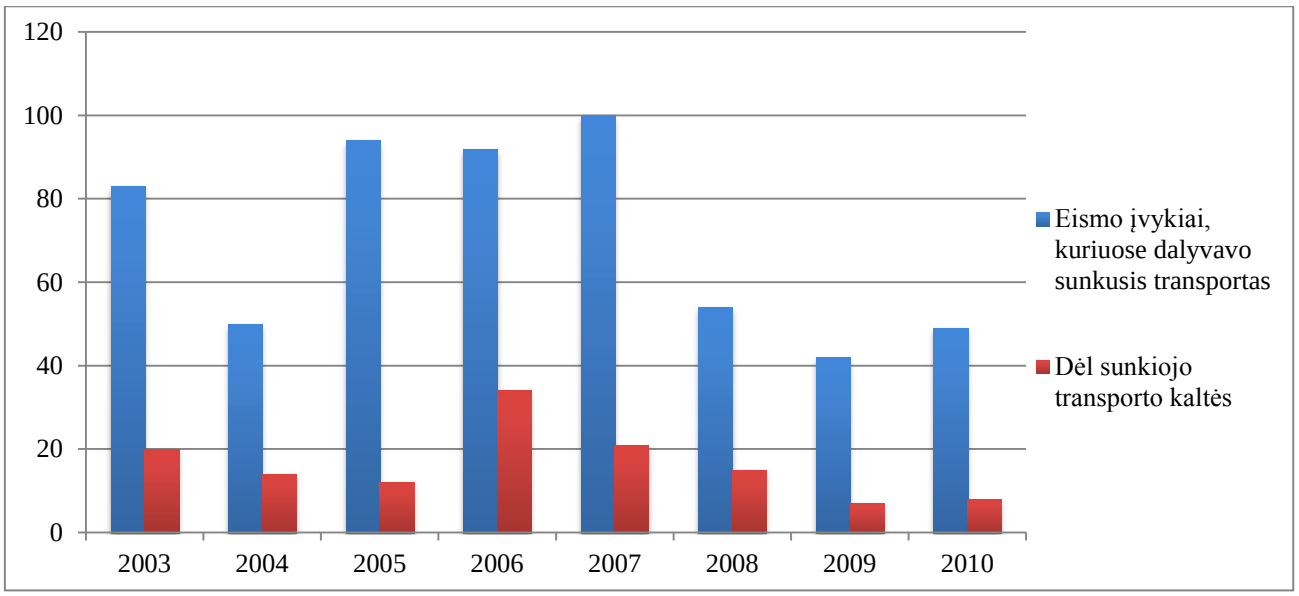
1.4 lentelė. Eismo įvykiuose, kuriuose dalyvavo sunkusis transportas, nukentėjusiųjų pasiskirstymas 2003–2010 m.

Metai	**Eismo įvykiai, kur dalyvavo sunkusis transportas**			**Dėl sunkiojo transporto kaltės**					
	Įvykiai	**Žuvo**	**Sužeista**	**Įvykiai**		**Žuvo**		**Sužeista**	
2003	266	83	295	103	39%	20	24%	127	43%
2004	194	50	254	89	46%	14	28%	107	42%
2005	351	94	384	148	42%	12	13%	171	45%
2006	352	92	446	176	50%	34	37%	236	53%
2007	354	100	410	145	41%	21	21%	173	42%
2008	222	54	261	95	43%	15	28%	117	45%
2009	161	42	189	70	43%	7	17%	90	48%
2010	187	49	205	79	42%	8	16%	98	48%



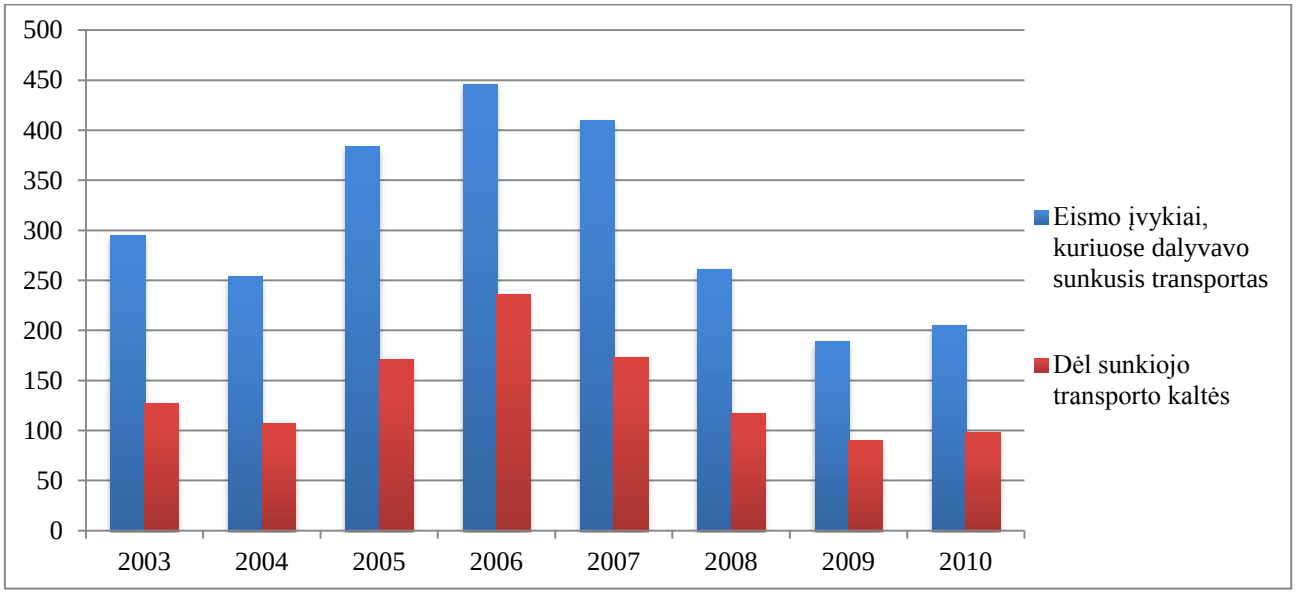
1.16 pav. Eismo įvykiai, kuriuose dalyvavo sunkusis transportas 2003–2010 m.

Žuvusiųjų skaičius eismo įvykiuose, dėl sunkiojo transporto kaltės, mažėja ir 2010 m. sudarė 16 % nuo visų eismo įvykiuose, kur dalyvavo sunkusis transportas, žuvusiųjų skaičiaus. Žuvusiųjų pasiskirstymas įvykiuose, kuriuose dalyvavo sunkusis transportas, pavaizduotas 1.17 pav.



1.17 pav. Žuvusiųjų pasiskirstymas įvykiuose, kuriuose dalyvavo sunkusis transportas 2003–2010 m.

Sužeistųjų skaičius eismo įvykiuose, dėl sunkiojo transporto kaltės, 2010 m. sudarė 48 % nuo visų eismo įvykiuose, kur dalyvavo sunkusis transportas, sužeistųjų skaičiaus. Sužeistųjų pasiskirstymas įvykiuose, kuriuose dalyvavo sunkusis transportas, pavaizduotas 1.18 pav.



1.18 pav. Sužeistųjų pasiskirstymas įvykiuose, kuriuose dalyvavo sunkusis transportas 2003–2010 m.

Vertinant eismo įvykių dėl sunkiojo transporto kaltės pasiskirstymą valstybinės reikšmės ir likusiuose keliuose, buvo nustatyta, kad valstybiniuose keliuose vidutiniškai įvyksta 54 % įvykių, kuriuose žūsta 64 % ir sužeidžiama 56 % eismo dalyvių (1.5 lentelė). Tokie rezultatai gaunami dėl didesnio sunkiojo transporto intensyvumo valstybinės reikšmės keliuose ir vyraujančio didesnio važiavimo greičio.

1.5 lentelė. Eismo įvykių dėl sunkiojo transporto kaltės pasiskirstymas pagal metus Lietuvos keliuose 2003-2010 m.

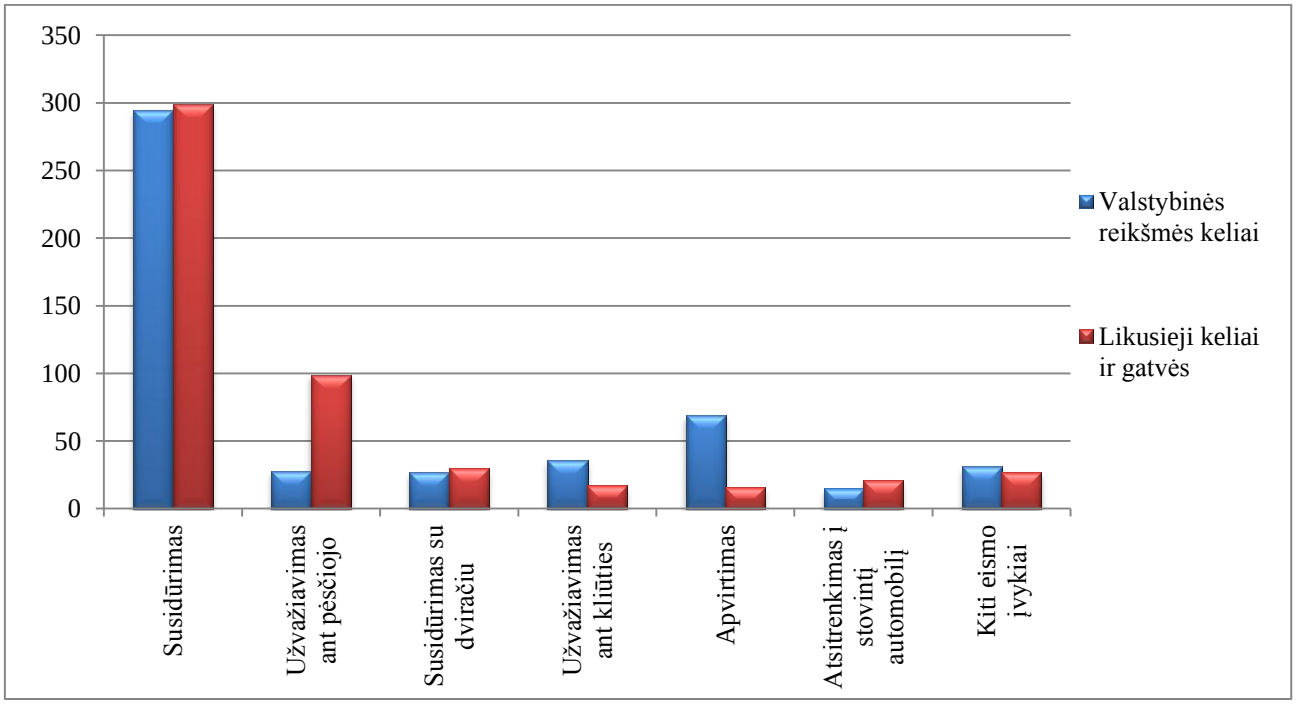
Metai	**Valstybinės reikšmės keliai**			**Likusieji keliai ir gatvės**		
	Įvykiai	**Žuvo**	**Sužeista**	**Įvykiai**	**Žuvo**	**Sužeista**
2003	55	13	79	48	7	48
2004	45	7	51	44	7	56
2005	87	6	106	61	6	65
2006	98	27	134	78	7	102
2007	89	18	105	56	3	68
2008	54	9	65	41	6	52
2009	31	5	41	39	2	49
2010	42	4	57	37	4	41

Išanalizavus 2003–2010 m. eismo įvykius dėl sunkiojo transporto kaltės pagal eismo įvykių rūšį, nustatyta, kad daugiausiai įvyko susidūrimų. Per 8 metus Lietuvos keliuose užregistruoti 594 susidūrimai, kurie valstybiniuose ir savivaldybių keliuose pasiskirstę beveik vienodai (1.6 lentelė,

1.19 pav.). Lyginant kitas eismo įvykių rūšis, nustatyta, kad savivaldybių keliuose dominuoja eismo įvykiai su pėsčiaisiais, dviratininkais ir atsitrenkimai į stovinčius automobilius (1.6 lentelė, 19 pav.). Taip yra dėl to, kad dauguma savivaldybių kelių yra gyvenamosiose teritorijose.

1.6 lentelė. Eismo įvykių dėl sunkiojo transporto kaltės pasiskirstymas pagal tipus valstybinės reikšmės ir savivaldybių keliuose 2003–2010 m.

Eismo įvykio tipas	**Valstybiniai keliai**			**Likusieji keliai**		
	Įvykiai	**Žuvo**	**Sužeista**	**Įvykiai**	**Žuvo**	**Sužeista**
Susidūrimas	295	61	421	299	39	429
Užvažiavimas ant pėsčiojo	28	9	20	99	23	80
Susidūrimas su dviračiu	27	4	26	30	5	25
Užvažiavimas ant kliūties	36	2	38	17	1	18
Apvirtimas	69	8	70	16	1	19
Atsitrenkimas į stovintį automobilį	15	1	20	21	7	28
Kiti eismo įvykiai	31	4	43	27	2	29



1.19 pav. Eismo įvykių dėl sunkiojo transporto kaltės pasiskirstymas pagal tipus valstybinės reikšmės ir savivaldybių keliuose 2003–2010 m.

Sparčiai vystantis Europos šalių ekonomikai didėja krovinių pervežimas keliais. Esant stipriai konkurencijai tarp transporto kompanijų, tobulinamas transporto sistemos valdymas. Todėl gerėja krovininių transporto priemonių išnaudojimas – keliuose mažėja tuščių ar mažai pakrautų krovininių transporto priemonių ir daugėja pilnai pakrautų bei perkrautų. Analogiška situacija yra ir

Lietuvoje. Perkrautos sunkiasvorės transporto priemonės ne tik gadina šalies kelių infrastruktūrą, tačiau ir sudaro vežėjams nevienodas konkurencines sąlygas.

Prancūzijoje buvo nustatyta, kad 5 ašių sunkvežimis važinėdamas su 20 % viršsvoriu, per metus uždirba 25000 eurų daugiau negu toks pat sunkvežimis, kuris neviršija leistinosios apkrovos (Jacob 2008). Pervežimų kompanijoms, kurios nesilaiko didžiausių leistinų apkrovos apribojimų, tam pačiam kiekiui krovinio pervežti prireikia mažiau reisų negu sąžiningoms kompanijoms. Prancūzijoje atlikti skaičiavimai rodo, kad viršydamos leistinąsias apkrovas 20 % didelės pervežimų bendrovės sutaupo iki 21 % išlaidų. Taigi sudaromos nevienodos konkurencinės sąlygos, kas turi neigiamą poveikį pervežimų kainoms. Sunkiojo transporto viršsvorio kontrolė gali turėti dvejopą poveikį pervežimų bendrovėms (Wermeskerken 2005):

- Kompanijos gali pradėti investuoti lėšas į didesnę keliamąją galią turinčius vilkikus. Pvz.: dabar kompanija turi žemos techninės klasės vilkiką, kurio keliamoji galia 20 tonų, tačiau jis pakraunamas 30 tonų kroviniu, o esant viršsvorio kontrolei, kompanijai bus naudinga investuoti lėšas į 30 t keliamosios galios vilkiką, kad galėtų pervežti tą patį 30 t krovinį.
- Kai kurios kompanijos jau dabar turi aukštos techninės klasės vilkikus, kurių keliamoji galia 40 t, tačiau jie pakraunami 50 t kroviniu. Pažeidimų kontrolė galėtų pristabdyti kompanijas vežti viršsvorį ir investuoti lėšas į daugiau vilkikų, nes tam pačiam kroviniui pervežti reikės daugiau reisų.

1.3. Priemonių, taikomų eismo srautų valdymui, apžvalga

Daugėjant miestuose automobilių, didėja gatvių sankryžų apkrovimas, mažėja jų pralaidumas, automobiliams ilgiau stovint sankryžose teršiama aplinka, be reikalo deginami degalai. Šias problemas galima spręsti keliais būdais: platinti kelius, didinti eismo juostų skaičių, branginti degalus, tobulinti visuomeninio transporto sistemą bei kurti intelektualias transporto valdymo sistemas. Sparčiai tobulėjant kompiuterinei technikai, automatikos sistemoms ir optinėms duomenų perdavimo sistemoms, gali tobulėti ir intelektualios transporto valdymo sistemos. Transporto valdymo sistemos apima šias sritis (Advanced...2011):

- transporto stebėjimas realiu laiku;
- kintamos informacijos kelio ženklai ir švieslentės;
- eismo įvykių stebėjimas ir valdymas;
- transporto stebėjimo ir kontrolės kameros;
- aktyvus transporto eismo valdymas;
- šviesoforų valdymas;
- arterinių gatvių valdymas;
- automatinės perspėjimo sistemos;

- kelių oro sąlygų informacinės sistemos;
- transporto valdymas ir kontrolė miestų gatvėse;
- informacijos transliavimas radijo bangomis.

Intelektualiosios transporto valdymo sistemos yra vientisos sistemos koncepcija, kurioje integruotos tokios sistemos: vaizdo stebėjimo, duomenų perdavimo, duomenų apdorojimo ir automatinio valdymo. Tokia sistema leidžia mažinti transporto kamščius, avaringumą ir oro taršą. Pagrindinę stebėjimo sistemos dalį sudaro vaizdo kameros ir specialios vaizdo signalo apdorojimo ir perdavimo plokštės, kurios yra montuojamos reikiamose kelio atkarpose ar sankryžose. Visa tai leidžia realiu laiku gauti informaciją apie eismo sąlygas dominančiose kelio atkarpose ir visą šią informaciją panaudoti transporto srautams valdyti. Visi signalai iš vaizdo kamerų perduodami į transporto srautus analizuojančias centrines sistemas.

Viena pagrindinių intelektualios transporto valdymo sistemos sudedamųjų dalių yra duomenų apie transporto srautus surinkimo mechanizmas. Viena perspektyviausių duomenų surinkimo technologijų tai vaizdo stebėjimo sistema su skaitmeniniu vaizdo signalo apdorojimu. Pagrindinė vaizdo stebėjimo funkcija yra eismo stebėjimas, transporto srautų tam tikruose keliuose įvertinimas, transporto priemonių paieška. Ji veikia ir kaip prevencinė priemonė nuo transporto priemonių vagysčių ar kitų vandalizmo veiksmų. Sistemos pagrindą sudaro vaizdo kamera ir iš jos gauto vaizdo skaitmeninio apdorojimo įrenginys. Vaizdo stebėjimo sistemos su skaitmeninės ir vaizdo informacijos kombinacija yra kur kas pranašesnės už kitas informacijos apie transporto srautus surinkimo sistemas. Iškart centrinėje stebėjimo stotyje gaunamas vaizdo signalas leidžia operatoriui įvertinti, kaip veikia vaizdo apdorojimo sistema ir ar gaunama tiksli informacija. Vaizdo sistemos vienas pranašumų yra tai, kad galima automatiškai fiksuoti tam tikrus įvykius kelyje, pavyzdžiui, avarijas, sugedusius ar neleistinose vietose stovinčius automobilius (Marma et al. 2004).

Viena iš priemonių transporto srautams valdyti yra vairuotojų informavimo švieslentės. Pagrindinis vairuotojų informavimo švieslenčių sistemos tikslas - informuoti vairuotojus realiu laiku apie esamas eismo sąlygas, vykdomus kelio darbus, eismo ruožų ribojimus. Švieslenčių sistema yra grupė informacinių elektroninių skydų (ženklų) su kintančiu tekstu (1.20 pav.), išdėstytų strategiškai svarbiuose miestų ar kelių ruožuose. Ypač svarbu pateikti informaciją vairuotojams apie galimus eismo apribojimus ar transporto grūstis keliuose ar miesto gatvėse.



1.20 pav. Vairuotojų informavimo švieslentė

2006 m. Vilniuje buvo pradėta diegti automatizuota šviesoforinio reguliavimo ir valdymo sistema. Didžiausias Lietuvos miestas kasdien sutraukia didelius vidinius ir tarptautinius transporto srautus. Miestą papildo kasdien atvykstantys turistai bei kitų Lietuvos regionų gyventojai. Visa tai turi didelę įtaką Vilniaus miesto susisiekimo sistemai ir reikalauja optimalių sprendimų užtikrinant saugias eismo sąlygas, aplinkosaugą bei mažiausius ekonominius nuostolius.

Eismo valdymo centras – pagrindinė, visų posistemių jungiamoji grandis. Eismo valdymo centre yra įrengta visa įranga, reikalinga centralizuotos eismo valdymo sistemos posistemių sklandžiam darbui (1.21 pav.).

Tai įrankis sugebantis iš pavienių sankryžų kurti ištisus koridorius (sankryžų tinklus), įvesti eismo srautų optimizacijos parametrus, kurti „žaliąsias bangas“ ir įvesti transporto jutiklių parametrus. Galimas sankryžos signalinių programų koregavimas ar naujų kūrimas ir tiesioginis siuntimas į sankryžos valdiklį. Apart įrangos, skirtos sankryžų valdymui, eismo valdymo centre yra įrengta vaizdo stebėjimo sistema, t. y. serveriai, kurių paskirtis – vaizdo įrašymas ir saugojimas. Pagrindiniai centralizuotos eismo valdymo sistemos tikslai (Vilniaus...2012):

- eismo srautų optimizavimas. Mažinti laukimo prie sankryžų trukmę, didinti vidutinį automobilių srauto greitį, mažinti keleivių laiko nuostolius sankryžose, visus Vilniaus miesto šviesoforų valdiklius sujungti į bendrą sistemą;
- užterštumo ir triukšmo mažinimas mieste. Mažinti automobilių sustojimo gatvių atkarpose ir sankryžose skaičių, optimizuoti kelionės laiką, mažinti papildomas kuro sąnaudas sankryžose, kai varikliai dirba tuščiąja eiga, užtikrinti visų transporto priemonių tolygesnį judėjimą gatvių atkarpomis, mažinti greičio svyravimus, papildomų stabdymų keliamo transporto triukšmo lygį sankryžos prieigose, aplinkos teršimą išmetamosiomis dujomis dėl

papildomo transporto greitėjimo ir lėtėjimo bei variklių darbo tuščiąja eiga važiuojant per sankryžas;

- pagalba centralizuotos eismo valdymo sistemos operatoriams ir inžinieriams. Suteikti statistines įvykių ataskaitas, eismo įvertinimo ir pavojaus pranešimus;
- visos lauko įrangos stebėsena, detektorių duomenų teikimas realiuoju laiku. Lauko įranga - eismo šviesoforai, šviesoforų valdikliai, transporto jutikliai;
- viešojo transporto prioriteto ir specialiajam transportui prioriteto maršrutų įgyvendinimas. Didinti susisiekimo greitį, suteikiant prioritetus sankryžose. Specialiajam transportui (greitoji medicininė pagalba, gaisrinė ir kitos) kiekvienoje šviesoforų reguliuojamoje sankryžoje teikti pirmenybę. Galimybė sudaryti specialius greitus maršrutus specialiajam transportui;
- vairuotojų informavimas realiuoju laiku. Naudoti kintamų pranešimų švieslentes gatvėse, pateikti eismo sąlygų, optimalių maršrutų ir pan. informaciją internete, taip pat sudaryti galimybes informacijos skleidimui kitomis informavimo priemonėmis (radijas, SMS ir t.t.);
- kelių eismo saugumo didinimas (avaringumo mažinimas). Stebėti problemiškiausias sankryžas per vaizdo stebėjimo kameras, operatyviai reaguoti į eismo triktis, avarijas. Mažinti įskaitinių ir neįskaitinių eismo įvykių skaičių sankryžose;
- koordinuotos eismo valdymo sistemos. Sankryžose įrengti „žaliąją bangą“, suteikti pirmenybę viešojo ir specialiojo transporto priemonėms, suformuoti patikimą ir pralaidžią transporto infrastruktūrą ir taip prisidėti prie aplinkos taršos mažinimo.



1.21 pav. Eismo valdymo centras Vilniuje

1.4. Darbo tikslas ir uždaviniai

Šio darbo tikslas – įvertinus sunkiojo transporto srautų dinamiką Lietuvos valstybinės reikšmės kelių tinkle, pasiūlyti racionalią sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemą.

Norint pasiekti darbo tikslą, reikia išspręsti šiuos uždavinius:

1. Įvertinti sunkiojo transporto poveikį susisiekimo komunikacijoms;
2. Apžvelgti Lietuvoje ir pasaulyje naudojamas sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemas;
3. Nustatyti sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemos modelio teorinius principus;
4. Nustatyti sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemų įrengimo vietų kriterijus;
5. Parengti sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemos įgyvendinimo Lietuvos automobilių kelių tinklui modelį;
6. Parinkti preliminarias sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemų įrengimo vietas;

2. SUNKIOJO TRANSPORTO SVĖRIMO IR TRANSPORTO EISMO STEBĖJIMO SISTEMOS

2.1. Sunkiojo transporto svėrimo sistemos

Pastaruosius dešimtmečius JAV ir Europoje labai ženkliai išaugo sunkiojo transporto srautai. Visa tai lėmė didėjančią perkrautų ir negabaritinių transporto priemonių kontrolės problemą. Siekiant sumažinti šią problemą buvo pradėtos kurti WIM technologijos. 9-ojo dešimtmečio pabaigoje buvo 6–7 Europos šalys, naudojančios WIM sistemas, o 10-ojo dešimtmečio pabaigoje daugiau kaip 20 Europos šalių jau naudojosi šia technologija. Tokią sparčią evoliuciją lėmė du dideli Europiniai projektai (Federal...2007):

- Europinė specifikacija svėrimui judesyje COST 323, kuri buvo kuriama 1993–1999 metais 19-os Europos šalių. COST 323 specifikacijose pateikti išsamūs nurodymai vietų parinkimui, sistemos patikroms ir kalibravimui, tikslumo klasėms ir jų pritaikymui, tikslumo verifikavimui, duomenų kaupimui ir saugojimui, transporto priemonių klasifikavimui;
- 1996–1999 metais Europos Sąjungos finansuotas projektas WAVE (Weigh-in-Motion of Axles and Vehicles for Europe), kuris buvo skirtas patobulinti WIM sistemų tikslumą, ilgaamžiškumą (ypatingai prie atšiauraus klimato), vystyti naujas WIM technologijas kaip svėrimas judesyje ant tiltų (toliau – B-WIM)), svėrimas judesyje daugialypiais jutikliais (toliau – MS-WIM), svėrimas judesyje optiniais pluoštais, vystyti kokybės garantavimo metodus WIM sistemoms.

Vėliau po šių projektų sekė tokie, kaip (Federal...2007):

- Top-Trial projektas (2000–2002), kuriuo buvo siekiama padidinti svorio matavimo WIM sistemomis tikslumą, kad ateityje būtų galima standartizuoti šias sistemas teisėtam pažeidėjų baudimui;
- REMOVE (Requirements for Enforcement of Overloaded Vehicles in Europe) projektas (2004–2006), kuris buvo inicijuotas atsakingų už baudimą institucijų, transporto institucijų, techninių ekspertų, transporto industrijos konsorciumo. Projekto tikslas buvo įsprausti esamas ir būsimas WIM sistemas į teisėtus rėmus, kad būtų galima strategiškai panaudoti WIM sistemas Europoje, kad būtų sumažintas sunkiojo transporto sukeliamas pavojus eismo dalyviams bei žala kelių infrastruktūrai. Projekte buvo nagrinėjami baudimo ir prevencijos (tarptautinis bendradarbiavimas apsikeičiant duomenimis ir kūrimas sistemos, kuri identifikuotų sąžiningas ir nesąžiningas kompanijas), harmonizavimo (turėtų būti nustatyti tikslūs rėmai baudos dydžiams, maksimalioms apkrovoms), šiuolaikinių WIM technologijų galimybės ateityje (turėtų būti pagrindas naujoms pažeidimų kontrolės procedūroms ir strategijai) klausimai;

- FiWi projektas (2007–2009), kuris buvo inicijuotas Europos nacionalinių kelių tyrimų laboratorijų asociacijos (FEHRL). Šiuo projektu buvo siekiama standartizuoti WIM sistemas.

Visų šių tarptautinių projektų tikslai buvo susieti su sunkiojo transporto svorio kontrole. Juose nagrinėti įvairios technologijos sunkiojo transporto svėrimui. Šiuo metu praktikoje taikomi sunkiojo transporto svėrimo metodai:

- statinis svėrimas;
- svėrimas judesyje esant mažam greičiui (toliau – LS–WIM);
- svėrimas judesyje esant dideliam greičiui (toliau – HS–WIM);
- svėrimas judesyje daugialypiai jutikliais (MS–WIM);
- svėrimas judesyje ant tiltų (B–WIM).

Statinis svėrimas

Tradicinė viršsvorio kontrolės procedūra yra statinis svėrimas. Iki šiol šis būdas naudojamas daugelyje šalių. Statinį svėrimą dažniausiai naudoja kelių transporto inspekcija mobiliems svorio kontrolės patikrinimams arba pasienio kontrolės pareigūnai pasienio kontrolės postuose.

Tiltinės svarstyklės ir ratų (2.1 pav.) bei ašių svarstyklės yra naudojamos nustatyti bendrąją transporto priemonės masę ir ašies arba rato apkrovas. Jeigu naudojamos ašių svarstyklės, tai bendroji transporto priemonės masė yra įvertinamas susumuojant atskirai visas ašių apkrovas. Jeigu naudojamos ratų svarstyklės, tai ašies apkrova įvertinama susumuojant tos ašies ratų apkrovas.

Statiniam svėrimui reikia nemažai darbuotojų ir laiko, kad būtų atliktas statinis svėrimas ir išrašytas pažeidimų protokolas svėrimo aikštelėje, į kurią darbuotojai privalo patys nukreipti transporto priemonę, prieš tai ją savo nuožiūra sustabdę. Yra sudėtinga saugiai atlikti svėrimus kur vyksta intensyvus sunkiojo transporto eismas.

Nepaisant didelių laiko ir darbo valandų sąnaudų, statinis svėrimas pasižymi itin dideliu tikslumu (Jacob 2008). Statinio svėrimo prietaisai yra kalibruoti ir sertifikuoti, todėl jų pagrindu gali būti vykdomas pažeidėjų baudimo procesas.



2.1 pav. Ratų svarstyklės, naudojamos statiniam svėrimui

Svėrimas judesyje esant mažam greičiui

Siekiant padidinti statinio svėrimo efektyvumą, buvo sukurta svėrimo judesyje technologija esant mažam greičiui (LS–WIM). Ši svėrimo sistema paremta tuo pačiu principu kaip ir statinis svėrimas, o aukštas matavimo tikslumas leidžia šią sistemą naudoti pažeidėjų baudimui. LS–WIM sudaryta iš ratų ar ašių svarstyklių kartu su svėrimo celėmis ir įmontuota betono arba stipraus asfalto platformoje mažiausiai 30–40 m ilgyje (2.2 pav.). Svėrimas vyksta transporto priemonę nukreipus nuo kelio į svėrimo zoną, kur jį pasveriama važiuojant 5-15 km/h greičiu. Šių svėrimo sistemų tikslumas siekia 3-5 % (Jacob 2008).



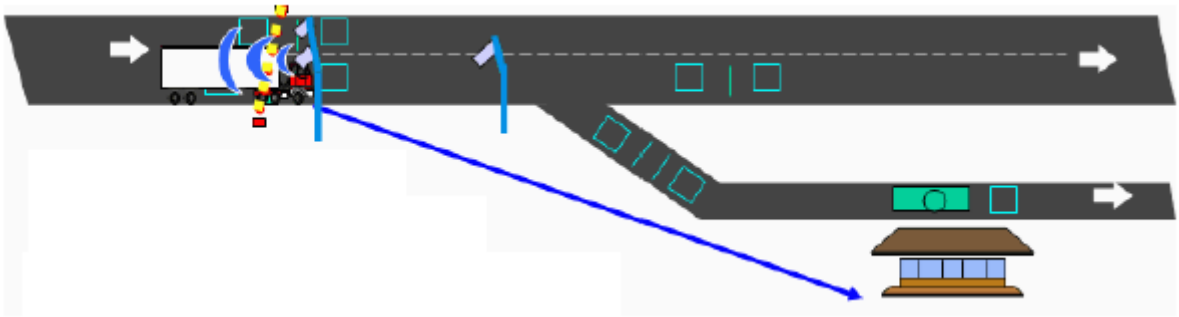
2.2 pav. Svėrimas judesyje esant mažam greičiui

Svėrimas judesyje esant dideliam greičiui

Svėrimas judesyje esant dideliam greičiui (HS–WIM) vadinamas, kai svėrimo jutikliai dangoje yra įrengti vienoje ar daugiau eismo juostų, o ašies ir transporto priemonių apkrovos matuojamos, joms važiuojant įprastu greičiu. Pagrindiniai HS–WIM sistemų privalumai yra šie (Jacob 2008):

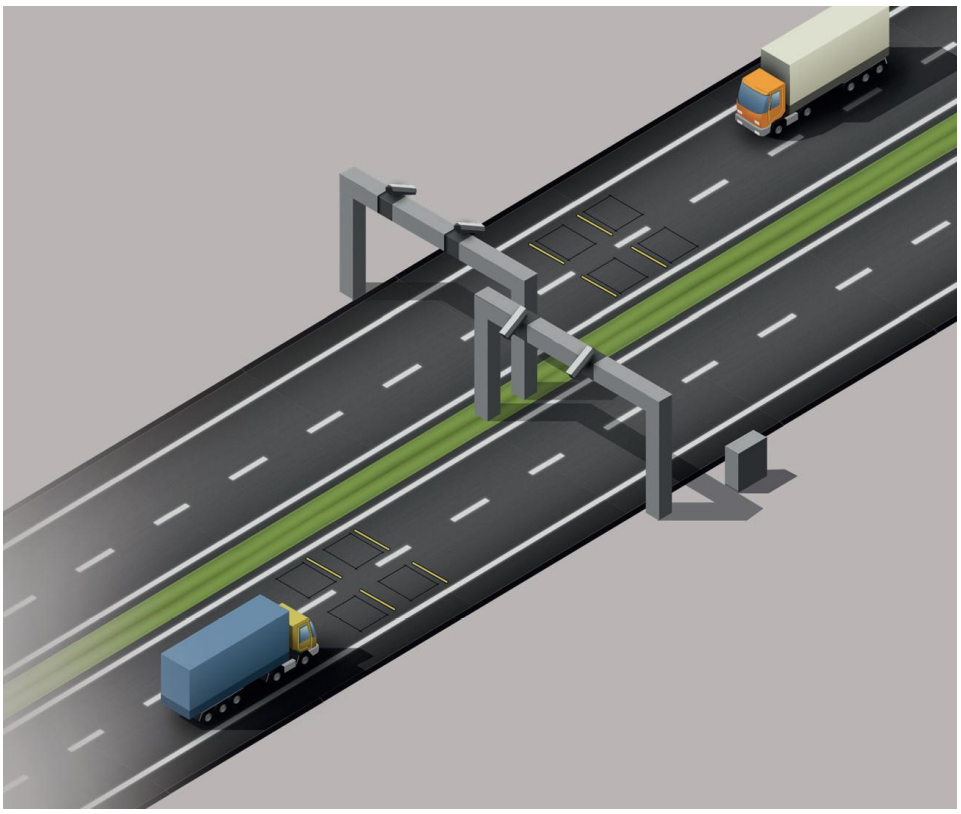
- pilnai automatizuota sistema;
- galimybė fiksuoti visas transporto priemones, nepaisant koks jų greitis, kiek ašių ar kokiu paros metu važiuoja.

Šių sistemų tikslumas labai priklauso nuo jutiklių kokybės, įrengimo vietos. Šio tipo sistemos pasaulyje plačiai naudojamos vykdant preliminarų svėrimą. Preliminarus svėrimas, tai toks svėrimas, kai HS–WIM sistemomis pasveriama transporto priemonė ir jeigu yra užfiksuojamas viršsvoris, tai ši transporto priemonė aktyviais ženklais, švieslentėmis ar reversiniais šviesoforais nukreipiama į šalia esančią aikštelę ar kelio ruožą, kur vykdomas tikslesnis transporto priemonės svėrimas panaudojant statinį svėrimą ar LS–WIM sistemas. Preliminaraus svėrimo schema pavaizduota 2.3 pav. Taip pat preliminaraus svėrimo metodas gali būti naudojamas kelių transporto inspekcijos, tuomet preliminariai pasvertos transporto priemonės gali būti sustabdytos kelių transporto inspekcijos pareigūnų ir papildomai patikrintos tikslesniais prietaisais.



2.3 pav. Preliminaraus svėrimo schema

Svėrimui judesyje technologijoms tobulėjant ir siekiant dar efektyvesnės transporto svorio kontrolės, buvo sukurta visiškai automatizuota svorio kontrolės ir pažeidimų fiksavimo sistema. Ši sistema paremta HS–WIM ir automatine numerių atpažinimo technologijomis. Sunkiasvorė transporto priemonė važiuodama jai įprastu greičiu, pasveriama kelio dangoje įrengtais jutikliais ir esant viršsvoriui transporto priemonė iškart užfiksuojama virš kelio esančia vaizdo stebėjimo kamera su numerio atpažinimo sistema.



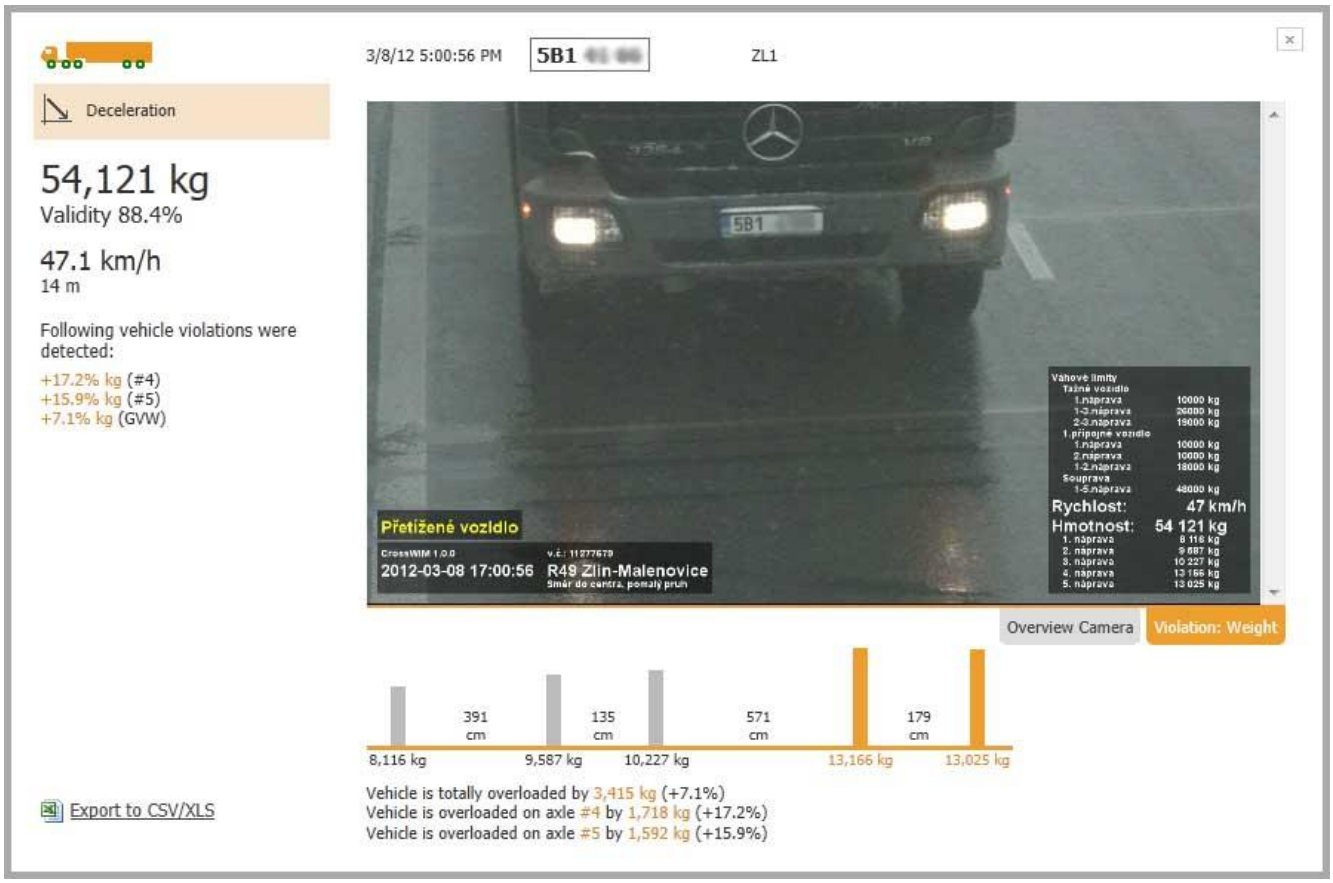
2.4 pav. Automatizuota HS–WIM sistema su baudimo galimybe

2011 metais Čekijos kompanijos CROSS sukurta HS-WIM sistema pirmoji pasaulyje buvo sertifikuota, kaip leidžianti fiksuoti judančios dideliu greičiu transporto priemonės bendrąją masę su 5 %, o ašines apkrovas su 11 % maksimaliomis paklaidomis. Kaip teigia pati įmonė, jos sukurta sistema techniškai 100 % atitinka reikalavimus baudimui už viršsvorio pažeidimus panaudojant svėrimo judesyje esant dideliam greičiui technologiją. Aukšto tikslumo prietaisai atitinka šiuos tikslumo parametrus (CROSS 2012):

- bendroji transporto priemonės masė – maksimali paklaida ±5% (sertifikuota), vidutinė ±3% (5–250 km/h greičiui);
- vienos ašies apkrova – maksimali paklaida ±11% (sertifikuota), vidutinė ±8% (5–250 km/h greičiui);
- ašių grupės apkrova – maksimali paklaida ±11% (sertifikuota), vidutinė ±8% (5–250 km/h greičiui);
- transporto priemonės greitis – paklaida ±1% (5–250 km/h greičiui);
- ašies bazė – paklaida ±2,5 cm (5–250 km/h greičiui);
- transporto priemonės ilgis – paklaida ±0,3 m (1,0–20,0 m ilgiui);
- transporto priemonės plotis – paklaida ±10 cm (5–250 km/h greičiui).

CROSS kompanijos sukurta HS–WIM sistema sudaryta iš 4 kvarcinių jutiklių, 2 pjezoelektrinių jutiklių ir 2 indukcinių kilpų, pločio jutiklio. Pažeidėjams užfiksuoti naudojama

bendro vaizdo stebėjimo kamera kartu su valstybinio numerio atpažinimo sistema. Apie leistinąją apkrovą viršijusią transporto priemonę pateikiama informacija apie kiekvienos ašies apkrovas ir kiek kuri ašis perkrauta, ašių skaičius ir atstumai tarp jų, bendroji transporto priemonės masė ir viršsvoris, važiavimo greitis, transporto priemonės ilgis, užfiksuoto pažeidimo tikslus laikas ir vieta, transporto priemonės valstybinis numeris ir nuotrauka. Informacija apie pažeidimą padariusią transporto priemonę pavaizduota 2.5 pav.



2.5 pav. Informacija apie leistinąsias apkrovas viršijusią transporto priemonę

Nors techninės galimybės leidžia HS–WIM sistemomis tiksliai nustatyti transporto priemones, kurios viršija leistinąsias apkrovas, tačiau ši sistema dar nenaudojama automatizuotam baudimui už pažeidimus. Pasak CROSS kompanijos atstovų, kad ji pradėtų pilnai Čekijoje veikti, trūksta atitinkamų teisės aktų. Jie yra kuriami ir greitu metu turėtų būti išleisti. Kol sistema pilnai neveikia, tai ši HS–WIM svėrimo technologija naudojama preliminariam svėrimui. Beveik kiekvieną savaitę Čekijos policija, pasinaudodama HS–WIM svėrimo duomenimis, vykdo svorio kontrolės akcijas CROSS kompanijos įrengtose svėrimo vietose.

Svėrimas judesyje daugialypiais jutikliais

Vienas iš WIM sistemų trūkumų yra tas, kad nėra įvertinama dinaminės padangų jėgos dėl automobilio ir dangos sąveikos. Svėrimas judesyje daugialypiais jutikliais (MS–WIM) yra pagrįstas tam tikru keleto jutiklių išdėstymu dangos paviršiuje (2.6 pav.), kurie yra suderinti su tam tikru algoritmu, kad būtų galima pagerinti svėrimo tikslumą. Kiekvienas jutiklis matuoja ašies apkrovas, kurios varijuoja priklausomai nuo laiko ir atstumo. MS–WIM sistemos yra skaitomos kaip tiksliai įvertinančios statines ašių apkrovas. Svėrimo tikslumas priklauso nuo trijų aspektų (Zhang 2007):

- jutikliams būdingo tikslumo (jutikliais fiksuojami duomenys turi būti stabilūs ir nepriklausomi nuo aplinkos poveikio);
- statinės apkrovos įvertinimo algoritmo;
- jutiklių išdėstymo optimizavimo (jutikliai negali būti išdėstyti atsitiktinai, tarpai tarp jų turėtų būti nustatyti atsižvelgiant į vidutinius važiavimo greičius).



2.6 pav. MS–WIM sistema A31 greitkelyje (Prancūzija)

Svėrimas judesyje ant tiltų

Svėrimas judesyje ant tiltų (B–WIM) paremtas tiltų deformacijų matavimu ir jų panaudojimu įvertinti pravažiuojančio transporto apkrovas. Ši technologija susideda iš tilto įlinkių matavimo prietaisų, ašių jutiklio, kuris fiksuoja transporto priemonės greitį ir atstumus tarp ašių, ir duomenų kaupimo įrenginio. Įlinkio matavimo prietaisų (2.7 pav.) ir ašių jutiklių teikiami duomenys naudojantis tam tikru algoritmu paverčiami į ašių apkrovas. Algoritmas nustato transporto priemonės svorį palygindamas jį su teoriniais matavimų modeliais (Quilligan 2003).
Svėrimas judesyje ant tiltų turi keletą privalumų (Jacob 2008):

- nereikia uždaryti kelio ruožo, norint įdiegti WIM sistemą ar ją prižiūrint;
- demontavimo galimybė – labai nesudėtingai galima sistemą pašalinti ir perkelti ją ant kito tilto ar pan.;
- patogu naudoti prie atšiaurių klimato sąlygų (keliuose įmontuotas WIM sistemas sniego valytuvai gali pažeisti, o tiltuose šio problemos nėra);
- sunkiai pastebimas, todėl vairuotojams svėrimo vietos yra nežinomos ir yra sudėtinga jų išvengti.



2.7 pav. Svėrimo judesyje ant tiltų svorio matavimo jutikliai

Šiuo metu pasaulyje yra nemažai tiekėjų siūlančių transporto priemonių svėrimo judesyje (WIM) įrangą. Praktikoje labiausiai paplitusios sistemos su kelio dangoje įmontuojamais jutikliais: svėrimo celėmis, lenkiamomis plokštėmis, pjezoelektriniais ir kvarciniais jutikliais. Kiekviena iš šių technologijų turi savo teigiamas ir neigiamas savybes. Svėrimo celėmis ir lenkiamomis plokštėmis užtikrinamas labai tikslus transporto priemonių svėrimas, be to kelio dangos jutiklis gali būti demontuotas vykdant kelio remonto darbus arba įranga perkeliama į kitą vietą. Tačiau šie svėrimo metodai turi ir daug apribojimų. Visų pirma įrengiant šias sistemas reikalingi didelės apimties kelio rekonstravimo darbai. Svėrimo plokštės yra jautrios užteršimui ir purvui (reikia reguliariai valyti įrangą ir būtinas papildomas drenažas). Dėl kelio charakteristikų (kelio plotis ir maksimalus leistinas greitis) svėrimo plokštės gali būti taikomos ne visuose kelių ruožuose.

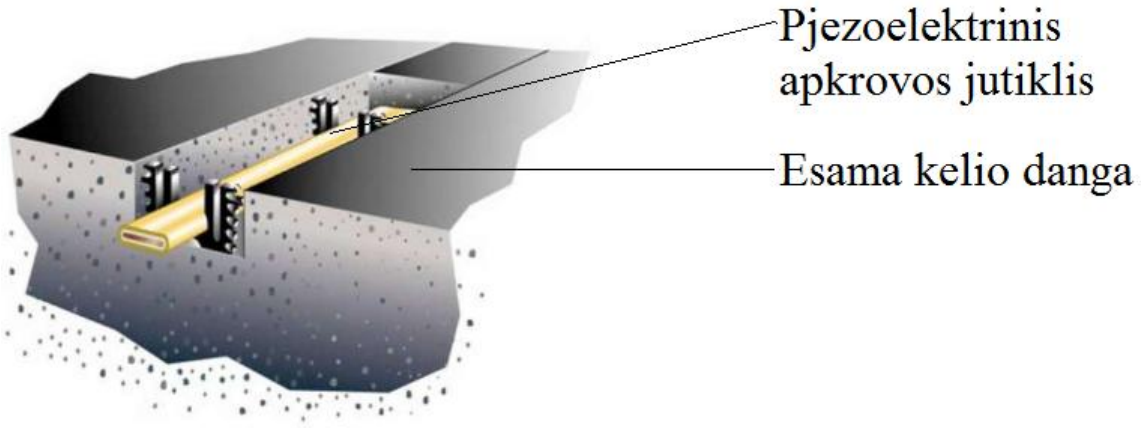
Kita alternatyvi technologija yra pjezoelektrinių ir kvarcinių jutiklių panaudojimas. Ši technologija pasižymi šiomis teigiamomis savybėmis: nereikalingi dideli kelio rekonstrukcijos darbai, jutikliams praktiškai nereikia aptarnavimo, nesimato dangoje, tinka bet kokios kategorijos keliui (galima įrengti greitkeliuose nenaudojant greičio apribojimų). Tačiau ši technologija užtikrina

mažesnį svėrimo tikslumą nei naudojant svėrimo celes ar lenkiamas plokštes. Be to, vykdant kelio rekonstrukcijos darbus įranga negali būti demontuojama be sugadinimo.

Svėrimo įranga įprastai komplektuojama su automobilių skaičiavimo – klasifikavimo įrenginiu, bei induktyviniais kontūrais dangos paviršiuje tam, kad būtų galima susieti svėrimo rezultatus su konkrečia transporto priemonių grupe.

Pjezoelektrinis apkrovos jutiklis

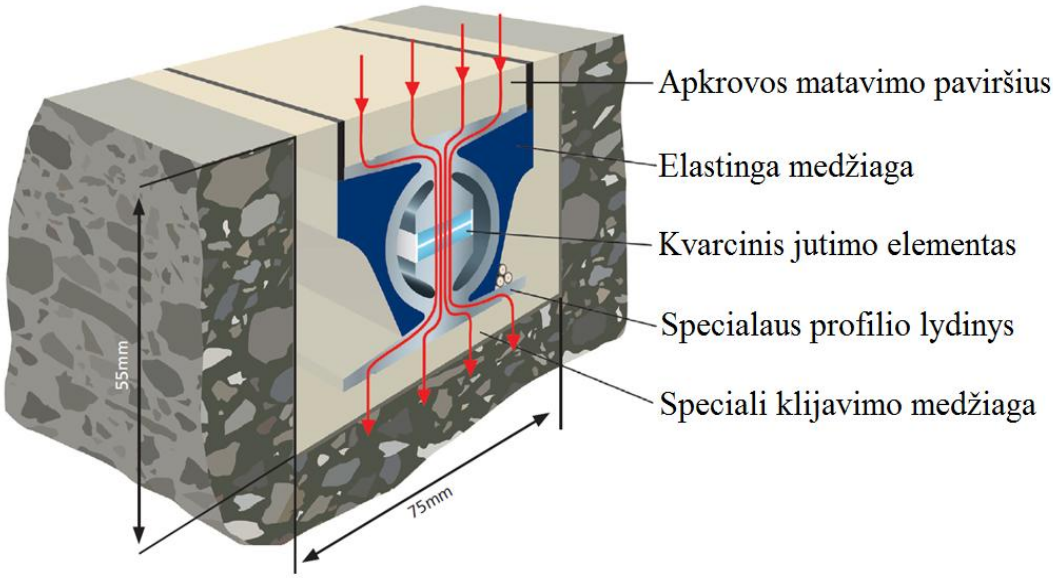
Tai dažniausiai naudojami WIM sistemų jutikliai informacijos apie transporto srautus rinkimui. Pjezoelektrines WIM sistemas sudaro mažiausiai vienas pjezoelektrinis apkrovos jutiklis ir dvi indukcinės kilpos. Pjezoelektrinis apkrovos jutiklis susideda iš centrinės varinės gyslos, padengtos pjezoelektrine medžiaga apgaubta variniu apvalkalu (2.8 pav.). Pjezoelektrinė medžiaga, veikiama jėgos sukuria elektrinį krūvį, kuris apdorojamas specialia įranga. Indukcinės kilpos reikalingos nustatyti transporto priemonės greičiui, atstumui tarp ašių. Ašių skaičius, atstumai tarp ašių, transporto priemonės ilgis ir svoris leidžia sistemai klasifikuoti transporto priemones (International...2012).



2.8 pav. Pjezoelektrinis apkrovos jutiklis

Kvarcinis apkrovos jutiklis

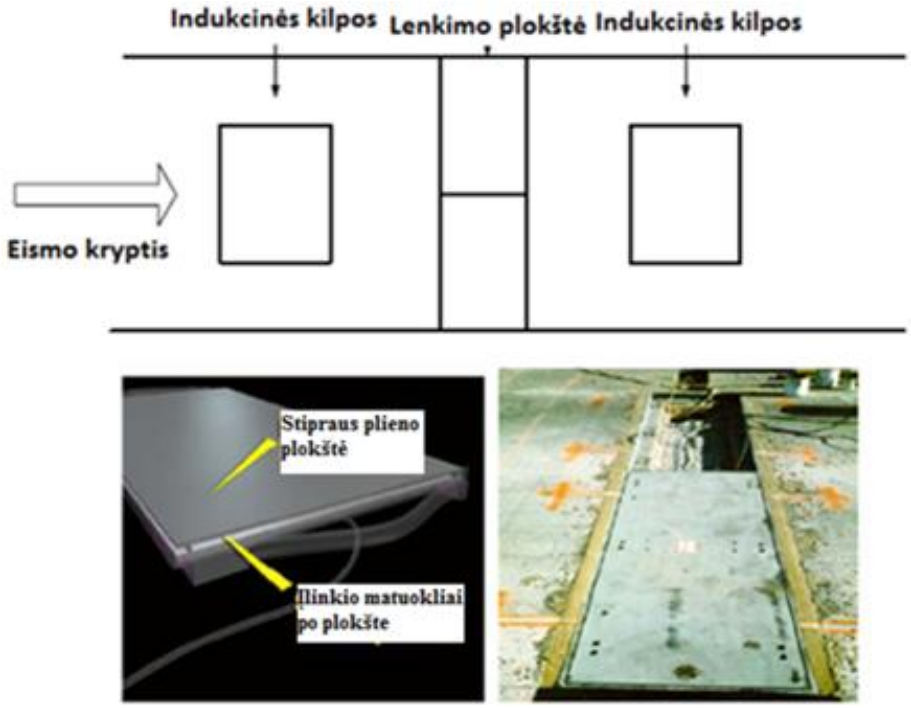
Kvarciniuose apkrovos jutikliuose, kaip ir pjezoelektriniuose, išnaudojamas medžiagos pjezoelektrinės savybės. Jei pjezoelektriniuose jutikliuose naudojamos pjezokeraminės ar pjezopolimerinės medžiagos, tai kvarciniuose – kvarco kristalai. Kvarcinį apkrovos jutiklį sudaro metalinis specialios konstrukcijos strypas, kurio viduje sumontuoti kvarciniai diskai (2.9 pav.). Kai jėga veikia strypo viršų, ant kvarcinių diskų atsiranda elektrinis krūvis proporcingas veikiančiai jėgai (Kistler 2012).



2.9 pav. Kvarcinis apkrovos jutiklis

Lenkiama plokštė

Lenkiama plokštė – tai plieninė platforma, kuri nuo apkrovos išlinksta. WIM sistemose su lenkiamomis plokštėmis panaudojamos plokštės su apačioje pritaisytais įlinkio matavimo prietaisais (2.10 pav.). Kai automobilis pervažiuoja plokštę, sistema fiksuoja įlinkį ir apskaičiuoja dinaminę apkrovą. Statinė apkrova įvertinama panaudojant išmatuota dinamine apkrova ir kalibravimo parametrais (CITA 2007).

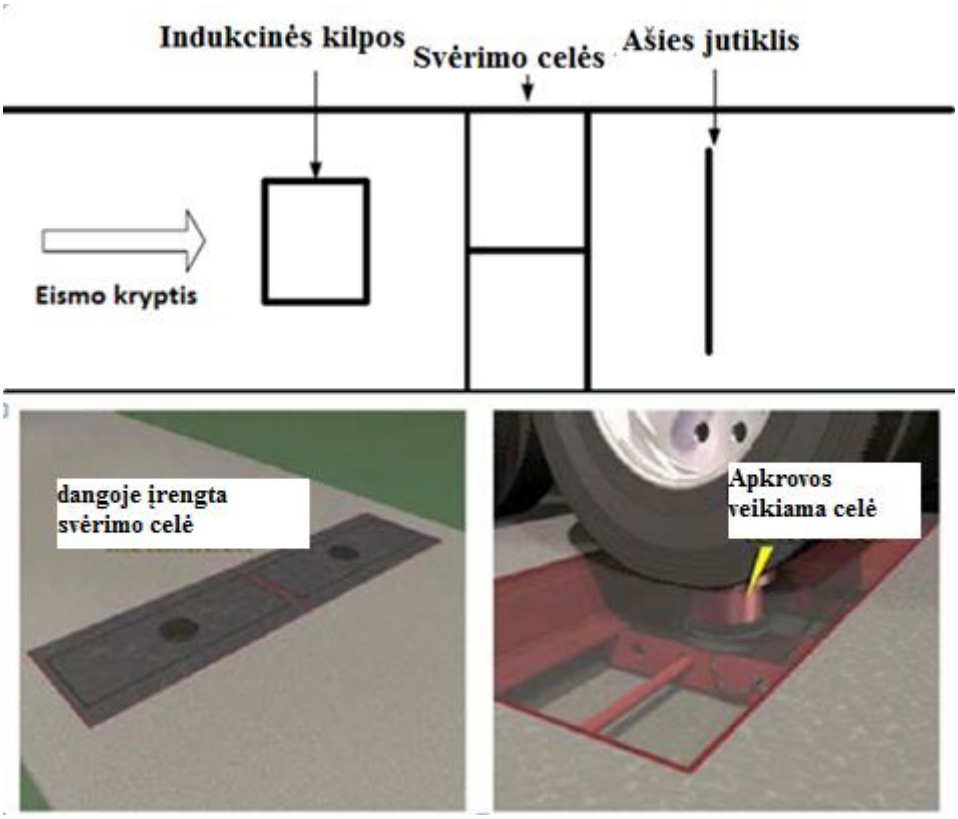


2.10 pav. Lenkiama plokštė

Svėrimo celės

Svėrimo celės yra sudėtingas svėrimo įrenginys. WIM sistemos su svėrimo celėmis paprastai susideda iš dviejų platformų (po platformą kiekvienam ašies ratui), indukcinės kilpos ir ašies jutiklio (2.11 pav.). Nuo platformos ašinė apkrova perduodama hidraulinei sistemai, kurioje susidaro slėgis proporcingas poveikio jėgai. Taip pat kaip ir lenkimo plokštės, svėrimo celės vietoj hidraulinės sistemos gali turėti ir įlinkio matavimo prietaisus (Zhang 2007).

Svėrimo celės naudojamos svėrimui judesyje esant vidutiniam ar aukštam važiavimo greičiui, bei duomenų apie transporto srautus rinkimui.



2.11 pav. Svėrimo celės

Šiuo metu labiausiai paplitę kelio dangoje įmontuojami jutikliai, jų privalumai ir trūkumai pateikti 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Transporto priemonių svėrimo judesyje sistemų apkrovos jutiklių privalumai ir trūkumai

Važiuojančių automobilių svėrimo sistemos jutikliai	**Privalumai**	**Trūkumai**
Pjezoelektrinis apkrovos jutiklis	Nedidelė įrenginio kaina; nesudėtingas instaliavimas; pigi eksploatacija.	Nedidelis tikslumas (±15 %), ribotas pritaikymas (tik statistinės informacijos rinkimui); nėra galimybės demontuoti nesugadinant jutiklio (dangos remonto atveju); labai jautrus temperatūrai.
Kvarcinis apkrovos jutiklis	Nesudėtingas įrengimas; geras tikslumas (±8 %) ir pritaikymo galimybės; nejautrus aplinkos temperatūrai; ilgaamžiškumas (>10 m).	Didelė įrenginio kaina; nėra galimybės demontuoti nesugadinant jutiklio (dangos remonto atveju).
Lenkiama plokštė	Geras tikslumas (±8 %) ir pritaikymo galimybės; galimybė demontuoti nesugadinant jutiklio (dangos remonto, įrangos perkėlimo atvejais).	Labai didelė įrenginio kaina; dideli reikalavimai dangos kokybei (reikalingas betoninis pagrindas); jautrios užterštumui ir purvui; jautrus temperatūrai; apribojimai dėl kelio pločio ir maksimalus leistino greičio.
Svėrimo celės	Labai geras tikslumas (±6 %) ir pritaikymo galimybės; galimybė demontuoti nesugadinant jutiklio (dangos remonto, įrangos perkėlimo atvejais).	Labai didelė įrenginio kaina ir labai didelės sąnaudos priežiūrai (labai jautrios užterštumui ir purvui); dideli reikalavimai dangos kokybei; jautrus temperatūrai; apribojimai dėl kelio pločio ir maksimalaus leistino greičio.

2.2. Transporto eismo stebėjimo sistemos

Šiuo metu pasaulyje veikia nemažai specializuotų eismo stebėjimo įrenginių (ESĮ) su automobilių valstybinių numerių atpažinimo sistemomis galinčiomis identifikuoti ne tik atskirus automobilius (pagal jų parametrus), bet ir konkretaus automobilio numerį. Numerių atpažinimo sistema veikia realiu laiku (grafiškas vaizdo apdorojimas programiškai vyksta iš karto užfiksavus automobilį), taigi informacija fiksuojama ir perduodama reikiamai instancijai nedelsiant, be jokių tarpininkų.

Standartiškai ESĮ su automatine numerių atpažinimo sistema sudaro šios dalys:

- nespalvoto vaizdo kamera;
- spalvoto vaizdo kamera;
- infraraudonųjų spindulių blykstė;
- vaizdo apdorojimo įrenginys;
- duomenų bazė;

- numerių atpažinimo programa.

Šią sistemą galima diegti įvairiais tikslais:

- transporto priemonių skaičiavimas statistikai, eismo reguliavimui, srautų valdymui;
- greičio matavimui;
- KET pažeidimams fiksuoti;
- kelių ir tam tikrų zonų apmokestinimui,
- numerių atpažinimui.

Vaizdo stebėjimo kameros

Šiuolaikinės ITS sistemos siūlo daugybę vaizdo stebėjimo galimybių. Pradedant nuo paprasčiausių vaizdo stebėjimo kamerų iki labai didelės raiškos fotografavimo ir reikiamų simbolių ant transporto priemonės atpažinimo. Vaizdo stebėjimo kameros su automatine numerių atpažinimo technologija (2.12 pav.) buvo sukurtos ne vien numeriams atpažinti, bet ir pažeidimams fiksuoti. Vaizdo stebėjimo sistemas galima išskirti į šias grupes (International...2012):

- bendrojo vaizdo stebėjimo kameros, kurios automatiškai susireguliuoja spalvų kontrastą ir ryškumą priklausomai nuo paros meto, oro sąlygų.;
- automatinės numerių atpažinimo sistemos, kurios sugeba atpažinti transporto priemonės valstybinį registracijos numerį ir pateikti aiškias jų nuotraukas nepriklausomai nuo apšvietimo ar oro sąlygų, tam panaudojama apšvietimo technika infraraudonaisiais spinduliais;
- simbolių atpažinimo ant transporto priemonės technologija, kuri leidžia atpažinti įvairius užrašus ant pravažiuojančios transporto priemonės šonų 24 val. per parą.



2.12 pav. Vaizdo stebėjimo kameros su automatine numerių atpažinimo technologija

Jungtinėse Amerikos Valstijose naudojamų automatinių numerio atpažinimo sistemų pagrindinis tikslas yra fiksuoti pravažiuojančias transporto priemones ir pasinaudojant vogtų automobilių duomenų bazėmis atpažinti vogtas transporto priemones vairuojančius asmenis, bei juos sulaikyti. Automatinės numerių atpažinimo sistemos yra naudojamos siekiant atpažinti (Gaumont 2008):

- vogtus valstybinius numerius;
- vogtas transporto priemones;
- transporto priemones, kurių savininkams laikinai draudžiama vairuoti;
- transporto priemones, kurių savininkai yra praradę vairavimo teises;
- neapdraustas transporto priemones.

Kai kurios vietinės institucijos yra įdiegusios numerių atpažinimo sistemas automobiliuose, atsakinguose už stovėjimo mokamose vietose kontrolę. Pasinaudojant šia technologija yra identifikuojamos transporto priemonės, kurių savininkai nėra sumokėję 5 ar daugiau baudos kvitų už stovėjimą nesusimokėjus. Tokie automobiliai pagal Kalifornijos valstijos įstatymus gali būti nutempiami.

Vis plačiau naudojama numerių atpažinimo technologija policijos automobiliuose (2.13 pav.). Juose numerių atpažinimo kameros yra susietos su tam tikromis duomenų bazėmis. Tai ženkliai padidina policijos pareigūnų darbo efektyvumą. Pasinaudojant policijos duomenų bazėmis automatinė numerių atpažinimo sistema gali identifikuoti (PIPS 2012):

- vogtas transporto priemones;
- ieškomas transporto priemones;
- potencialiai pavojingų visuomenei asmenų transporto priemones (policijai žinomi, tačiau laisvėje esantys įvairūs nusikaltėliai, narkotikų prekeiviai ir pan.);
- neapdraustas transporto priemones;
- transporto priemones, kurių techninės apžiūros laikotarpis yra pasibaigęs.



2.13 pav. Automatinė numerių atpažinimo sistema policijos automobiliuose

Elektroninė kelių mokesčio surinkimo sistema

Daugelyje šalių tam tikri kelių ruožai, tiltai ar tuneliai būna apmokestinti. Tokiose vietose būna mokesčio surinkimo būdelės, kuriose vairuotojai privalo susimokėti kelių mokestį ir tik tada yra pakeliamas užkardas. Siekiant supaprastinti šį procesą buvo sukurta elektroninė kelių mokesčio surinkimo sistema (2.14 pav.), kuri leidžia susimokėti kelių mokestį pravažiuojant tam tikras kameras nesustabdžius transporto priemonės. Taip sumažinamos eilės prie mokesčių būdelių, sutaupomas transporto priemonių važiavimo laikas.



2.14 pav. Elektroninė kelių mokesčio surinkimo sistema

Elektroninė kelių mokesčio sistema sudaryta iš keturių pagrindinių komponentų (Advanced... 1997):

- transporto priemonių identifikavimas;
- transporto priemonių klasifikavimas;
- apmokėjimas;
- pažeidimų kontrolė.

Transporto priemonių identifikavimas reikalingas identifikuoti transporto priemonę, kad paskui būtų galima surinkti iš jos mokestį. Dabar dažniausiai yra naudojami tam tikri radijo bangų imtuvai, kurie automatiškai susisiekia su atsakikliu ir leidžia sistemai identifikuoti transporto priemones. Tačiau šio būdo trūkumas tas, kad transporto priemonėje privalo būti radijo imtuvai. Siekiant to išvengti, pradėta naudoti automatinė numerių atpažinimo sistema, kuri automatiškai atpažįsta pravažiuojančios transporto priemonės valstybinį numerį ir ją identifikuoja. Tačiau kartais

pasitaiko neatitikimų. Kai kuriose šalyse jau pradėjo veikti apmokėjimas išmaniaisiais telefonais. Tam tikros juose esančios programėlės automatiškai susijungia su identifikavimo įrenginiais ir automatiškai sumoka kelių mokestį.

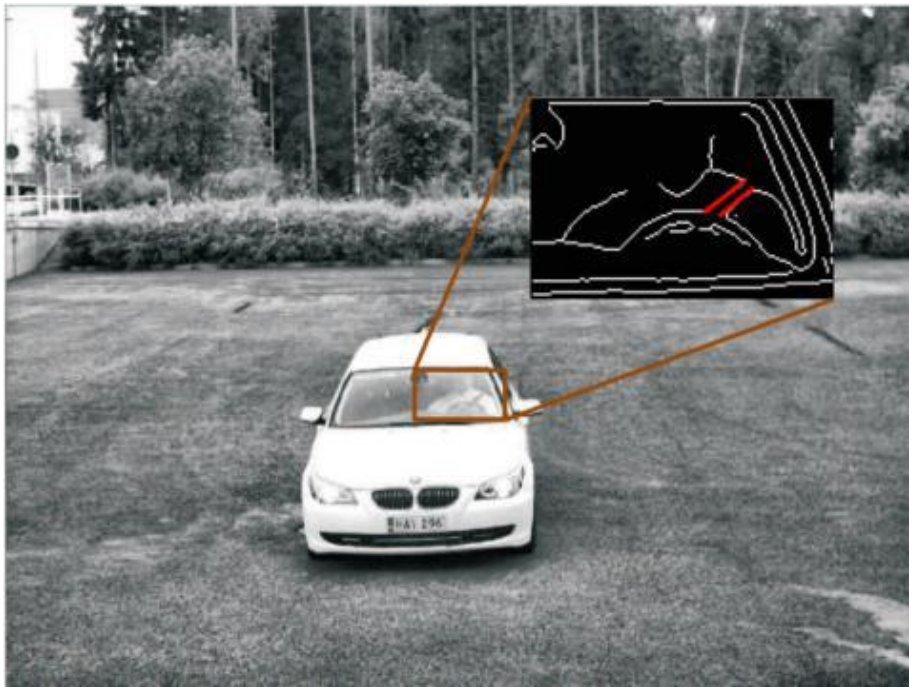
Transporto priemonių klasifikavimas stipriai susijęs su transporto priemonių identifikavimu. Priklausomai nuo transporto klasės gali būti taikomi skirtingi kelių mokesčiai. Klasifikavimui gali būti naudojama ta pati numerio atpažinimo sistema arba indukciniai jutikliai kelio dangoje.

Apmokėjimas gali vykti tiesiogiai susiejus transporto priemonę su transporto priemonės savininko kreditine kortele. Taip pat gali būti taikomas išankstinis apmokėjimas arba atsiskaitymas periodinėmis sąskaitomis.

Nesusimokėjusių kelių mokesčio transporto priemonių kontrolei dažniausiai naudojamos vaizdo stebėjimo kameros su numerių atpažinimo sistema. Taip pat gali būti naudojami tam tikri barjerai ar tiesiog policijos patruliai.

Automatinis saugos diržų fiksavimas

Suomijos techninių tyrimų centro (VTT) sukurta automatinė saugos diržų fiksavimo technologija (2.15 pav.), gali padėti sumažinti transporto priemonės saugos diržų segėjimo pažeidimų skaičių. Naudojantis tam tikrais algoritmais būtų galima skaitmeninėmis kameromis fiksuoti transporto priemones, kurių vairuotojai nesegi saugos diržų. Pasinaudojant šia technologija ir numerių atpažinimo sistema būtų galima pradėti automatiškai bausti transporto priemonių vairuotojus dėl saugos diržų nesegėjimo (Kallberg *et al.* 2008).



2.15 pav. Automatinė saugos diržų fiksavimo technologija

Sektorinis greičio matavimas

Sektorinis greičio matavimo metodas skirtas transporto priemonių vidutiniam greičiui kelio ruože matuoti. Jis paremtas laiko intervalo matavimu nustatytoje kelio atkarpoje tarp dviejų kontrolės taškų – įvažiavimo ir išvažiavimo momento. Esant fiksuotam atstumui tarp kontrolės taškų, laikas, sugaištas distancijai nuvažiuoti, vienareikšmiškai priklauso nuo transporto priemonės vidutinio greičio, kuris matuojamas kartu užfiksuojant tos transporto priemonės valstybinį numerį. Sektorinis greičio matuoklis (2.16 pav.) iš esmės skiriasi tuo, kad leidžia nustatyti greičio viršijimą ne tik kontroliniame taške, bet ir vykstant eismui. Taip galima realizuoti eismo kontrolės monitoringą pasirinktuose kelių sektoriuose ar net visame kelio ilgyje. Skirtingai nuo įprastų greičio matuoklių, naudojant sektorinį greičio matavimą, transporto priemonės greitis nustatomas tiesiogiai, t.y. greitis lygus kelio ir laiko santykiui. Kadangi ir laikas, ir kelio ilgis gali būti išmatuojami tiesiogiai ir pačiu didžiausiu tikslumu, atliktais tyrimais nustatyta, kad sektorinio greičio matavimo paklaidos gali siekti 0,5 % (0,5 km/h) (UAB „Viltechna“ 2012).

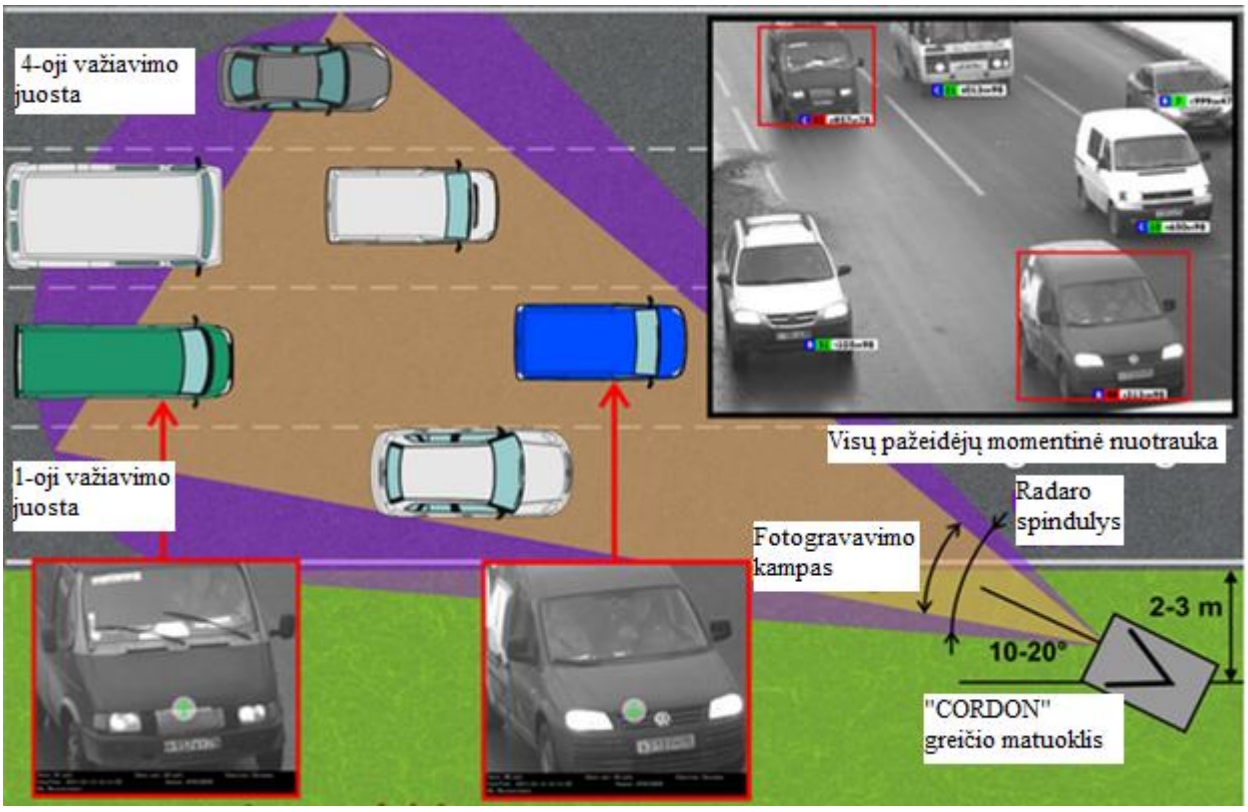


2.16 pav. Sektorinio greičio matavimo prietaisas

„Simicon Cordon“ greičio matuoklis

Ontarijuje (Kanada) įsikūrusios bendrovės „Peak Gain Systems“ gaminamas Rusijoje sukurtas „Simicon Cordon“ – naujausias ir pažangiausias greičio matavimo prietaisas (2.17 pav.). Įranga situaciją kelyje fiksuoja be perstojo, todėl per valandą gali užfiksuoti šimtus ar net

tūkstančius kelių eismo taisyklių pažeidėjų. Į vieną sistemą sujungta vaizdo kamera ir greičio matavimo radaras pažeidėjus fiksuoja automatiškai – vienu metu galima užfiksuoti net 32 automobilius. O pareigūnų fizinis dalyvavimas fiksavimo procese visiškai nereikalingas. Šio greičio matuoklio veikimo principas – tas pats, tik apsukos – kosminės. Kai greičio matavimo prietaisas automobilių sraute užfiksuoja greitį viršijantį automobilį, kamera užfiksuojamas eismo taisykles pažeidęs automobilis ir identifikuojamas to transporto priemonės valstybinis numeris. Programinė įranga apie pažeidimą ir pažeidėją tą pačią akimirką informuoja policijos komisariate dirbančius pareigūnus. Už eismo saugumą atsakingos institucijos ar policijos pareigūnai gali realiuoju laiku identifikuoti pažeidėjus arba ieškomas transporto priemones. Taip pat prietaisas fiksuoja ir tuos greičio pažeidėjus, kurie greitį viršijo nežymiai (pvz., iki 10 km/val.), tačiau baudos kvitai už tokio laipsnio pažeidimą neišrašomi. Šis greičio matuoklis ypatingas savo tikslumu – fotografuojančios greičio matavimo sistemos paklaida – tik 1,6 km/val. (Žukauskas 2011)



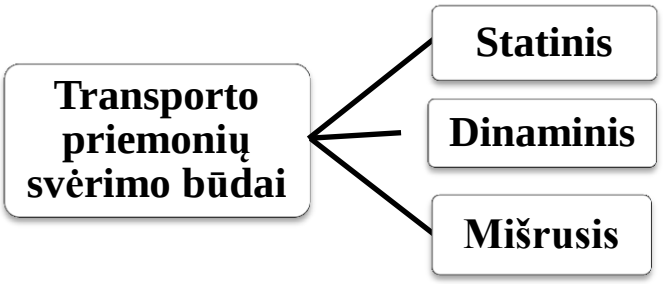
2.17 pav. „Simicon Cordon“ greičio matavimo prietaiso veikimo schema (SIMICON...2012)

2.3. Lietuvoje naudojamų priemonių sunkiojo transporto svėrimui ir kontrolei apžvalga

Pagrindinis kelio dangos eksploatacinis rodiklis yra lygumas. Nuo jo priklauso transporto priemonių važiavimo greitis, saugumas ir komfortas. Sunkiojo transporto priemonių eismo intensyvumas, ašių skaičius ir apkrova per visą kelio eksploatavimo laikotarpį, daro lemiamą įtaką kelio dangos lygumui. Pagrindinę neigiamą įtaką Lietuvos keliams daro perkrautas sunkusis

transportas, viršijantis leistinąsias ašinių apkrovų normas. Pasak VKTI Lietuvoje 15 % sunkiojo transporto priemonių yra perkrautos. Šios priemonės gadina kelių infrastruktūrą (keliai, tiltai, viadukai), bei kelia grėsmę saugiam eismui. Perkrauto sunkiojo transporto priemonių padaromi nuostoliai siekia apie 180 mln. Lt per metus (UAB „PI konsultacijos“...2011).

Lietuvoje šiuo metu naudojami trys sunkiojo transporto svėrimo būdai (2.18 pav.).



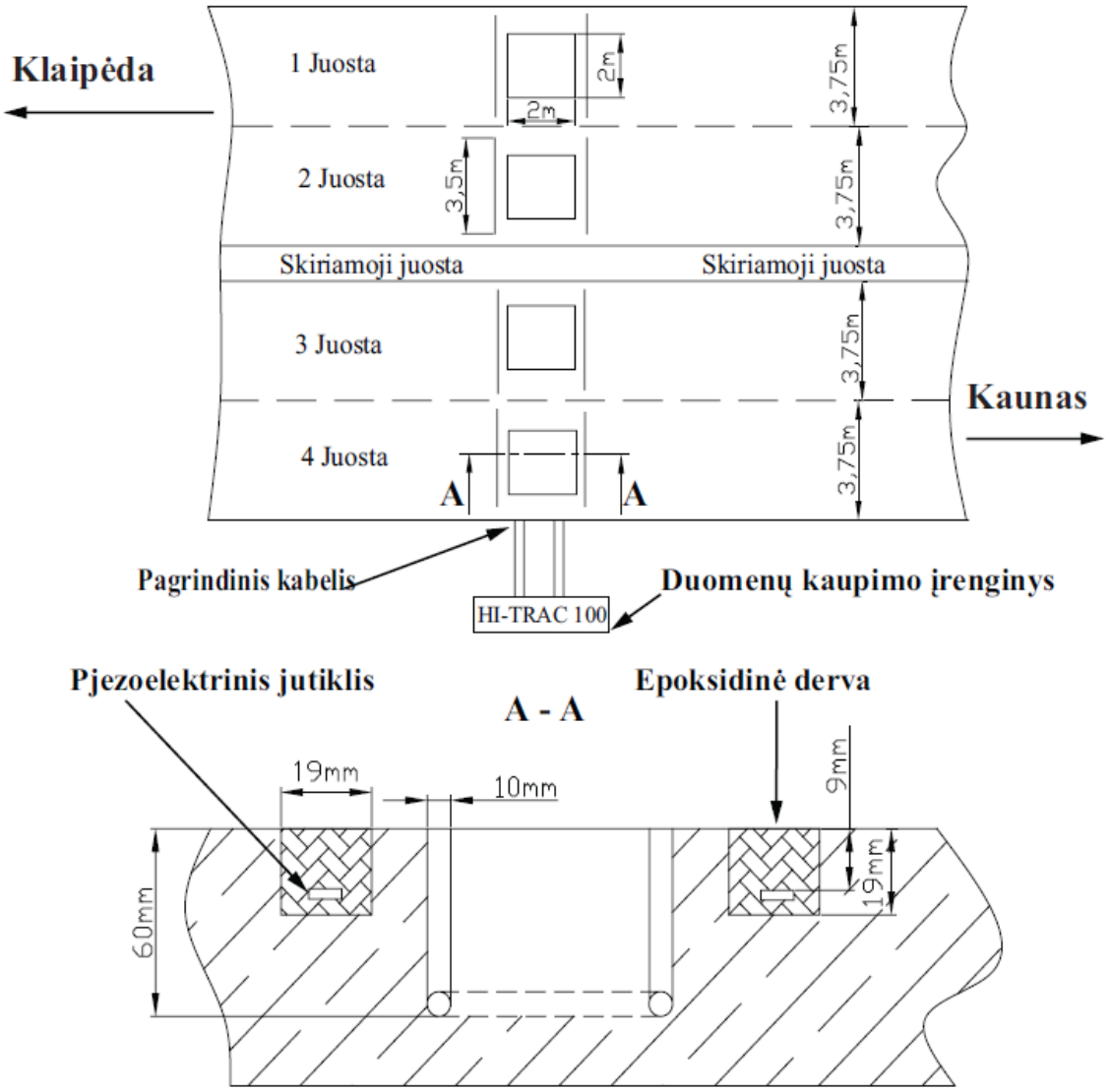
2.18 pav. Sunkiojo transporto priemonių svėrimo būdai

Statinis svėrimo būdas yra toks, kai transporto priemonė užvažiuoja ant svėrimo platformų ir kiekviena ašis arba ratas sveriamas atskirai. Tokio tipo svarstyklėmis nustatomos tikslios kiekvieno rato ašinės apkrovos atskirai ir bendroji transporto priemonės masė. Šį metodą naudoja VKTI pareigūnai, vykdantys perkrauto sunkiojo transporto judėjimo prevenciją Lietuvos keliuose t. y. svėrimas mobiliomis ir stacionariomis svarstyklėmis specialiose tam tikslui įrengtose aikštelėse (2.19 pav.). Transporto priemonėms sverti yra naudojamos Europos Sąjungos reikalavimus atitinkančios, metrologiškai patikrintos mobilios automobilinės ašinio svėrimo svarstyklės FW-LCF10, „Cheklode DP“ (Valstybinė...2012). Pagrindinis šio svėrimo būdo privalumas – labai tikslus transporto priemonių svėrimas. Tačiau šis svėrimo būdas turi daug apribojimų: reikalinga speciali svėrimo aikštelė (gali būti taikomos ne visuose kelių ruožuose), įranga jautri užterštumui, temperatūrai. Be to, kaip parodė praktika, šiuo metu vykdoma, taikant paminėtas priemones viršsvorio kontrolė yra nepakankama, užfiksuotas pažeidimų skaičius, lyginant su pažeidimų mastais yra nedidelis. Be to šis kontrolės metodas nėra patogus vežėjams, kadangi paprastai vienos transporto priemonės svėrimo procedūrai atlikti reikalinga daugiau nei viena valanda. Dėl šios priežasties susidaro transporto priemonių vėlavimas, išauga pervežimų savikaina.



2.19 pav. Mobili sunkiojo transporto kontrolė

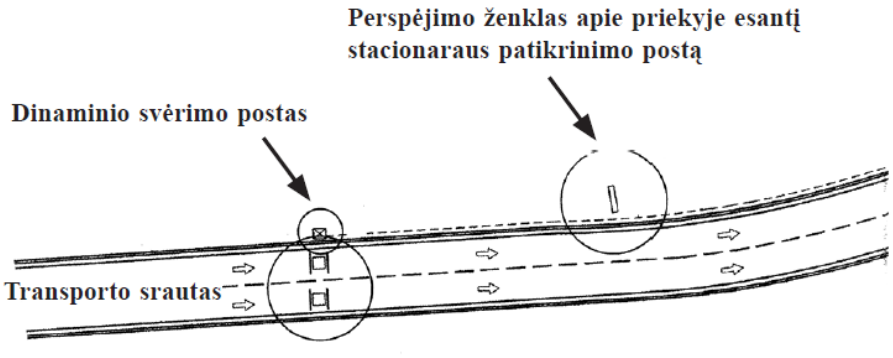
Dinaminis transporto priemonių svėrimas, dar vadinamas transporto priemonių svėrimu judesyje (jų nestabdant). Lietuvoje šiuo metu yra įrengti trys tokio tipo svėrimo postai (A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda 111,35 km, Nr. 131 Alytus–Simnas–Kalvarija 14,15 km ir A6 Kaunas–Zarasai–Daugpilis 137,04 km). Šie įrenginiai naudoja specialią įrangą HI-TRAC 100 (2.20 pav.), galinčią fiksuoti ir laikmenoje užrašyti tokius duomenis: datą, laiką, eismo juostą, ašių skaičių, transporto priemonės klasę pagal klasifikatorių, transporto priemonės važiavimo greitį, važiavimo kryptį, kelio dangos paviršiaus temperatūrą, kiekvienos ašies apkrovą, bendrąją transporto priemonės masę, atstumą tarp automobilių, laiko intervalą tarp vienas paskui kitą važiuojančių automobilių, transporto priemonės ilgį, atstumą tarp ašių, transporto priemonės bazės ilgį, ašies tipą (viengubo, dvigubo ar trigubo) (Sokolov ir Sivilevičius 2011). Ši sistema naudojama tik statistiniams duomenims rinkti, bet negali būti pritaikyta teisėtai bausti už viršsvorio pažeidimus.



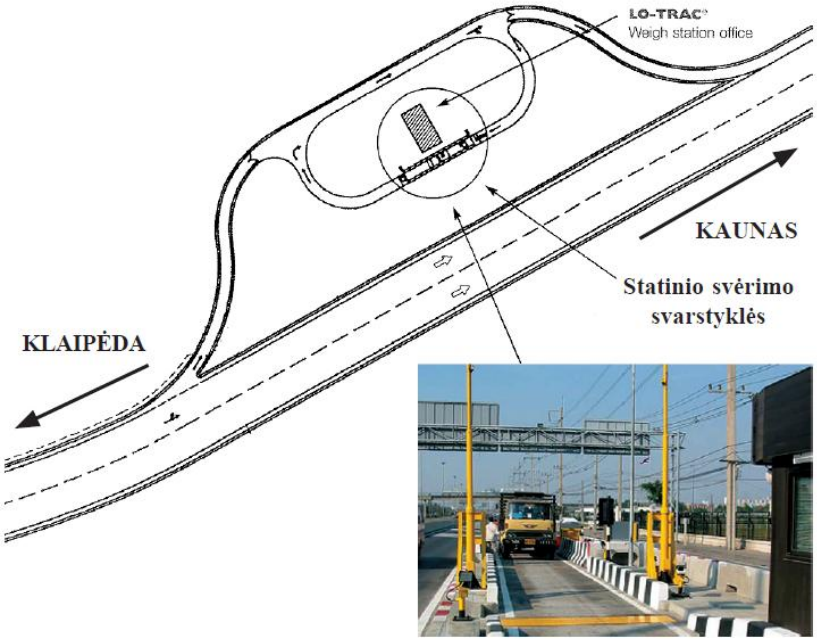
2.20 pav. Jutiklių išdėstymo principinė schema kelyje A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda

Trečiasis perkrauto sunkiojo transporto priemonių svėrimo būdas yra sudarytas iš prieš tai aptartų dviejų svėrimo būdų: statinio ir dinaminio. 2010 m. pradžioje toks postas buvo įrengtas netoli Klaipėdos magistraliniame kelyje A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda 302,5 km.

Šioje sistemoje kelias ir postas veikia kaip vienas elementas, panaudojant preliminarų svėrimą kelyje (2.21 pav.), reversinius šviesoforus, informacines švieslentes ir valdomus kelio ženklus. Važiuojantis perkrautas sunkusis transportas pirmiausiai sveriamas dinaminiu būdu. Nustačius, kad sunkiojo transporto priemonė viršija leistinąjį ašinės apkrovos dydį arba bendrąją masę, reversiniais šviesoforais ji nukreipiama papildomam patikrinimui, naudojant statinį svėrimą specialiai įrengtame poste (2.22 pav.). Viename posto pastate nustatomas tikslus jų svoris, o kitame atliekama visa transporto priemonės techninė apžiūra ir vairuotojo darbo laiko kontrolė (tikrinami tachografų duomenys) (Sokolov ir Sivilevičius 2011).



2.21 pav. Principinė dinaminio svėrimo kelio atkarpoje organizavimo schema



2.22 pav. Principinė statinio svėrimo kelio atkarpoje organizavimo schema

Šio posto įrengimas pasiteisino ir turi teigiamą įtaką sprendžiant sunkiojo transporto viršsvorio problemą šalyje. Tačiau tokių stacionarių postų eksploatavimas yra brangus. Pavyzdžiui, vien Klaipėdos svėrimo postui dirbant ištisą parą reikėtų apie 16 etatų. Tuo tarpu sunkiojo transporto vairuotojai dažnai apvažiuoja šį svėrimo postą. Taigi Lietuvos mastu stacionarių svėrimo postų tinklo diegimas būtų labai brangus (įrengimo kaina siekia – 8,64 mln. Lt). Be to tokio tipo svėrimo postui įrengti reikalingas didelis plotas (minėto sunkiojo transporto svėrimo posto teritorija užima 19 776 m^2 plotą) (Sokolov ir Sivilevičius 2011).

2.4. Lietuvoje naudojamų priemonių transporto eismo stebėjimui ir kontrolei apžvalga

Lietuvos automobilių keliuose nuolatos didėjant transporto priemonių skaičiui, darosi sudėtinga kontroliuoti jų srautą. Daugėja automobilių vagysčių, eismo įvykių, kitokių KET pažeidimų. Sistemos galinčios automatiškai atpažinti konkretaus automobilio registracinį numerį kūrimas, bei diegimas tampa vienu iš pirmaeilių uždavinių. ESĮ sistema taip pat galėtų būti naudojama ne tik kaip savarankiškas įrenginys, tačiau kaip dalis vieningos sistemos, skirtos vagysčių ir KET pažeidimo prevencijai.

Šiuo metu Lietuvoje yra įdiegta mobili ESĮ sistema. Lietuvos kelių policija turi apie 23 automobilius su įmontuota numerių atpažinimo sistema, kuri sujungta su „Transeksta“, VĮ „Regitra“ ir draudikų duomenų bazėmis (2.23 pav.). Toks policijos automobilis kelyje „skaito“ visų automobilių numerius, ir užfiksavus vieną iš pažeidimų, įtrauktą į vieną iš duomenų bazių (kurioje yra informacija apie transporto priemonių registraciją, privalomąjį civilinį draudimą, techninę apžiūrą ir kt.) siunčia signalą. Policijos ekipažas tokią transporto priemonę gali sustabdyti, nors jos vairuotojas ir važiavo nepažeisdamas KET ar nesukėlė kitų įtarimų.



2.23 pav. Mobili eismo stebėjimo sistema

Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2005 m. liepos 8 d. nutarimu Nr. 759 patvirtino Valstybinę saugaus eismo automobilių keliais 2005–2010 m. programą. Jos vienas iš iškeltų uždavinių sumažinti leistino greičio viršijimo atvejus, bei žuvusiųjų ir sužeistųjų dėl saugaus greičio nepasirinkimo skaičių. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos numatė vieną iš priemonių – valstybinės reikšmės keliuose nustatyto greičio pažeidimus fiksuojančių automatinių prietaisų su skaitmeniniu duomenų perdavimu įrengimą.

Greičio matavimo sistema – vienas iš būdų, drausminančių skubančius vairuotojus. Pakankamai paprastas sistemos veikimo principas mažina greičio viršijančių atvejų skaičių,

sumažinant taip pat eismo įvykių ir juose sužeistųjų ir žuvusiųjų žmonių skaičių. Šiandien valstybinės reikšmės Lietuvos keliuose iš viso veikia 139 „MultaRadar S580“ tipo stacionarūs automobilių važiavimo greičio matuokliai (2.24 pav.) (Lietuvos...2012).

Tam tikroje kelio vietoje, nustačius greičio viršijimo atvejį, fotografuojamos artėjančios arba tolstančios transporto priemonės. Fotonuotraukoje matomas vairuotojo veidas, bendras transporto priemonės vaizdas ir jos valstybinio numerio ženklas, kuris automatiškai įtraukiamas į suformuotą pažeidimo bylą. Matuojamo greičio intervalas ne siauresnis kaip 20–250 km/h. Stacionarių greičio matavimo prietaisų fiksuojami duomenys yra perduodami į kompiuterinę sistemą, esančią Vilniaus miesto vyriausiojo policijos komisariato (VPK) Eismo priežiūros tarnyboje.

Greičio matavimo sistemos ne tik fiksuoja leistiną greitį viršijančius automobilius, bet taip pat gali fiksuoti pažeidėjus, važiuojančius per raudoną šviesoforo signalą, važiuojančius specialiajam ar visuomeniniam transportui skirta juosta ir pan. Vairuotojai važiuojantys per raudoną šviesoforo signalą taip pat yra fotografuojami. Pažeidimą fiksuoja tas pats greičio matavimo įrenginys, esantis iš karto už sankryžos arba pėsčiųjų perėjos (UAB „Fima“ 2012).



2.24 pav. „MultaRadar S580” tipo greičio matavimo kamera

Vaizdo stebėjimo sistema yra vienas iš efektyviausių eismo situacijos mieste stebėjimo būdų. Įrengtos vaizdo kameros sankryžose leidžia greitai ir operatyviai reaguoti į neordinarinę situaciją. Pagrindinė vaizdo stebėjimo sistemos funkcija - transporto mazgų stebėjimas ir analizė. Sankryžose yra įrengtos stacionarios ir valdomos vaizdo kameros (2.25 pav.). Valdomos kameros leidžia stebėti sankryžą 360° kampu (Vilniaus...2012).



2.25 pav. Stacionarios ir valdomos vaizdo kameros

2.5. Antrojo skyriaus išvados

Sunkiojo transporto viršsvorio problema aktuali visame pasaulyje, o taip pat ir Lietuvoje. Siekiant šią problemą sumažinti, buvo pradėtos taikyti įvairios priemonės. Sunkiojo transporto svėrimas pasaulyje taikomas labai plačiai, tačiau tradiciniai svėrimo metodai nėra labai efektyvūs, kadangi užima daug laiko, bei reikalauja didelių kelių transporto inspekcijos darbuotojų laiko sąnaudų. Todėl buvo pradėtos vystyti sunkiojo transporto svėrimo judesyje technologijos. Tuo tikslu buvo atliekami įvairūs tarptautiniai moksliniai projektai. Šiuo metu pasaulyje naudojami sunkiojo transporto svėrimo būdai: statinis svėrimas, LS–WIM, HS–WIM, MS–WIM, B–WIM. Svėrimui naudojami prietaisai: pjezoelektriniai apkrovos jutikliai, kvarciniai apkrovos jutikliai, lenkiamos plokštės, svėrimo celės.

Lietuvoje sunkiojo transporto svėrimui naudojami būdai: statinis (mobili sunkiojo transporto kontrolė, kurią vykdo VKTI inspektoriai), dinaminis (A1, A6 ir 131 keliuose įrengtos svėrimo judesyje technologijos, tačiau tinkamos tik statistinės informacijos rinkimui) ir mišrusis (prie Klaipėdos įrengtas preliminaraus svėrimo postas). Tačiau dabar vykdomos mobilios sunkiojo transporto svorio kontrolės nepakanka, o preliminaraus svėrimo postas ties Klaipėda dažnai apvažiuojamas šalutiniais keliais.

Jau dabar visame pasaulyje yra daugybė veikiančių transporto eismo stebėjimo ir kontrolės sistemų, tačiau sparčiai ITS technologijoms tobulėjant atsiranda dar naujesnių ir pažangesnių transporto eismo stebėjimo ir pažeidimų kontrolės sistemų. Iš jų dabar plačiausiai taikomos vaizdo stebėjimo kameros su automatinėm numerių atpažinimo galimybėmis, greičio matavimo prietaisai (momentinio, vidutinio), elektroninės kelių mokesčio surinkimo sistemos.

3. SUNKIOJO TRANSPORTO SVĖRIMO IR TRANSPORTO EISMO STEBĖJIMO SISTEMOS TEORINIS MODELIS LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ TINKLUI

3.1. Sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo modelio teoriniai principai

Šiame darbe analizuojamos Intelektualių (pažangių) transporto sistemų (toliau – ITS) taikymo alternatyvos t. y. sprendimai, leidžiantys tiksliai pasverti transporto priemones judesyje jų nestabdant (dinaminis svėrimo būdas). Taikant šias technologijas pro matavimo postą važiuojanti perkrauta transporto priemonė yra užfiksuojama, o pažeidimų duomenys yra nusiunčiami institucijai, kuri yra atsakinga už pažeidimo administravimą. Tokia sistema reikalauja sąlyginai nedaug investicijų sprendžiant perkrauto sunkiojo transporto priemonių problemą.

Projekto įgyvendinimu yra suinteresuotos jį įgyvendinančios institucijos. Transporto inspekcijai tai turėtų būti strateginis projektas, kuris leistų iš esmės pakeisti vykdomos kontrolės principus. Įgyvendinus projektą Lietuvos automobilių Kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos taip pat sustiprintų savo turimas sistemas. Kitas labai stiprus motyvacinis veiksnys yra projekto finansinis atsiperkamumas. Valstybė dėl projekto įgyvendinimo sumažins kelių gadinimą ir taip bus taupomos išlaidos kelių remontui (UAB „PI konsultacijos“...2011).

STSĮ ir ESĮ sistemų praktinę naudą būtų galima apibūdinti sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo modelio teoriniais principais. Įgyvendinus šias sistemas turėtų būti pasiekta:

1) ***Užkirstas kelias perkrauto sunkiojo transporto eismui Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose***

Svėrimo tinklo, apimančio visą šalį įrengimas, kuris leistų iš esmės išspręsti viršsvorio problemą. Perkrautos transporto priemonės važiuodamos valstybinės reikšmės magistraliniais ir krašto keliais negalėtų išvengti svėrimo postų patikros.

Svėrimo tinklo aplink didžiausius šalies miestus sukūrimas ir tarptautiniuose pasienio kontrolės postuose. Tokiu atveju būtų sudarytos sąlygos iš esmės sumažinti viršsvorio problemą šalyje, kadangi didžiausios krovininio transporto arterijos patektų į kontrolės zonas.

2) ***Visų eismo sraute transporto priemonių identifikavimas ir kontrolė***

Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose įdiegus ESĮ sistemas galėtų būti vykdomos šios veiklos:

- visų pravažiuojančių transporto priemonių stebėjimas;
- transporto priemonių be civilinės atsakomybės draudimo identifikavimas;
- transporto priemonių, kurių techninės apžiūros laikas pasibaigęs;
- KET pažeidimų fiksavimas;

- greičio matavimas;
- vogtų ar neregistruotų transporto priemonių paieška.

3) Statistinės informacijos rinkimas

Įrenginių montavimo vietose būtų sukurtas eismo informacijos rinkimo tinklas (video kameros, eismo intensyvumo davikliai ir kt.). Eismo duomenys (eismo intensyvumas, vidutiniai greičiai, eismo sudėtis, transporto priemonių svoriai, vaizdo kamerų medžiaga) būtų aktualūs Kelių direkcijai.

4) Eismo saugumo gerinimas

Įdiegtos sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo bei kontrolės sistemos pagerintų eismo saugumą Lietuvos automobilių kelių tinkle šiais aspektais:

- perkrautos transporto priemonės važiuodamos keliu tampa mažiau stabilios;
- perkrautos transporto priemonės yra sunkiau valdomos, o jų stabdymo kelias pailgėja;
- dėl svorio viršijimo greičiau dyla transporto priemones padangos, kas gali sukelti transporto priemonės slydimą, netolygų stabdymą;
- techniškai netvarkingi automobiliai kelia pavojų saugiam eismui.

5) Galimybė ateityje apjungti daugiau kontrolės sistemų

Sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemos ateityje galėtų būti siejamos su kitomis kontrolės funkcijomis:

- vinječių naudojimo kontrolė;
- darbo ir poilsio režimo kontrolė;
- elektroninių kelių rinkliavų sistemos elementai;
- pavojingų ir draudžiamų krovinių gabenimo kontrolė;
- momentinio arba vidutinio greičio kontrolė;
- kitų intelektinių transporto sistemų taikymas kontrolei Lietuvos keliuose.

3.2. Sunkiojo transporto svėrimo įrenginių vietų parinkimo kriterijai

STSĮ tikslumas turi atitikti A(5) ar B+(7) klasės reikalavimus, kurie yra nurodyti COST 323. Tokių tikslumo klasių įrenginiai užtikrina transporto priemonės svorio parametrų nustatymą su nedidesne kaip 10 % matavimo paklaida. Pagal COST 323 reikalavimus tokio tikslumo pakanka, jog būtų galima teisėtai bausti už viršsvorio pažeidimus, bei tiksliam statistinės informacijos kaupimui.

COST 323 rekomenduojami pagrindiniai tikslumo reikalavimai svėrimui judesyje priklausomai nuo svėrimo paskirties:

- statistinių duomenų rinkimui (ekonominės ir techninės sunkiojo transporto srautų keliuose ir ant tiltų studijos surenkant statistinę informaciją ir pan.). Reikalaujamas tikslumas 20-30 % (D+ (20) arba D (25) tikslumo klasės);
- infrastruktūrai ir preliminariam svėrimui (detalioms srautų, projektavimo ir priežiūros analizėms, tiksliam transporto klasifikavimui, preliminariam svėrimui ir pan.). Reikalaujamas tikslumas 15–20 % (B (10) arba C (15) tikslumo klasės);
- baudimui (baudimas už pažeidimus WIM sistemomis jeigu tam tikslui yra parengti specialūs teisės aktai). Reikalaujamas tikslumas 5–10 % (A (5) arba B+ (7) tikslumo klasės).

COST 323 aprašytos pagrindinės svėrimo judesyje tikslumo klasės:

- A (5) – tinka legaliam pažeidimų už viršytą leistinąją ašių apkrovą ar bendrąją transporto priemonės masę baudimui;
- B+ (7) – tinka legaliam pažeidimų už viršytą leistinąją ašių apkrovą ar bendrąją transporto priemonės masę baudimui tam tikrais atvejais jeigu nėra tenkinami A (5) tikslumo klasės reikalavimai;
- B (10) – tinka tiksliai infrastruktūros (kelių ir tiltų) analizei (projektavimo ar priežiūros aspektais įvertinant sunkiojo transporto poveikį, dangos nuovargį ir pan.), preliminariam svėrimui, transporto priemonių identifikavimą priklausomai nuo jos masės;
- C (15) arba D+ (20) – tinka detalioms statistinėms analizėms, apkrovų grafikams sudaryti, tiksliam transporto priemonių klasifikavimui pagal apkrovas, įvairiems tyrimams;
- D (25) – tinka statistiniams duomenims rinkti, ne detaliam transporto priemonių klasifikavimui, įvairiems tyrimams.

Atrinktos vietos sunkiojo transporto svėrimo įrenginiams įdiegti gali turėti didelę reikšmę įrenginių tikslumui. Nuo kelio dangos parametrų, kelio geometrinių parametrų ir kitų veiksnių gali priklausyti kaip pasiskirsto transporto priemonėje dinaminės jėgos, nuo kurių priklauso matavimo tikslumas. Taip pat labai svarbu, kad sunkiojo transporto svėrimo vietos Lietuvos kelių tinkle būtų išdėstytos taip, kad jose esančiais įrenginiais būtų galima įvertinti visų sraute važiuojančių sunkiojo transporto priemonių bendrąją masę ir ašines apkrovas. Svėrimo vietos Lietuvos automobilių kelių tinkle turėtų būti parinktos taip, kad nebūtų galimybės jas apvažiuoti magistraliniais ir krašto keliais. Siekiant tinkamai parinkti sunkiojo transporto svėrimo vietas buvo nustatyti tam tikri kriterijai, kuriuos tos vietos turėtų tenkinti:

1) Sunkiojo transporto priemonių eismo intensyvumas

STSĮ vietos parenkamos atsižvelgiant į šalies sunkiojo transporto eismo intensyvumo duomenis t. y. svėrimo vietas numatyti intensyviausiuose sunkiojo transporto kelių ruožuose, šalia pramonės traukos centrų, tačiau būtina įvertinti ir šių vietų (kur numatoma įrengti STSĮ) apvažiavimo galimybes.

1-ame šios darbo priede pateiktas sunkiojo transporto priemonių intensyvumo žemėlapis Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose, kuriame matyti, kad intensyviausias sunkiojo transporto eismas vyksta tuose magistraliniuose ir krašto keliuose, kurie praeina pro penkis didžiausius šalies pramonės miestus (Vilnių, Kauną, Klaipėdą, Šiaulius ir Panevėžį), todėl būtent aplink juos tikslingiausia numatyti STSĮ. Tačiau kaip parodė praktika (įrengus stacionarų svėrimo postą ties Klaipėda), dėl nepakankamo svėrimo postų išdėstymo, iškyla posto apvažiavimo galimybė, gadinant šalutinių kelių infrastruktūrą. Dėl šios priežasties būtina STSĮ vietas numatyti, taip kad būtų maksimaliai apsunkintos perkrauto sunkiojo transporto galimybės įvažiuoti ir apvažiuoti minėtus Lietuvos miestus neįvertinus jų masės.

2) Transporto eismo rėžimas ir sunkiojo transporto ar jų masės ribojimas

Parenkant preliminarias STSĮ vietas reikia surinkti ir išanalizuoti informaciją apie esamą (numatomą) sunkiojo transporto (ar jų masės) ribojimą STSĮ ruože. Tai pat STSĮ ruožuose reikia vengti veiksnių galinčių įtakoti tolygų transporto greičio rėžimą t. y. kelio ruožų kuriose yra sankirtos su valstybinės reikšmės keliais, transporto lėtėjimai/greitėjimai, greičio kitimas, transporto spūstys ir panašiai. Transporto eismo rėžimas turi atitikti COST 323 reikalavimus.

3) *Kelio geometriniai parametrai*

Kelio ruožo geometriniai parametrai turi atitikti COST 323 reikalavimus 50 m prieš STSĮ ir 25 m už jo:

- kelio ruožas turi būti tiesus, o jame esančios horizontalios kreivės spindulys turi būti >1000 m;
- išilginis kelio nuolydis <1 % (išskirtiniais atvejais parenkant preliminarią STSĮ vietą išilginis kelio nuolydis gali būti didesnis už 1 %, su sąlyga, jog prieš įrengiant STSĮ išilginis nuolydis bus pasiektas <1 %);
- skersinis kelio nuolydis <3 % (išskirtiniais atvejais parenkant preliminarią STSĮ vietą skersinis kelio nuolydis gali būti didesnis nei 3 %, su sąlyga, jog prieš įrengiant STSĮ skersinis nuolydis bus pasiektas <3 %).

4) Numatomi STSĮ ruože kelio rekonstrukcijos ar remonto darbai

Surinkti ir išanalizuoti informaciją apie STSĮ ruože, numatomus rekonstrukcijos ar remonto darbus, apklausiant valstybinės reikšmės kelius prižiūrinčias įmones ir Pasienio kontrolės punktų direkcijos prie Susisiekimo ministerijos (toliau – PKPD) (dėl planuojamos pasienio kontrolės postų plėtros strategijos ir pan.) t. y. parenkant preliminarias STSĮ vietas, reikia atsižvelgti į STSĮ ruože numatomus kelių plėtros, rekonstrukcijos ar dangos taisymo projektų projektinius sprendinius.

Pastaba: *vykdant STSĮ ir ESĮ diegimą Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose būtina pakartotinai surinkti ir išanalizuoti informaciją apie STSĮ ruože planuojamus kelių plėtros, rekonstrukcijos ar dangos taisymo projektus, bei įvertinus jų projektinius sprendinius užtikrinti, jog STSĮ ruože būtų išlaikyti metodikoje nurodyti kriterijai.*

5) Elektros ir ryšio duomenų perdavimui galimybės

STSĮ įrengimo preliminarios vietos parenkamos atsižvelgiant į elektros energijos pajungimo ir ryšio duomenų perdavimui galimybes. Tam tikslui pasiekti reikia surinkti informaciją iš valstybinės reikšmės kelius prižiūrinčių įmonių ir PKPD (STSĮ tarptautiniuose PKP) t. y. reikalinga surinkti ir išanalizuoti informaciją apie elektros ir ryšio duomenų perdavimui galimybes preliminariose STSĮ vietose.

6) LAKD ir visų suinteresuotų institucijų pastabos

Bendradarbiaujant kartu su VKTI ir sudarius preliminarų STSĮ vietų sąrašą, bei išdėsčius juos valstybinės reikšmės automobilių kelių tinkle, pagal aukščiau išdėstytus kriterijus, yra būtina šias preliminarias STSĮ įrengimo vietas suderinti su LAKD ir įvertinti visų suinteresuotų institucijų pastabas.

7) STSĮ ruožo kelio dangos konstrukcija

Surinkti ir išanalizuoti informaciją apie esamą kelio dangos konstrukciją ir jos būklę, kelių ruožuose, kuriuose nurodytos preliminarios STSĮ įrengimo vietos, apklausiant valstybinės reikšmės kelius prižiūrinčias įmones ir PKPD (dėl planuojamo STSĮ tarptautiniame PKP).

Pagal COST 323 reikalavimus 200 m prieš STSĮ ir 50 m už jo, danga turi atitikti sekančius reikalavimus*:

- didžiausias provėžos gylis <4 mm, matuojant 3 m liniuote;
- įlinkis $<15 \times 10^{-2}$ mm nuo dinaminės 5 t apkrovos;
- nelygumo indeksas (IRI) <1,3 m/km;
- asfalto (betono) dangos storis turi būti >10 cm;
- danga turi būti homogeniška (be sujungimų) per eismo juostos plotį.

***Pastaba**: parenkant konkretų STSĮ tipą (kelio dangoje įmontuojamus jutiklius) reikalavimai kelio dangai gali kisti. Pažymėtina, jog dangos reikalavimai nėra sprendžiantieji kriterijai parenkant preliminarius kelio ruožus, kuriuose numatoma įrengti STSĮ, nes juos yra būtina pasiekti prieš įgyvendinant projektą t. y. įgyvendinant projektą yra būtina atlikti specialius dangos tyrimus, kad įvertinti esamų kelio ruožų dangų stiprinimo ar rekonstrukcijos būtinybę (jei dangos stiprumo ar kiti parametrai bus netenkinami).*

***Pastaba:** šiame punkte numatyti reikalavimai kelio dangos konstrukcijos stiprumui (įlinkiui) turi būti užtikrinti visų metų bėgyje t. y. nepriklausomai nuo metų laiko, aplinkos ir oro sąlygų. Kitu atveju gali susidaryti galimybė ženkliai padidėti nustatomų rodiklių paklaidai.*

3.3. Transporto eismo stebėjimo įrenginių vietų parinkimo kriterijai

Lygiai taip pat kaip ir sunkiojo transporto svėrimo įrenginiams, eismo stebėjimo įrenginiams įdiegti turi būtį atrinktos vietos. ESĮ vietos turi tenkinti mažiau reikalavimų negu STSĮ, kadangi eismo stebėjimo vykdymui ir kontrolei nereikia didelio tikslumo. ESĮ vietos turi atitikti šiuos reikalavimus:

1) ***Bendras transporto priemonių eismo intensyvumas***

2-ame šios darbo ataskaitos priede pateiktas bendras transporto priemonių intensyvumo žemėlapis Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose, kuriame matyti, kad intensyviausias transporto eismas vyksta kelio ruožuose einančiuose per arba aplink didžiausius šalies miestus, todėl būtent aplink juos arba juose tikslingiausia numatyti ESĮ.

***Pastaba:** Kadangi šiame darbe analizuojamos ITS įrengimo galimybes valstybinės reikšmės keliuose ir siekiant šių ITS įrenginių (STSĮ ir ESĮ) didesnio efektyvumo, siūloma ESĮ vietas sutapatinti su STSĮ vietomis, papildomai numatant pačiuose intensyviausiuose kelių ruožuose, esančiuose šalia didžiųjų miestų arba juose (kai valstybinės reikšmės kelio ruožas sutampa su miesto gatve). Be to miestuose ESĮ gali būti naudojami kur kas įvairiau nei užmiesčio keliuose (greičio kontrolei, juostos kontrolei, posūkio kontrolei, šviesoforo spalvos kontrolei ir pan.).*

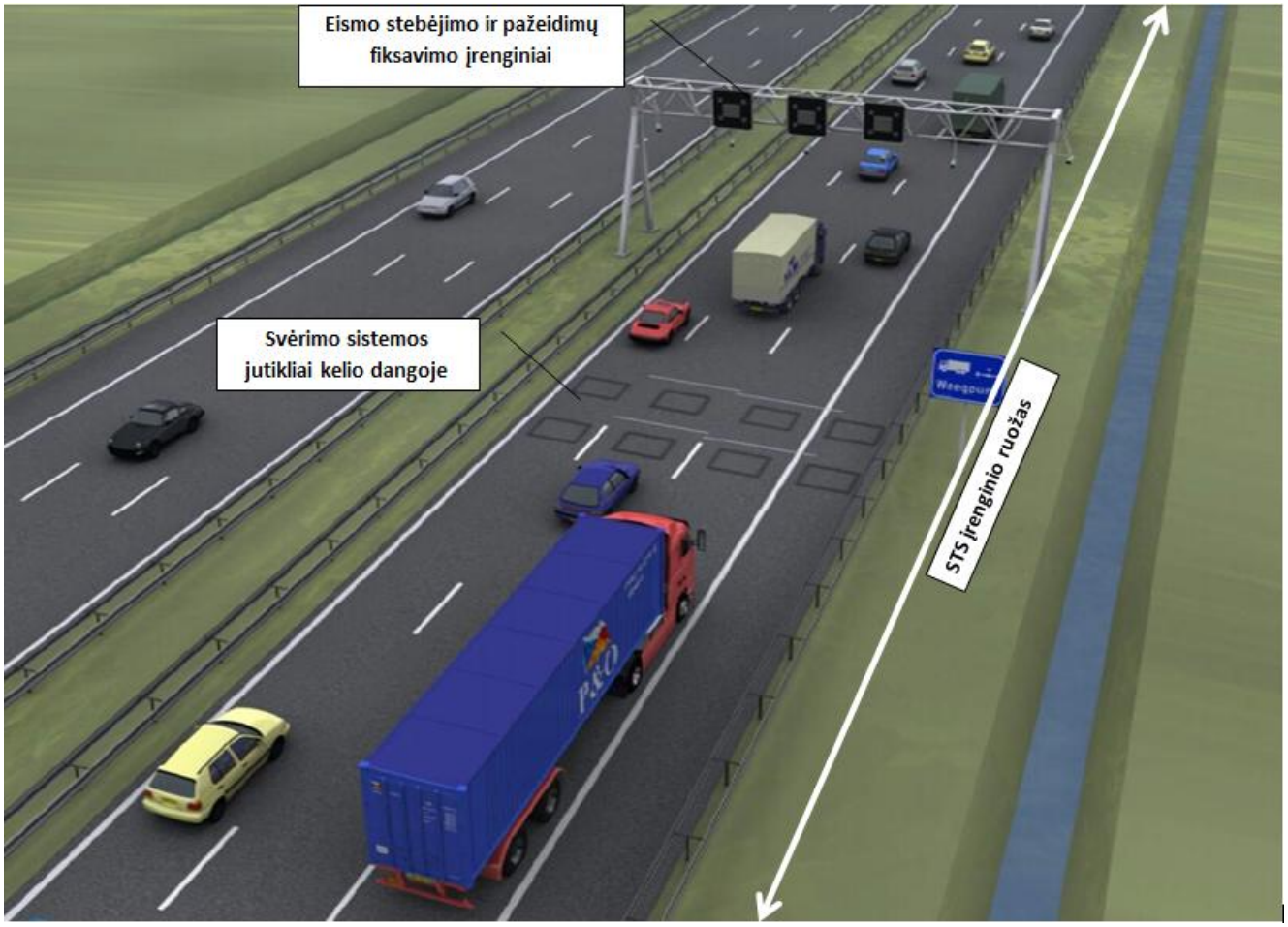
2) ***Elektros ir ryšio duomenų perdavimui galimybės***

ESĮ preliminarios vietos parenkamos atsižvelgiant į elektros energijos pajungimo ir ryšio duomenų perdavimui galimybes, tam tikslui pasiekti reikia surinkti informaciją iš valstybinės reikšmės kelius prižiūrinčių įmonių.

3) LAKD ir visų suinteresuotų institucijų pastabos

Sudarius preliminarų ESĮ vietų sąrašą, bei išdėsčius juos valstybinės reikšmės automobilių kelių tinkle, pagal aukščiau išdėstytus kriterijus, yra būtina šias preliminarias ESĮ įrengimo vietas suderinti su LAKD ir įvertinti visų suinteresuotų institucijų pastabas.

3.1 pav. pateikta principinė STSĮ ir ESĮ išdėstymo ir veikimo schema: svėrimo sistemos jutikliai esantys kelio dangoje tiesiogiai perduoda informaciją apie sveriamos transporto priemonės svorio parametrus valdikliui. Valdiklio programinei įrangai atpažinus pažeidimą, skaitmenine kamera yra užfiksuojamas pažeidėjas, o informacija nedelsiant perduodama pažeidimus administruojančiai institucijai.



3.1 pav. Principinė STSĮ ir ESĮ veikimo schema

3.4. Trečiojo skyriaus išvados

Vis didėjantys transporto srautai ir mažėjantis kelių priežiūros finansavimas verčia ieškoti būdų kaip sumažinti transporto priemonių daromą žalą kelių infrastruktūrai ir eismo dalyviams bei kaip sumažinti išlaidas kelių priežiūrai. Sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo

sistemų diegimas būtų vienas iš efektyviausių sprendimų tam pasiekti. Įdiegus STSĮ ir ESĮ sistemas Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose nauda būtų gaunama šiose srityse:

- užkirstas kelias perkrauto sunkiojo transporto eismui Lietuvos automobilių kelių tinkle;
- visų eismo sraute transporto priemonių identifikavimas ir kontrolė;
- statistinės informacijos rinkimas;
- eismo saugumo gerinimas.

Parenkant vietas sunkiojo transporto svėrimo įrenginiams, turi būti atsižvelgta į sunkiojo transporto eismo intensyvumą, transporto eismo rėžimą ir sunkiojo transporto ar jų masės ribojimą, kelio geometrinius parametrus, numatomus kelio rekonstrukcijos ar remonto darbus, elektros ir ryšio duomenų perdavimui galimybes, LAKD ir visų suinteresuotų institucijų pastabas, STSĮ ruožo kelio dangos konstrukciją. Ateityje norint teisėtai bausti už svorio viršijimą automatizuotomis WIM sistemomis, atrinktos vietos būtinai turi tenkinti aprašytą transporto eismo rėžimą, kelio geometrinius parametrus, kelio dangos konstrukciją. Taip pat labai svarbu parinkti vietas taip, kad sunkiojo transporto priemonių srautas būtų kontroliuojamas visame Lietuvos kelių tinkle, o vairuotojams nebūtų galimybės apvažiuoti svėrimo vietų magistraliniais ir krašto keliais.

ESĮ įrengimo vietoms parinkti reikia įvertinti bendrą transporto eismo intensyvumą, elektros ir ryšio duomenų perdavimui galimybes, LAKD ir visų suinteresuotų institucijų pastabas.

Siekiant didesnio STSĮ ir ESĮ sistemų efektyvumo, siūloma ESĮ įrengimo vietas sutapatinti su STSĮ įrengimo vietomis, papildomai numatant vien tik ESĮ įrengimo vietas intensyviausiuose kelių ruožuose, esančiuose šalia didžiųjų miestų arba juose.

4. SUNKIOJO TRANSPORTO SVĖRIMO IR TRANSPORTO EISMO STEBĖJIMO SISTEMOS ĮGYVENDINIMO LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ TINKLUI MODELIS

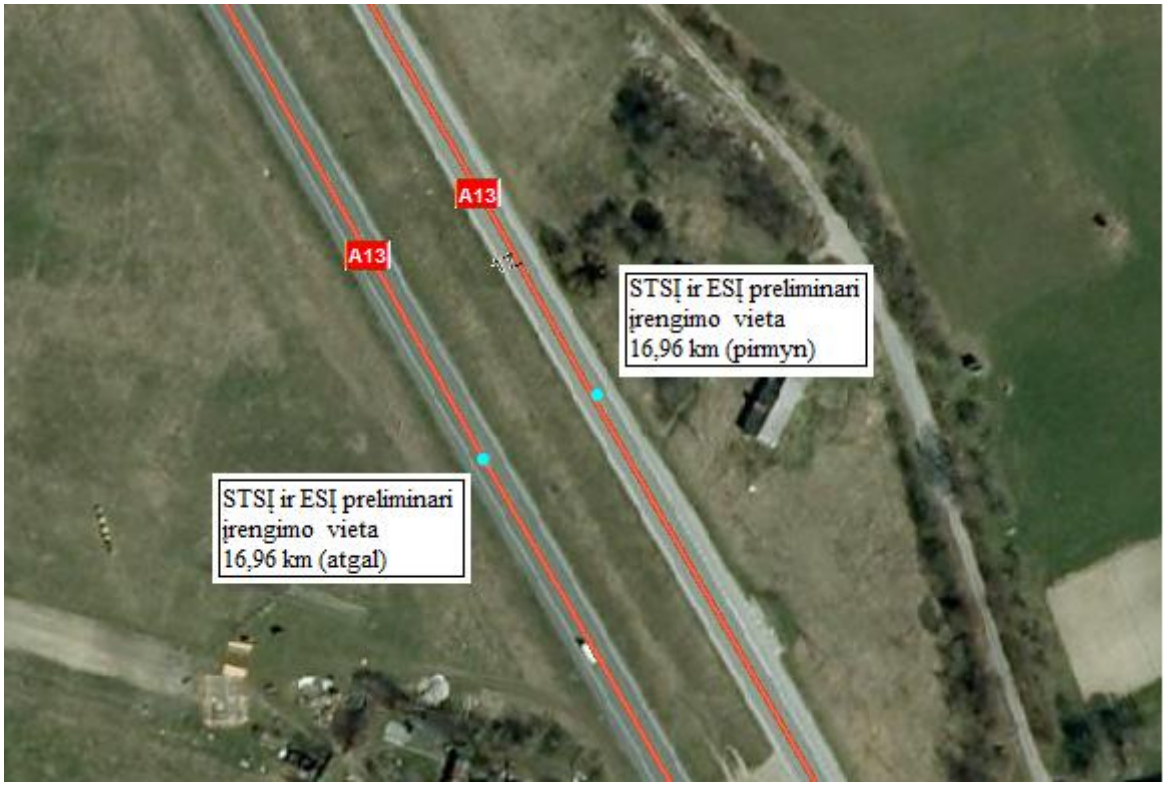
STSĮ preliminarios įrengimo vietos valstybinės reikšmės automobilių keliuose parinktos vadovaujantis 3 skyriuje aprašyta metodika, bei įvertinus LAKD ir suinteresuotų institucijų pastabas. Kiekvienai preliminariai STSĮ ir ESĮ įrengimo vietai aprašyti buvo sudarytos vietų technologinės kortelės. Vienos įrengimo vietos technologinė kortelė susideda iš :

- ortofoto nuotraukos, kurioje tam tikroje kelio vietoje yra pažymėtos STSĮ ir ESĮ vietos (nurodant kelią, važiavimo kryptį ir tikslų kilometrą) (pvz. pateiktas 4.1 pav.);
- STSĮ ir ESĮ preliminarios įrengimo vietos ruožo parametrų lentelės, kurioje pateikta informacija apie tame kelio ruože esantį bendrą ir sunkiojo transporto VMPEI, įrenginio tipą, kelio numerį ir pavadinimą, tikslią vietą, įrenginio veikimo kryptį, vietų koordinates, kelio ruožo išilginį ir skersinį nuolydžius, transporto srauto rėžimą, elektros privedimo galimybes, kelio dangos konstrukciją, kelio dangos nelygumo indeksą IRI, provėžos gylį, planuojamus rekonstrukcijos arba remonto darbus, tą kelio ruožą prižiūrinčią valstybinę įmonę (pvz. pateiktas 4.1 lentelėje).

Įvertinti kelių ruožų (kuriuose numatyti STSĮ ir ESĮ preliminarios vietos) atitikimą parengtoje metodikoje nustatytiems kriterijams buvo naudojamasi Lietuvos automobilių kelių informacinės sistemos (toliau – LAKIS) duomenimis (2011 m. Lapkritis), bei surenkant ir išanalizuojant informaciją iš valstybinės reikšmės kelius prižiūrinčių įmonių, PKPD. STSĮ poreikis ir preliminarios jų įrengimo vietos buvo parinktos įvertinant informaciją iš VKTI, Policijos departamento prie Vidaus reikalų ministerijos Lietuvos kelių policijos tarnybos, VĮ „Regitra“, LAKD.

Automatizuota STSĮ ir ESĮ sistema Lietuvoje dar neišbandyta, todėl atsižvelgiant į atliktos „Intelektinių (pažangių) transporto sistemų įgyvendinimo Lietuvoje galimybių studija“ rekomendacijas, siūloma šios sistemos įgyvendinimą atlikti dviem etapais, kurie detaliai aprašyti sekančiuose 4.1 ir 4.2 poskyriuose.

Kortelės ID 24. A13 Klaipėda – Liepoja 16,96 km (pirmyn ir atgal)



4.1 pav. Vietovės vaizdas kelyje A13 Klaipėda – Liepoja 16,96 km (pirmyn ir atgal)

4.1 lentelė. STSĮ ir ESĮ preliminarios įrengimo vietos ruožo parametrai

Eismo intensyvumas	Bendras	8931 aut./parą	
	Sunkiojo transporto	559 aut./parą	
Įrenginys		STSĮ ir ESĮ	
Įrenginio vieta	Kelio Nr.	A13	
	Kelio pavadinimas	Klaipėda – Liepoja	
	Vieta (kryptis)	16,96 km (pirmyn)	16,96 km (atgal)
	Ašies koordinatės (LKS-94)	X-6193683,51 Y-319483,00	X-6193667,83 Y-319453,70
Išilginis nuolydis		<1%	<1%
Skersinis nuolydis		<3%	<3%
Transporto eismo rėžimas		tinkamas	tinkamas
Elektros privedimo galimybės		Apie 100 m	
Kelio dangos konstrukcija		Asfalto danga (>10 cm)	Asfalto danga (>10 cm)
Kelio dangos nelygumas IRI (max)		4,09 m/km	2,66 m/km
Provėžos gylis (max)		10,8 mm	7,2 mm
Planuojami rekonstrukcijos arba remonto projektai		-	
Valstybinės reikšmės kelius prižiūrinti įmonė		VĮ „Klaipėdos RK“	

4.1. Sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemos įgyvendinimo I etapas

Pirmajame etape, STSĮ ir ESĮ vietos parinktos siekiant kuo daugiau apriboti sunkiojo transporto patekimą į didžiuosius Lietuvos miestus (Vilnių, Kauną, Klaipėdą, Panevėžį ir Šiaulius) nenustačius bendrosios masės ir ašinių apkrovų. Šiam tikslui pasiekti reikia įrengti 39 STSĮ ir ESĮ, išdėstytus valstybinės reikšmės automobilių kelių tinkle (4 priedas). Įgyvendinus I etapą butų sukurta sunkiojo transporto svėrimo sistema, įgalinanti kontroliuoti šalyje intensyviausius sunkiojo transporto eismo srautus. Tačiau atskiruose rajonuose kontrolės laipsnis būtų mažesnis, todėl pasiteisinus projektui rekomenduotina sunkiojo transporto svėrimo sistemą išplėsti į kitus rajonus.

Pastaba: *IA įgyvendinimo etapo visos STSĮ ir ESĮ preliminarios įrengimo vietos (jų kortelių ID 11-24) yra I įgyvendinimo etapo sudėtinė dalis.*

4.2. Sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemos įgyvendinimo II etapas

Antruoju etapu papildomai įrengus 17 STSĮ ir ESĮ prie tarptautinių PKP ir strategiškai svarbiose vietose būtų sukurtas automatizuotas sunkiojo transporto svėrimo tinklas, apimantis visą Lietuvos teritoriją (4 priedas), kuris leistų iš esmės kontroliuoti sunkiojo transporto srautus visoje Lietuvoje ir taip sumažinti sunkiojo transporto daromą žalą kelių infrastruktūrai. Taip pat antrajame etape papildomai intensyviausiuose kelių ruožuose reikėtų įrengti 12 vien tik ESĮ.

STSĮ ir ESĮ sistemą įdiegus siūlomose vietose ir siūlomoje apimtyje, taip pat parinkus tinkamus STSĮ ir ESĮ, bei sutvarkius įstatyminę bazę, būtų optimaliai sprendžiama sunkiojo transporto viršsvorio vežimo ir netvarkingų transporto priemonių eksploatavimo problema Lietuvoje.

Pastaba: *Aukščiausio rezultato pasiekimui turėtų būti tęsiama periodinė mobili sunkiojo transporto viršsvorio kontrolė, o valstybinės reikšmės rajoniniuose ir vietinės reikšmės keliuose būtina riboti sunkiojo transporto masę atitinkamais kelio ženklais.*

4.3. Sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemos įgyvendinimo IA etapas

Atsižvelgiant į STSĮ ir ESĮ technologijų kaštus, jų naujumą, sudėtingumą ir nepakankamą ištyrimą tinkamumui Lietuvos sąlygomis, rekomenduotina atlikti pradinį šių įrenginių diegimo etapą (IA etapas). Šio etapo metu rekomenduojama įrengti 14 sutapdintų STSĮ ir ESĮ.

Įgyvendinant IA etapą numatoma kuo daugiau apriboti sunkiojo transporto patekimą į Kauno ir Klaipėdos miestus (4 priedas). Kauno miestas pasirinktas, todėl, kad per jį ir šalia jo praeina svarbiausi ir intensyviausi I ir IXB tarptautiniai transporto koridoriai. O Klaipėdos miestas

siūlomas, todėl, kad šiame mieste yra tarptautinis jūrų uostas. Be to šiame regione jau yra veikiantis STSĮ (netoli Klaipėdos prie magistralinio kelio A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda 302,5 km) ir įrengus papildomai nuo 2 iki 5 STSĮ (jeigu valstybinės reikšmės krašto keliuose Nr. 227 Jakai–Dovilai–Laugaliai, Nr. 217 Klaipėda–Jokūbavas ir Nr. 168 Klaipėda–Kretinga sunkiojo transporto masė bus ženklais ribojama nuolat, tuomet pakaktų 2 STSĮ) galima pasiekti optimalią sunkiojo transporto kontrolę šiame regione. Šiems tikslams pasiekti reikėtų iš viso įrengti nuo 11 iki 14 STSĮ ir ESĮ (apie Kauną numatant 9, o apie Klaipėdą apie 2–5 STSĮ).

Pastaba: *IA įgyvendinimo etapo visos STSĮ ir ESĮ preliminarios įrengimo vietos (jų kortelių ID 11-24) yra I įgyvendinimo etapo sudėtinė dalis.*

Pastaba: *Šio etapo įgyvendinimas neišspręs sunkiojo transporto viršsvorio problemos kitose šalies apskrityse, tačiau padės įvertinti visoje šalyje numatomos diegti sistemos privalumus ir trūkumus.*

4.4. Ketvirtojo skyriaus išvados

Įgyvendinti sukurtą sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemos teorinį modelį Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose siūloma atlikti dviem etapais (I ir II).

Pirmuoju etapu būtų maksimaliai apribotas sunkiojo transporto patekimas į didžiuosius Lietuvos miestus (Vilnius, Kaunas, Klaipėda, Šiauliai, Panevėžys) neįvertinus jų bendrosios masės ir ašių apkrovų. Tam tikslui reikėtų įrengti 39 STSĮ ir ESĮ Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose.

Antrajame etape papildomai įrengus 17 STSĮ ir ESĮ tarptautiniuose pasienio kontrolės postuose bei strategiškai svarbiose vietose, būtų sukurtas automatizuotas sunkiojo transporto svėrimo tinklas, apimantis visą Lietuvos teritoriją. Taip pat antruoju etapu pačiuose intensyviausiuose kelių ruožuose papildomai reikėtų įrengti 12 vien tik ESĮ.

Tačiau atsižvelgiant į STSĮ ir ESĮ technologijų kaštus, jų naujumą, sudėtingumą ir nepakankamą ištyrimą tinkamumui Lietuvos sąlygomis, rekomenduotina atlikti pradinį šių įrenginių diegimo etapą (IA etapas). Šio etapo metu rekomenduojama įrengti 14 sutapdintų STSĮ ir ESĮ aplink Kauno ir Klaipėdos miestus. Šio etapo įgyvendinimas įgalintų įvertinti sistemos patikimumą bei poreikį papildomoms priemonėms, diegiant visą STSĮ ir ESĮ sistemą.

BENDROSIOS IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Transporto priemonės masė įtakoja eismo saugumą kelyje. Perkrautos transporto priemonės tampa mažiau stabilesnės ir sunkiau valdomos, jų stabdymo kelias pailgėja, greičiau dyla padangos ir labiau įkaista stabdžiai. Nustatyta, kad iš visų įskaitinių eismo įvykių su sunkiuoju transportu, dėl sunkiojo transporto kaltės vidutiniškai įvyksta 43 % šių eismo įvykių.
2. Perkrautas sunkusis transportas daro didelę žalą kelių ir tiltų konstrukcijoms, dėl ko sutrumpėja realus infrastruktūros tarnavimo laikotarpis. Preliminariai įvertinta, kad jeigu kelio be perkrautų transporto priemonių planuojamas tarnavimo laikotarpis 20 metų, tai esant srauto viršsvoriams iki 10 % investicijos remontui būtų reikalingos jau po 12 metų. Perkrautų transporto priemonių žala keliams per metus gali siekti apie 180 mln. Lt.
3. Pasaulyje naudojami sunkiojo transporto svėrimo būdai: statinis, svėrimas judesyje esant mažam greičiui, svėrimas judesyje esant dideliam greičiui, svėrimas judesyje daugialypiais jutikliais, svėrimas judesyje ant tiltų. Automatizuota viršsvorio pažeidimų kontrolė pasaulyje yra įrengta tik Čekijoje, tačiau dar pilnai neveikia dėl trūkstamo teisinio reguliavimo.
4. Įdiegus sunkiojo transporto svėrimo ir transporto eismo stebėjimo sistemą Lietuvos automobilių kelių tinkle, būtų: užkirstas perkrauto sunkiojo transporto eismas Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose; visos transporto priemonės eisme būtų identifikuojamos ir, esant tam tikriems KET pažeidimams, automatizuotai baudžiamos; pagerintas eismo saugumas; išplėstas statistinės informacijos rinkimo tinklas; atsirastų galimybė ateityje įdiegti papildomas ITS technologijas.
5. STSĮ įrengimo vietos tūrėtų būti parenkamos įvertinant sunkiojo transporto priemonių eismo intensyvumą, transporto eismo rėžimą ir sunkiojo transporto ar jų masės ribojimus, kelio geometrinius parametrus, numatomus rekonstrukcijos ar remonto darbus, elektros ir ryšio galimybes, visų suinteresuotų institucijų pastabas, kelio dangos konstrukciją. ESĮ įrengimo vietos turi būti parenkamos įvertinant bendrą transporto priemonių eismo intensyvumą, elektros ir ryšio galimybes, visų suinteresuotų institucijų pastabas.
6. Darbe atlikti tyrimai leidžia pagrįstai teigti, kad Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose įdiegus 56 STSĮ ir 68 ESĮ (iš jų 56 vietos sutampa su STSĮ) būtų sudarytos sąlygos stebėti transporto srautus pagrindiniais maršrutais, bei nustatyti KET ir kitų Lietuvos Respublikos teisės aktų pažeidėjus. Nesant galimybės šių įrenginių įrengti vienu etapu, siūloma juos įrengti dviem etapais. Pirmame etape – 39 STSĮ ir ESĮ, antrajame – 17 STSĮ ir ESĮ, bei 12 tik ESĮ.

7. Atsižvelgiant į STSĮ ir ESĮ technologijų kaštus, jų naujumą, sudėtingumą ir nepakankamą ištyrimą tinkamumui Lietuvos sąlygomis, rekomenduotina atlikti pradinį šių įrenginių diegimo etapą (IA etapas). Šio etapo metu rekomenduojama įrengti 14 sutapdintų STSĮ ir ESĮ.
8. Šiuo metu pasaulyje tiksliausi ir patikimiausi svėrimui judesyje yra kvarciniai jutikliai, tačiau diegiant STSĮ ir ESĮ sistemą ir parenkant konkrečius STSĮ ir ESĮ būtina pakartotinai detaliai išanalizuoti visas naujausias STSĮ ir ESĮ technologijas ir įvertinti jų tinkamumą numatytai paskirčiai.
9. Parinkti STSĮ ir ESĮ turėtų būti sertifikuoti ir atitikti Europos Sąjungos direktyvas dėl atitikties, taip pat turėtų atitikti Lietuvos ir Europos Sąjungos galiojančius teisės aktų reikalavimus, kitu atveju nebūtų galimybės teisėtai bausti už sunkiojo transporto viršsvorio, bei kitus pažeidimus.
10. STSĮ ir ESĮ įrengimas kiekvienoje konkrečioje vietoje turėtų būti vykdomas parengiant techninį projektą, kuriame be Lietuvos Respublikos statybos įstatyme (Žin., 1996, Nr. 32-788; 2010, Nr. 84-4401) ir Statybos techniniame reglamente STR 1.05.06:2010 „Statinio projektavimas“ numatytų reikalavimų turėtų būti įvertinta kiekvienos konkrečios vietos atitikimas STSĮ ir ESĮ metodikų reikalavimams.
11. Optimalaus rezultato pasiekimui turėtų būti tęsiama periodinė mobili sunkiojo transporto svorio kontrolė, bei atitinkamais kelio ženklais apribojamas sunkiojo transporto eismą valstybinės reikšmės rajoniniuose ir vietinės reikšmės keliuose.
12. Dėl nepakankamo STSĮ skaičiaus IA etape ir visos sistemos diegimo etapais gali išaugti sunkiojo transporto srautai keliuose, kuriuose nebus įrengti STSĮ, kadangi perkrautos sunkiojo transporto priemonės gali bandyti apvažiuoti svėrimo vietas kitais keliais. Todėl šiuose keliuose padidės neigiamas poveikis kelių infrastruktūrai (kelio danga, tiltai, viadukai ir pan.), gali padidėti avaringumas ir kitas neigiamas poveikis aplinkai.
13. Būtina įvertinti kelių priežiūros vykdymą STSĮ ruožuose, kadangi netinkama kelių priežiūra gali sugadinti kelio dangoje esančius apkrovos jutiklius, arba padidinti jų matavimo paklaidas, kurios viršytų nustatytus reikalavimus.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. KTR 1.01:2008 Kelių techninis reglamentas. Automobilių keliai. Vilnius, 2008.
2. Lietuvos automobilių kelių direkcija [interaktyvus]. [žiūrėta 2012-05-20]. Prieiga per internetą: http://www.lra.lt
3. European Union Road Federation 2011. ERF 2011 European Road Statistics. Brussels, 2011, 92 p.
4. VĮ Transporto ir kelių tyrimo institutas 2012. 2011 metų eismo intensyvumų ataskaita.
5. Šiaudinis, G.; Čygas, D. 2007. Determination of seasonal effects on the structural strength of asphalt pavements, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering 2(2):* 67-72 p.
6. Bertulienė, L. 2011. Automobilių kelių konstrukcijos pagrindo sluoksnių stiprumo nustatymo metodų vertinimas, tyrimai ir taikymas. Daktaro disertacija. Vilnius, Technika.
7. Lietuvos Respublikos Susisiekimo ministro įsakymas Nr. 3-66 „Dėl maksimalių leidžiamų transporto priemonių matmenų, leidžiamų ašies (ašių) apkrovų, leidžiamos bendrosios masės patvirtinimo“. 2002 m. vasario 18 d.
8. UAB „PI konsultacijos“, „Rapp Trans“ AG, UAB „Blue Bridge“ 2011. Intelektinių (pažangių) transporto sistemų įgyvendinimo Lietuvoje galimybių studija. Vilnius, 250 p.
9. Васильев, А. П.; Сиденко, В. М. 1990. Экспуатация автомобильных дороги организация дорожного движения. М.: „Транспорт“. 304 с.
10. Sivilevičius, H.; Šukevičius, Š. 2007. Dynamics of vehicle loads on the asphalt pavement of European roads which cross Lithuania, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering 2(4):* 147-154 p.
11. Sokolov, J.; Sivilevičius, H. 2011. Sunkiųjų automobilių sąveikos su kelio danga ir jų įtakos konstrukcijos sluoksniams analizė, *Mokslas – Lietuvos ateitis 3(2):* 103-109 p.
12. Kulakowski, B. T.; Muthiah, S.; Yu, N.; Klinikowski, D. J. 2004. Effects of weight on performance of transit vehicles, *Proceedings 8th International Symposium on Heavy Vehicle Weights and Dimensions.*
13. Jacob, B. 2008. Weigh-in-motion for road safety, enforcement and infrastructures.
14. Wermeskerken B. 2005. Project Remove. Work Package 4.
15. Advanced Traffic Management System [interaktyvus]. [žiūrėta 2012-05-20]. Prieiga per internetą: http://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Traffic_Management_System
16. Marma, A.; Eidukas, D.; Valinevičius, A.; Žilys, M. 2004. Intelektualiosios transporto valdymo sistemos, *Elektronika ir elektrotechnika 7(56).*
17. Vilniaus miesto vairuotojų informacinė sistema [interaktyvus]. [žiūrėta 2012-05-20]. Prieiga per internetą: http://www.sviesoforai.lt/

18. Federal Highway Administration (FHWA) 2007. Commercial Motor Vehicle Size and Weight Enforcement in Europe. 104 p.
19. CROSS įmonės internetinis puslapis [interaktyvus]. [žiūrėta 2012-05-20]. Prieiga per internetą: http://www.cross.cz/en/
20. Zhang, L. 2007. An Evaluation of the Technical and Economical Performance of Weigh-In-Motion Sensing Technology. 144 p.
21. Quilligan, M. 2003. Bridge Weigh-in-Motion, Development of a 2-D Multi-Vehicle Algorithm, *Bulletin 69:* 162 p.
22. International Road Dynamics [interaktyvus]. [žiūrėta 2012-05-20]. Prieiga per internetą: http://www.irdinc.com/
23. Kistler įmonės internetinis puslapis [interaktyvus]. [žiūrėta 2012-05-20]. Prieiga per internetą: http://www.kistler.com/
24. CITA 2007. AUTOFORE Report, Study on the Future Options for Roadworthiness Enforcement in the European Union. 57 p.
25. Gaumont, N. 2008. The Role of Automatic License Plate Recognition Technology in Policing: Results from the Lower Mainland of British Columbia, *The Police Chief, vol. LXXV, no. 11*.
26. PIPS Technology įmonės internetinis puslapis [interaktyvus]. [žiūrėta 2012-05-20]. Prieiga per internetą: http://pipstechnology.com/
27. Advanced Transportation management technologies 1997. Electronic toll-collection system.
28. Kallberg, V.; Zaidel, D.; Vaa, T.; Malestein, J.; Siren, A.; Gaitanidou, E. 2008. Police Enforcement Policy and Programmes on European Roads, Final Report.
29. UAB „Viltechna“ internetinis puslapis [interaktyvus]. [žiūrėta 2012-05-20]. Prieiga per internetą: http://www.viltechna.lt/
30. Žukauskas, S. 2011. Nacionaliniai greičio matavimo ypatumai: prieš greičio mėgėjus – rusiška „sunkioji artilerija“ [interaktyvus]. *Mokslo ir technologijų pasaulis* [žiūrėta 2012-05-20]. Prieiga per internetą: http://www.technologijos.lt/
31. SIMICON [interaktyvus]. [žiūrėta 2012-05-20]. Prieiga per internetą: http://www.simicon.com/cordon.php
32. Valstybinė kelių transporto inspekcija prie Susisiekimo ministerijos [interaktyvus]. [žiūrėta 2012-05-20]. Prieiga per internetą:: http://www.vkti.gov.lt/
33. UAB „Fima“ internetinis puslapis [interaktyvus]. [žiūrėta 2012-05-20]. Prieiga per internetą:: http://www.fima.lt/
34. COST 323 „Weigh-in-Motion of Road Vehicles“ 2002. 84 p.

PRIEDAI

1 PRIEDAS. Sunkiojo transporto priemonių eismo intensyvumų žemėlapis. ..... 1 lapas.

2 PRIEDAS. Eismo intensyvumų žemėlapis. ..... 1 lapas.

3 PRIEDAS. STSĮ ir ESĮ preliminarių įrengimo vietų žiniaraštis ..... 4 lapai.

4 PRIEDAS. Įgyvendinimo etapai ..... 3 lapai.