VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
KELIŲ KATEDRA

Sandra Jakulytė

ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ ANALIZĖ IR JŲ TAIKYMO REKOMENDACIJOS LIETUVOS VALSTYBINĖS REIKŠMĖS MAGISTRALINIUOSE IR KRAŠTO KELIUOSE

ANALYSIS OF ROUNDABOUTS AND RECOMMENDATIONS FOR THEIR USE IN LITHUANIAN NATIONAL ROADS

Baigiamasis magistro darbas

Kelių eismo saugumo inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H22001
Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2018

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
KELIŲ KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas
_____
(Parašas)
Virgaudas Puodžiukas
(Vardas, pavardė)
2018 05 22
(Data)

Sandra Jakulytė

ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ ANALIZĖ IR JŲ TAIKYMO REKOMENDACIJOS LIETUVOS VALSTYBINĖS REIKŠMĖS MAGISTRALINIUOSE IR KRAŠTO KELIUOSE

ANALYSIS OF ROUNDABOUTS AND RECOMMENDATIONS FOR THEIR USE IN LITHUANIAN NATIONAL ROADS

Baigiamasis magistro darbas

Kelių eismo saugumo inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H22001
Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vadovas	doc. dr. Virgaudas Puodžiukas		2018 05 18
	(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)	(Parašas)	(Data)
Konsultantas	_____	_____	_____
	(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)	(Parašas)	(Data)
Lietuvių kalbos konsultantas	dr. Aušra Žemienė		2018-05-18
	(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)	(Parašas)	(Data)

Vilnius, 2018

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
KELIŲ KATEDRA

Statybos inžinerija (02 T) studijų kryptis

Kelių eismo saugumo inžinerija studijų programa,

valstybinis kodas 6211EX044

TVIRTINU
Katedros vedėjas
(Parašas)
VGTU
Kelių katedros vedėjas
doc. dr. Virgaudas Puodžiukas
(Vardas, pavardė)
2018 03 20
(Data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO UŽDUOTIS

2016-11-23..Nr. .....
Vilnius

Studentui (ei) Sandrai Jakulytei
.....
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: **Žiedinių sankryžų analizė ir rekomendacijos jų taikymui Lietuvos valstybinės reikšmės magistraliniuose ir krašto keliuose.**
.....

patvirtinta 2018 m. kovo 19 d. dekano potvarkiu Nr. 83 ap

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2018 m. gegužės 21 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Išnagrinėti LR ir užsienio šalyse galiojančius sankryžų projektavimo norminius dokumentus ir teisės aktus. Išnagrinėti mokslo tyriamųjų darbų medžiagą, lieratūrą ir mokslo straipsnius baigiamojo darbo tema. Susipažinti su funkcinio kelių sirstymo ir eismo kokybės vertinimo teorija. Atlikti pasirinktų ir su vadovu suderintų žiedinių sankryžų pralaidumo ir tinkamumo kelių funkcinei paskirčiai tyrimą. Atlikti tyrimo rezultatų analizę. Įvertinti tyriamojo darbo rezultatus ir pateikti darbo išvadas, bei rekomendacijas žiedinių sankryžų taikymui valstybės reikšmės magistraliniuose ir krašto keliuose. Parengti mokslinį straisnį baigiamojo darbo tema.
.....

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

Vadovas ..... doc. dr. Virgaudas Puodžiukas
(Paraša) (Moksl. laipsnis/pedag.vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau
.....
(Parašas)
Sandra Jakulytė
(Vardas, pavardė)
2016-11-23
(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Aplinkos inžinerijos fakultetas
Kelių katedra

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

Antrosios pakopos studijų **Kelių eismo saugumo inžinerijos** programos magistro baigiamasis darbas 4

Pavadinimas	**Žiedinių sankryžų analizė ir jų taikymo rekomendacijos Lietuvos valstybinės reikšmės magistraliniuose ir krašto keliuose**
Autorius	**Sandra Jakulytė**
Vadovas	**Virgaudas Puodžiukas**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe siekiama nustatyti valstybinės reikšmės magistraliniuose ir krašto keliuose įdiegtų žiedinių sankryžų pralaidumo rodiklius bei jų ryšį su kelių funkcinės paskirties eismo kokybės lygiu. Darbe analizuojamos žiedinės sankryžos, jų tipai, taip pat nagrinėjama atpažįstamų kelių teorija ir jos principai. Baigiamojo darbo tikslas – išnagrinėti Lietuvos žiedinių sankryžų projektavimą reglamentuojančius dokumentus, užsienio šalių patirtį ir pateikti rekomendacijas žiedinių sankryžų projektavimui valstybinės reikšmės magistraliniuose ir krašto keliuose. Tyrimui atlikti taikoma HCM 2010 metodika, pagal kurią atliekami pralaidumo nustatymo skaičiavimai žiedinėms sankryžoms, analizuojamas kelių saugumas. Darbo pabaigoje pateikiama rezultatų analizė, išvados bei rekomendacijos žiedinių sankryžų taikymui magistraliniuose ir krašto keliuose.

Darbą sudaro: įvadas, keturi skyriai, išvados, rekomendacijos, literatūros sąrašas.
Darbo apimtis – 75 p. teksto be priedų, 31 paveikslai, 17 lentelių, 33 literatūros šaltiniai.
Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: atpažįstami keliai, eismo intensyvumas, eismo kokybės rodiklis, pralaidumas, žiedinė sankryža

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Environmental Engineering
Department of Roads

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

Master Degree Studies **Road Safety Engineering** study programme Master Graduation Thesis 4

Title **Analysis of Roundabouts and Recommendations for their Use in Lithuanian National Roads**

Author **Sandra Jakulytė**

Academic supervisor **Virgaudas Puodžiukas**

Thesis language: Lithuanian

Annotation

In final master work capacity of roundabouts are analyzed and its influence for roads safety. Roundabouts and their types are analyzed. Level of service of roundabouts is compared with self-explaining roads theory. Aim of the thesis is to analyze Lithuanian requirments for designing roundabouts, compare them with abroad requeirements and form recommendations for roundabouts' use in Lithuanian national roads. Analysis is based on HCM 2010 method, by this method capacity and level of service are calculated. After the examination of theoretical and empirical data, conclusions and recommendations are presented. Thesis consist of: 75 pages text without appendixes, 31 pictures, 17 tables and 33 bibliographical entries. Appendixes included.

Keywords: capacity, level of service, self-explaining roads, volume, roundabouts

Vilniaus Gedimino technikos universiteto
egzaminų sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo
bei gynimo organizavimo tvarkos aprašo
2 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Sandra Jakulytė, 20122678

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Aplinkos inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Kelių eismo saugumo inžinerija, KSImf-16

(Studijų programa, akademinė grupė)

BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

2018 m. gegužės 14 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Žiedinių sankryžų analizė ir jų taikymo rekomendacijos Lietuvos valstybinės reikšmės magistraliniuose ir krašto keliuose" patvirtintas 2018 m. kovo 19 d. dekano potvarkiu Nr. 83ap, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Mano darbo vadovas doc. dr. Virgaudas Puodžiukas.

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

(Parašas)

Sandra Jakulytė
(Vardas ir pavardė)

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS 9
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS 10
ĮVADAS 11
1.LITERATŪROS ANALIZĖ 12
1.1. Lietuviškos literatūros apžvalga 12
1.1.1. Kelių techninis reglamentas 12
1.1.2. Saugaus eismo automobilių keliais įstatymas 13
1.1.3. Žiedinių sankryžų projektavimo metodiniai nurodymai 13
1.1.4. Statybos rekomendacijos R36-01 15
1.1.5. Valstybinės reikšmės kelių suskirstymo pagal paskirtį gairės 16
1.2. Užsienio literatūros šaltinių apžvalga 17
1.2.1. Žiedinės sankryžos sąvoka ir klasifikavimas 17
1.2.3. Atpažįstamų kelių teorijos principai 22
1.2.4. Užsienio šalių kelių klasifikavimas 23
1.3. Literatūros analizės išvados 27
1.3.1. Literatūros analizės išvados kelių saugumo požiūriu 27
2. TEORINIS PAGRINDIMAS 28
2.1. Metodikos esmė 28
2.1.1. Veiksniai, darantys įtaką pralaidumui ir eismo kokybei 28
2.1.2. Rezultatų panaudojimo sritys 30
2.1.3. Metodikos esmės išvados 31
2.2. Metodikos pritaikymas žiedinėms sankryžoms 31
2.2.1. Eismo kokybės rodiklis 31
2.2.2. Įvesties duomenys 32
2.2.3. Metodikos pritaikomumo žiedinėms sankryžoms išvados 33
2.3. Pralaidumo nustatymas 33
2.3.1. Vienos eismo juostos žiedinės sankryžos 33
2.3.2. Daugiau nei vienos eismo juostos žiedinės sankryžos 34
2.3.3. Dešiniojo posūkio apylankos 35
2.4. Analizė 36
2.5. Programinė įranga skaičiavimams atlikti 40
2.6. 30-osios intensyviausios valandos eismo intensyvumas 41
2.7. Teorinio pagrindimo išvados 42
2.7.1. Teorinio pagrindimo išvados kelių saugumo požiūriu 43
3. TIRIAMOJI DALIS 44
3.1. Pradiniai duomenys 44
3.1.1. Merkinės žiedinė sankryža 45
3.1.2. Molėtų žiedinė sankryža 46
3.1.3. Pasvalio žiedinė sankryža 48
3.1.4. Jiezno žiedinė sankryža 50
3.1.5. Prienų žiedinė sankryža 51
3.1.6. Apibendrinimas 53
3.2. Natūriniai tyrimai 53
3.3. Pralaidumo skaičiavimai ir jų rezultatai 57
3.3.1. Merkinės žiedinė sankryža 57
3.3.2. Molėtų žiedinė sankryža 58
3.3.3. Pasvalio žiedinė sankryža 59
3.3.4. Jiezno žiedinė sankryža 60
3.3.5. Prienų žiedinė sankryža 61
3.4. Kitų skaičiavimų rezultatai 62
3.5. Išvados 63

4. REZULTATŲ ANALIZĖ 64
4.1. Žiedinių sankryžų eismo kokybės atitiktis kelių eismo kokybei bei kelių saugumo užtikrinimas 64
4.2. 30-osios intensyviausios metų valandos eismo intensyvumo vertinimo poreikis 67
4.3. Apibendrinimas 69
IŠVADOS 70
REKOMENDACIJOS 72
LITERATŪROS SĄRAŠAS 73
PRIEDAI 75

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Automobilių kelių klasifikacija pagal kategorijas ir reikšmes (KTR 1.01:2008)..... 12
2 lentelė. Žiedinių sankryžų tipai pagal dydį ir kiti parametrai (sudaryta autorės, remiantis MN ŽSP 12)..... 14
3 lentelė. Projektavimo klasės ir sankryžos tipai (Puodžiukas *et al* 2015)..... 17
4 lentelė. Siūlomi kelių tipai (Lippold *et al.* 2015)..... 25
5 lentelė. Užmiesčio kelių tinklo sudėtis JAV (*AASHTO* 2011)..... 26
6 lentelė. Užmiesčio kelių tinklo sudėtis Lietuvoje (Puodžiukas *et al.* 2015)..... 26
7 lentelė. Eismo kokybės rodiklis (*Transportation Research Board* 2010)..... 32
8 lentelė. Eismo kokybės lygiai (MN ŽSP 12)..... 32
9 lentelė. Transporto priemonių sudėties įvertinimas (HCM, 2010)..... 37
10 lentelė. Merkinės žiedinės sankryžos geometriniai parametrai (sudaryta autorės)..... 45
11 lentelė. Molėtų žiedinės sankryžos geometriniai parametrai (sudaryta autorės)..... 47
12 lentelė. Pasvalio žiedinės sankryžos geometriniai parametrai (sudaryta autorės)..... 49
13 lentelė. Jiezno žiedinės sankryžos geometriniai parametrai (sudaryta autorės)..... 50
14 lentelė. Prienų žiedinės sankryžos geometriniai parametrai (sudaryta autorės)..... 52
15 lentelė. Išlaidų ir kuro sąnaudų suvestinė (sudaryta autorės)..... 63
16 lentelė. Kelių funkcinė paskirtis ir LOS (sudaryta autorės)..... 64
17 lentelė. VMPEI ir bendras sankryžos eismo intensyvumas pagal 30 EI duomenis (sudaryta autorės)..... 68

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Galimi apvalių susikirtimų tipai (sudaryta autorės) 18
2 pav. Žiedinių sankryžų projektavimui keliami kriterijai (sudaryta autorės) 21
3 pav. Nyderlandų kelių paskirstymas (sudaryta autorės) 23
4 pav. Veiksniai, darantys įtaką pralaidumui ir eismo kokybei (sudaryta autorės) 29
5 pav. Vienos eismo juostos žiedinės sankryžos eismo srautai (*Transportation Research Board* 2010) 33
6 pav. Daugiau nei vienos eismo juostos žiedinė sankryža Nr. 1 (*Transportation Research Board* 2010) 34
7 pav. Daugiau nei vienos eismo juostos žiedinė sankryža Nr. 2 (*Transportation Research Board* 2010) 34
8 pav. Daugiau nei vienos eismo juostos žiedinė sankryža Nr. 3 (*Transportation Research Board* 2010) 35
9 pav. Apylankų tipai (*Transportation Research Board* 2010) 36
10 pav. Žiedinės važiuojamosios dalies eismo srauto skaičiavimų schema (*Transportation Research Board* 2010) 37
11 pav. Metinio valandinio eismo intensyvumo pokyčio kreivė (*AASHTO* 2011) 42
12 pav. Merkinės žiedinė sankryža (sudaryta autorės) 45
13 pav. Merkinės žiedinės sankryžos 30 EI nustatymo grafikas (sudaryta autorės) 46
14 pav. Molėtų žiedinė sankryža (sudaryta autorės) 46
15 pav. Molėtų žiedinės sankryžos 30 EI nustatymo grafikas (sudaryta autorės) 48
16 pav. Pasvalio žiedinė sankryža (sudaryta autorės) 48
17 pav. Pasvalio žiedinės sankryžos 30 EI nustatymo grafikas (sudaryta autorės) 49
18 pav. Jiezno žiedinė sankryža (sudaryta autorės) 50
19 pav. Jiezno žiedinės sankryžos 30 EI nustatymo grafikas (sudaryta autorės) 51
20 pav. Prienų žiedinė sankryža (sudaryta autorės) 52
21 pav. Prienų žiedinės sankryžos 30 EI nustatymo grafikas (sudaryta autorės) 53
22 pav. Merkinės žiedinės sankryžos natūrinių tyrimų rezultatai (sudaryta autorės) 54
23 pav. Molėtų žiedinės sankryžos natūrinių tyrimų rezultatai (sudaryta autorės) 55
24 pav. Pasvalio žiedinės sankryžos natūrinių tyrimų rezultatai (sudaryta autorės) 55
25 pav. Jiezno žiedinės sankryžos natūrinių tyrimų rezultatai (sudaryta autorės) 56
26 pav. Prienų žiedinės sankryžos natūrinių tyrimų rezultatai (sudaryta autorės) 56
27 pav. Skaičiavimų rezultatai (Merkinė) (sudaryta autorės) 58
28 pav. Skaičiavimų rezultatai (Molėtai) (sudaryta autorės) 59
29 pav. Skaičiavimų rezultatai (Pasvalys) (sudaryta autorės) 60
30 pav. Skaičiavimų rezultatai (Jieznas) (sudaryta autorės) 61
31 pav. Skaičiavimų rezultatai (Prienai) (sudaryta autorės) 62

ĮVADAS

XXI amžiaus visuomenė yra judri, migruojanti ir globali. Kiekvienas jos narys kasdien juda automobiliu ar kito pobūdžio transporto priemone, tačiau kartu su judėjimu atsiranda atsakomybė. Kiekvienas eismo dalyvis nori jaustis saugus, suprasti aplinką, kurioje vyksta eismas. Dėl šios priežasties pasaulio valstybės susisiekimo komunikacijų pagrindine politikos kryptimi pasirenka kelių saugumą.

Kaip žinoma, eisme yra trys veiksniai: kelias, transporto priemonės ir žmogus. 90–95 % eismo įvykių įvyksta dėl žmogaus kaltės. Siekiant užtikrinti darnią ir saugią kelio aplinką, būtina nuodugniai ištirti ir suprasti, kaip žmonės supranta ir vertina skirtingus kelio elementus, būdami susisiekimo infrastruktūros vartotojais.

Lietuvos valstybė yra svarbus logistikos mazgas, kuriame susiduria Vakarų Europos ir Rytų Europos tranzitiniai keliai. Tokia geografinė padėtis įpareigoja užtikrinti, kad valstybės kelių tinklas atitiktų aukščiausius tarptautinius standartus. Susisiekimo infrastruktūros tobulinimas yra valstybės strategijos dalis. Tinkamas kelių klasifikavimas pagal kelių funkcinę paskirtį yra atspirties taškas, norint sukurti saugią, efektyvią ir ekonomiškai naudingą šalies susisiekimo infrastruktūrą, kuri taptų lygiaverte Europos kelių tinklo dalimi. Būtina atsižvelgti, kad Europoje ir kitose užsienio šalyse jau seniai įgyvendinta atpažįstamų kelių teorija.

Baigiamojo magistro darbo tikslas – išnagrinėti Lietuvos žiedinių sankryžų projektavimą reglamentuojančius dokumentus, užsienio šalių patirtį ir pateikti rekomendacijas žiedinių sankryžų projektavimui valstybinės reikšmės magistraliniuose ir krašto keliuose.

Baigiamojo magistro darbo uždaviniai:

1. Išnagrinėti Lietuvos Respublikoje galiojančius normatyvinius dokumentus.
2. Išnagrinėti užsienio šalių normatyvinius dokumentus reglamentuojančius žiedinių sankryžų projektavimą skirtingos funkcinės paskirties keliuose.
3. Išnagrinėti mokslinius straipsnius baigiamojo darbo tema.
4. Atlikti žiedinių sankryžų pralaidumo ir tinkamumo kelių funkcinei paskirčiai tyrimą.
5. Atlikti tyrimų rezultatų analizę.
6. Palyginti užsienio šalių patirtį su Lietuvos Respublikos teisės aktais ir atliktų tyrimų rezultatais.
7. Įvertinti tiriamojo darbo rezultatus ir pateikti rekomendacijas žiedinių sankryžų taikymui Lietuvos valstybinės reikšmės magistraliniuose ir krašto keliuose.

1. LITERATŪROS ANALIZĖ

Šiame darbe nagrinėjami įvairūs literatūros šaltiniai: moksliniai straipsniai, Lietuvos normatyviniai dokumentai ir techniniai reglamentai, užsienio šalių projektavimo patirtis bei įvairūs rekomenduojamojo pobūdžio leidiniai. Kadangi Lietuvos kelių tinklas ilgainiui formuojamas vadovaujantis JAV ir Europos Sąjungos šalių patirtimi, todėl darbe atsižvelgiama į tokių valstybių kaip Vokietija, Nyderlandai, Didžioji Britanija bei JAV žiedinių sankryžų valstybinės reikšmės keliuose projektavimo patirtį.

1.1. Lietuviškos literatūros apžvalga

1.1.1. Kelių techninis reglamentas

Kelių techninis reglamentas KTR 1.01:2008 „Automobilių keliai“ (toliau – KTR 1.01:2008) yra pagrindinis normatyvinis dokumentas, kuriame apibrėžiamas kelio projektavimas ir jam taikomi reikalavimai. Pagal reglamentą nurodoma, kad Lietuvoje keliai skirstomi į valstybinės reikšmės ir vietinės reikšmės kelius. 1 lentelėje pateikiami duomenys apie valstybinės reikšmės kelių klasifikavimą ir skirstymą (žr. 1 lentelę). Valstybinės reikšmės keliai skirstomi į 3 rūšių kelius: magistralinius, krašto ir rajoninius kelius. Lentelėje nurodomas kelių klasifikavimas pagal kategorijas bei nurodomi geometriniai parametrai: kelio skersinio profilio tipas, galimi sankryžų variantai.

1 lentelė. Automobilių kelių klasifikacija pagal kategorijas ir reikšmes (KTR 1.01:2008)

Kelio reikšmė		**Kelio kategorija**	**Projektinis vidutinis metinis paros eismo intensyvumas, aut./parą**	**Projektinis greitis, km/h**	**Eismo juostų skaičius (S – skiriamoji juosta)**	**Skersinio profilio tipas**	**Sankryžų tipai**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Valstybinės reikšmės keliai	magistraliniai keliai	AM	> 45000	130/110	3+S+3	1	skirtingų lygių
		AM	12000–55000	130/110	2+S+2	2	
		I	12000–55000	110/100	2+S+2	3	skirtingų lygių, vieno lygio
		II	iki 15000 (20000)	90	2	5	
		IIa	iki 18000 (23000)	100	2+1	6	
		III	iki 15000 (20000)	90	2	7	
	krašto keliai	Ia	12000–30000	90	2+S+2	4	vieno (skirtingų) lygio
		IIa	iki 18000 (23000)	90	2+1	6	
		III	iki 15000 (20000)	90	2	7	
		(IV)	iki 10000 (12000)	90	2	8	
	rajoniniai keliai	IV	iki 10000 (12000)	90	2	8	vieno lygio
		V	iki 3000, iki 1000[1)]	70	2	9, 10	
		Va	iki 1500	70/50	1	11	

Lietuvos valstybinės reikšmės keliai klasifikuojami pagal projektinį vidutinį metinį paros eismo intensyvumą (toliau – VMPEI), pagal šiuos duomenis parenkama kelio kategorija, projektinis greitis, eismo juostų skaičius, skersinio profilio tipas bei sankryžų tipai. Magistraliniuose keliuose nurodoma projektuoti skirtingų lygių sankryžas (kelio kategorija: AM) arba skirtingų lygių, vieno lygio sankryžas, kai kelio kategorija I, II, IIa, III. Krašto keliams, nepriklausomai nuo kelio kategorijos, skersinio profilio tipo rekomenduojama projektuoti vieno arba skirtingo lygio sankryžas, o rajoniniuose keliuose nurodomos vieno lygio sankryžos.

Taigi, nors valstybinės reikšmės kelių klasifikavimas yra aiškus, tačiau magistraliniuose ir krašto keliuose gali būti tiek skirtingų lygių, tiek vieno lygio sankryžų, tarp jų ir žiedinių, todėl transporto priemonių vairuotojams gali būti nesuprantama, kokios funkcinės paskirties keliu jie važiuoja, o žiedinės sankryžos gali būti suprojektuotos ir pritaikytos keliuose, kur turėtų vykti tolygus eismas.

1.1.2. Saugaus eismo automobilių keliais įstatymas

Lietuvos Respublikos saugaus eismo automobilių keliais įstatymas apibrėžia reikalavimus keliams, jų projektavimui. Aukštos kategorijos keliai (automagistralė ir greitkelis) taip pat minimi. Automagistralė – tai kelias „specialiai motorinių transporto priemonių eismui suprojektuotas ir nutiestas kelias, kuris nėra skirtas įvažiuoti į šalia esančias teritorijas arba iš jų išvažiuoti“, taip pat „viename lygyje nekerta jokio kelio, geležinkelio bėgių ar pėsčiųjų tako“. „Greitkelis – motorinių transporto priemonių eismui skirtas ženklu „Automobilių kelias“ pažymėtas kelias“, apibūdinta, kad į tokį kelią galima įvažiuoti iš skirtingų lygių arba vieno lygio sankryžų (vieno lygio sankryžų tipai plačiau neapibrėžti).

Taigi, Lietuvos Respublikos saugaus eismo automobilių keliais įstatymas ir Kelių techninis reglamentas sankryžų reglamentavimo atžvilgiu sutampa, nes vadovaujantis abiem dokumentais į magistralinį aukštos kategorijos kelią galimą įvažiuoti tiek iš skirtingų lygių, tiek iš vieno lygio sankryžų.

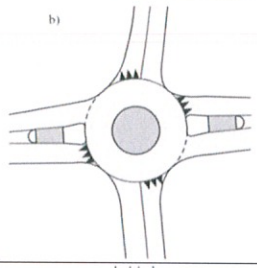
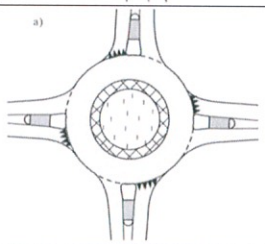
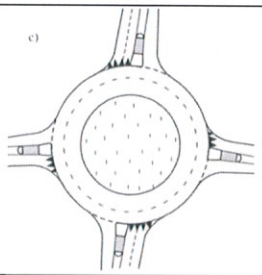
1.1.3. Žiedinių sankryžų projektavimo metodiniai nurodymai

Žiedinių sankryžų projektavimo metodiniai nurodymai MN ŽSP 12 (toliau – MN ŽSP 12) yra pagrindinis normatyvinis dokumentas Lietuvoje reglamentuojantis žiedinių sankryžų projektavimo reikalavimus bei aplinkybes, į kurias reikia atsižvelgti norint parinkti žiedinės sankryžos tipą ir tinkamai suprojektuoti jos geometrinius parametrus..

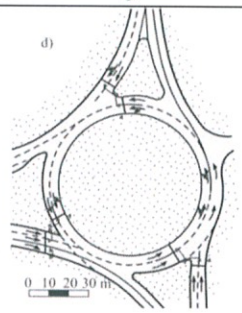
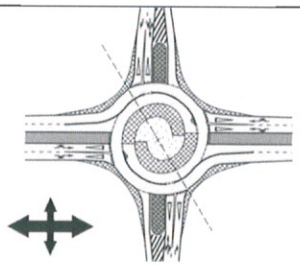
Vadovaujantis MN ŽSP 12 nuostatomis žiedinės sankryžos klasifikuojamos pagal tai, kokioje teritorijoje jos projektuojamos: neužstatytoje ar užstatytoje, atsižvelgiant į teritorijos pobūdį skiriasi naudojimo kriterijai bei projektavimo principai. Žiedinės sankryžos taip pat skirstomos pagal dydį. 2 lentelėje nurodytos 5 skirtingų tipų žiedinės sankryžos: labai maža, mažoji, dviejų eismo juostų mažoji, didžioji ir turbožiedinė. Lentelėje taip pat nurodomas bendras sankryžos eismo intensyvumas – tai eismo intensyvumas, kuris susidaro žiedinės sankryžos dalyje, t. y. vertinant visų sankryžs

jungiamųjų kelių eismo intensyvumą, jį sumuojant. Labai maža žiedinė sankryža gali būti projektuojama tik užstatytoje teritorijoje, šio tipo sankryžos bendras galimas eismo intensyvumas yra iki 12000 aut./parą, tačiau esant palankiai sankryžos schemai ir gerai projektavimo patirčiai eismo intensyvumas gali būti padidintas. Mažoji žiedinė sankryža, dviejų eismo juostų mažoji žiedinė sankryža bei didžioji žiedinė sankryža gali būti projektuojama tiek užstatytoje, tiek neužstatytoje teritorijose, tačiau būtina atsižvelgti į galimą sunkiasvorių transporto priemonių kiekį ir racionaliai parinkti mažesnių žiedinių sankryžų geometrinius parametrus. Mažosios žiedinės sankryžos bendras eismo intensyvumas gali būti iki 15000 aut./parą, dviejų eismo juostų mažosios – iki 32000 aut./parą, o didžiosios – iki 50000 aut./parą. Turbožiedinės sankryžos projektuojamos neužstatytose teritorijose, nes sankryžoje vyrauja dideli greičiai ir užstatytose teritorijose sunku užtikrinti saugų pėsčiųjų ir dviratininkų judėjimą, tokio tipo sankryžai rekomendacijose galimas bendras sankryžos eismo intensyvumas nenurodomas. Taip pat galimas variantas – žiedinė sankryža reguliuojama šviesoforu, tokios sankryžos bendras eismo intensyvumas gali būti iki 40000 aut./parą. Svarbu paminėti, kad nurodyti sankryžų eismo intensyvumai yra skaičiuotini ir netinkamai suprojektavus sankryžų elementus jie gali būti žymiai mažesni.

2 lentelė. Žiedinių sankryžų tipai pagal dydį ir kiti parametrai (sudaryta autorės, remiantis MN ŽSP 12)

Rekomenduojamas teritorijos užstatymas	**Žiedinės sankryžos tipas pagal dydį**	**Sankryžos schema pagal MN ŽSP 12**	**Bendras sankryžos eismo intensyvumas**
1	**2**	**3**	**5**
Užstatyta	labai maža		iki 12000 aut./parą (išimtiniais atvejais galimas iki 18000 aut./parą)
Užstatyta Neužstatyta	mažoji		iki 15000 aut./parą
Užstatyta Neužstatyta	dviejų eismo juostų mažoji		iki 32000 aut./parą

2 lentelės tęsinys

1	2	3	4
Užstatyta Neužstatyta	didžioji		iki 50000 aut./parą
Neužstatyta Užstatyta išimtiniais atvejais	turbožiedinė		nenurodyta

MN ŽSP 12 dokumente nėra apibrėžta, kokiuose keliuose ir kokiam eismo intensyvumui esant turėtų būti projektuojamos žiedinės sankryžos, kokiais atvejais reiktų atlikti papildomus skaičiavimus ar vertinimus, tačiau dokumente nurodyta, kad pirmiausiai turi būti atsižvelgta į eismo situaciją bei teritorijos ypatybes. Projektuojant ar įrengiant žiedinę sankryžą valstybinės reikšmės keliuose reiktų papildomai įvertinti šio sankryžos tipo įrengimo pagrįstumą, jeigu stipriai skiriasi susijungiančių kelių kategorijos bei eismo intensyvumas. Pagrindiniai kriterijai, taikomi žiedinėms sankryžoms valstybinės reikšmės keliuose, yra šie: eismo intensyvumas, važiavimo greitis, eismo kokybės rodiklis ir lėšų poreikis (MN ŽSP 12, 40 punktas, 2012). Kai sankryžoje susikerta skirtingos funkcinės paskirties keliai – nėra tikslinga įrengti lygiavertį susikirtimą. Pagal metodinius nurodymus rekomenduojama, kad eismo intensyvumas mažesnio intensyvumo įvažose turi sudaryti mažiausiai 10–15 % bendro sankryžos eismo intensyvumo.

Taigi, Žiedinių sankryžų projektavimo metodiniuose nurodymuose gana aiškiai išskirti žiedinių sankryžų tipai, nurodytos teritorijos, kuriose galima taikyti skirtingus žiedinių sankryžų tipus. Deja, užstatytos ir neužstatytos teritorijos nėra skirstomos pagal kelių reikšmingumą ar funkcinę paskirtį, todėl dokumento vartotojui gali būti painu suvokti, kokio tipo žiedinė sankryža galima valstybinės reikšmės keliuose. Pagrindinis rodiklis parenkant sankryžos tipą – bendras sankryžos eismo intensyvumas.

1.1.4. Statybos rekomendacijos R36-01

Statybos rekomendacijos R36-01 „Automobilių kelių sankryžos“ taip pat apibrėžia žiedinių sankryžų skirstymą į tipus. Pagal šias rekomendacijas žiedinės sankryžos skirstomos į mažąsias ir didžiąsias:

1. *Mažąsias žiedines sankryžas (centrinės salelės skersmuo nuo 10 m iki 30 m) rekomenduojama rengti gyvenamųjų vietovių prieigose, kai keičiasi eismo sąlygos* (Statybos rekomendacijos R36-01, 2001);
2. *Didžiosios žiedinės sankryžos (centrinės salelės skersmuo didesnis kaip 30 m) gali būti rengiamos tais atvejais, kai dėl eismo intensyvumo ir susikertančių kelių skaičiaus nepakanka mažojo žiedo* (Statybos rekomendacijos R36-01, 2001).

Pagal aukščiau pateiktus apibrėžimus, nepaisant savo tipo, žiedinės sankryžos gali būti įrengiamos vietose, kuriose keičiasi eismo sąlygos, tačiau neišskiriamas jų taikymas skirtingos reikšmės ir kategorijos keliuose: magistraliniuose, krašto ir rajoniniuose. Taigi, statybos rekomendacijose aiškiai nenurodoma, kur gali būti projektuojamos žiedinės sankryžos, tačiau apibrėžiamas jų skirstymas pagal dydį.

1.1.5. Valstybinės reikšmės kelių suskirstymo pagal paskirtį gairės

Dr. V. Puodžiukas moksliniame darbe „Valstybinės reikšmės kelių suskirstymo pagal paskirtį ir plėtros schemos iki 2040 m. projektas“ kelia Lietuvos kelių klasifikavimo problematiką ir pateikia pasiūlymus dėl kelių funkcinio suskirstymo. Darbas parengtas bendradarbiaujant su UAB „Infraplanas“. Jame analizuojama valstybinės reikšmės kelių klasifikavimas pagal funkcinę paskirtį, pateikiamos rekomendacijos Lietuvos kelių tinklui dėl jo klasifikavimo ir projektavimo klasių.

Darbe akcentuojama, kad „vienos projektavimo klasės keliuose būtų garantuojamas (užtikrinamas) tolygus eismas, kelių tinklo funkcijos numatytu greičiu, projektavimo klasės reglamentuoja visus esminius, darančius įtaką greičiui, projektavimo ir tiesimo požymius (elementus)“. Išskiriami projektavimo elementai, kurie projektavimo klasėje turi būti suderinti, tokie kaip eismo organizavimas sankryžose, geometriniai parametrai planinėje padėtyje, skersiniame ir išilginiame profiliuose, skersinio profilio tipai bei elementai, lenkimo organizavimo principas ir ženklinimas. 3 lentelėje pateikiama informacija, kurioje apibendrinamos kelių kategorijos ir joms priskiriamos projektavimo klasės, lentelė sudaryta pagal 2008 ir 2012 metais išleistas vokiečių projektavimo taisykles RAA[1] ir RAL[2] bei mokslo studiją Valstybinės reikšmės kelių suskirstymo pagal paskirtį ir plėtros schemos iki 2040 m. projektas“. AM 0, AM I ir AM II kelio kategorijos priskiriamos magistraliniams keliams ir jų paskirtis – tranzitinė. Šiems keliams taikomos projektavimo klasės PKA 1, PKA 2 ir PKA 3. Šioms projektavimo klasėms 3 lentelėje sankryžų tipai neapibrėžti, nes keliuose, kuriuose taikomos PKA 1, PKA 2 ir PKA 3, pirminis sankryžos variantas visada yra skirtingų lygių sankryža. K I ir K II kelio kategorijos priskiriamos magistraliniams keliams, taikant PKK 1 projektavimo klasę įvažiavimai ir išvažiavimai galimi tik per rampas, t. y.

[1] Autorius: *Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Arbeitsgruppe Straßenentwurf (FGSV)*, pavadinimas originalo kalba: *Richtlinien für die Anlage von Autobahnen: RAA; R1;*

[2] Autorius: *Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Arbeitsgruppe Straßenentwurf (FGSV)*, pavadinimas originalo kalba: *Richtlinien für die Anlage von Landstraßen: RAL; R1.*

projektuojamos dviejų lygių sankryžos. PKK 2 projektavimo klasei numatomas pirminis sankryžos tipas – išsukimas ir įsukimas su šviesoforo pagalba (žinoma, galima projektuoti ir skirtingų lygių sankryžą), tačiau pagrindinio kelio kirtimo nėra. Keliams, kurie priskiriami krašto keliams, rekomenduojamos žiedinės sankryžos arba išsukimas ir įsukimas, reikalui esant su šviesoforo pagalba, tačiau krašto keliui, kai jo projektavimo klasė PKK 4 galimas ir nereguliuojamas kelių susikirtimas.

3 lentelė. Projektavimo klasės ir sankryžos tipai (Puodžiukas *et al* 2015)

<table>
<tr><th>Kelio kategorija</th><th>Kelio rūšis</th><th>Kelio paskirtis</th><th>Projektavimo klasė</th><th>Sankryžos tipas</th></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>AM 0</td><td rowspan="5">Magistraliniai</td><td rowspan="5">Tranzitinė</td><td>PKA 1</td><td rowspan="3">-</td></tr>
<tr><td>AM I</td><td>PKA 1, PKA 2</td></tr>
<tr><td>AM II</td><td>PKA 1, PKA 2, PKA 3</td></tr>
<tr><td>K I</td><td>PKK 1</td><td>  Įvažiavimai ir išvažiavimai tik rampos</td></tr>
<tr><td>K II</td><td>PKK 2</td><td>  Tik įsukimas ir išsukimas su šviesoforo pagalba (negalima kirsti)</td></tr>
<tr><td>K III</td><td rowspan="3">Krašto</td><td rowspan="4">Jungiamoji</td><td>PKK 3</td><td>  Žiedas.
  Įsukimas ir išsukimas, reikalui esant su šviesoforo pagalba</td></tr>
<tr><td>K IV</td><td>PKK 4</td><td rowspan="3">  Įsukimas, išsukimas bei kirtimas</td></tr>
<tr><td>K V</td><td>Rajoniniai</td><td>PKK 5</td></tr>
<tr><td>VK IV</td><td rowspan="2">Vietiniai</td><td rowspan="2">Privažiavimo</td><td>PKVK 1</td></tr>
<tr><td>VK V</td><td>PKVK 2</td></tr>
</table>

Taigi, taikant kelių tinklo klasifikavimą pagal jų paskirtį, turi būti taikomos ir atitinkamos projektavimo klasės, kurios reglamentuoja reikalavimus keliamus atitinkamos kategorijos keliui. Darbe taip pat apibrėžiama, kad žiedinės sankryžos galimos tik krašto ar žemesnės kategorijos keliuose, kurių paskirtis jungiamoji ir kategorija žemesnė nei K III.

1.2. Užsienio literatūros šaltinių apžvalga

Užsienio literatūros analizėje nagrinėjami 3 tipų šaltiniai: normatyviniai dokumentai, įvairūs leidiniai bei moksliniai straipsniai. Vertinamos užsienio literatūroje išskiriamos žiedinės sankryžos, jų tipai. Taip pat analizuojama kelių klasifikavimo pagal jų funkcinę paskirtį teorija bei apžvelgiamas „atpažįstamų“ kelių teorijos įgyvendinimas skirtingose šalyse.

1.2.1. Žiedinės sankryžos sąvoka ir klasifikavimas

Kembridžo žodyne žiedinė sankryža apibrėžiama kaip vieta, kurioje susijungia trys arba daugiau kelių ir eismas turi vykti ratu žiedo formos erdvėje. Jungtinių Amerikos Valstijų (toliau – JAV) Transporto departamento Federalinės kelių administracijos išleistame informaciniame vadove[3] apie

[3] Originalo kalba: *Roundabouts: An Informational Guide*

žiedines sankryžas apibrėžiama, kad žiedinė sankryža – apvalaus susikirtimo tipas. Galimi trys skirtingi apvalių susikirtimų tipai (schematiškai pavaizduota 1 paveiksle):

a) eismas ratu;

b) „miesto vartai“;

c) žiedinė sankryža.



1 pav. Galimi apvalių susikirtimų tipai (sudaryta autorės)

Eismas ratu (a) – tai apvalaus susikirtimo tipas, kuris charakterizuojamas pagal didelį skersmenį (daugiau nei 100 m), dėl kurio eismas vyksta ratu ir šioje važiuojamoje dalyje transporto priemonių greitis yra didesnis nei 50 km/h. „Miesto vartų“ tipo žiedinės sankryžos (b) tipiškai statomos vietinių gatvių susikirtimuose ar įvažiavimuose, kur keičiasi eismo režimas, nes pagrindinis šio susikirtimo tipo tikslas – eismo raminimas. Žiedinės sankryžos (c) yra apvalūs susikirtimai su specifiniais geometriniais parametrais ir atitinkamu eismo reguliavimu. Eismo reguliavimas apima transporto priemonių kontrolę jau nuo įvažiavimo į žiedinę važiuojamąją dalį, dažniausiai žiedinėje važiuojamojoje dalyje transporto priemonių greitis yra mažesnis nei 50 km/h (Robinson 2000).

Modernios žiedinės sankryžos terminas JAV vartojamas nuo 1990 metų, jis atsirado norint atskirti žiedines sankryžas nuo nereguliuojamo eismo ratu. Modernios žiedinės sankryžos atskiriamos pagal 2 kriterijus: „kelio davimas“ įvažoje ir krypties keitimas įvažiuojančiame eisme. Pirmasis kriterijus nurodo tai, kad žiedinėje važiuojamoje dalyje esančios transporto priemonės turi pirmumą prieš transporto priemones esančias jungiamajame žiedinės sankryžos kelyje. Užtikrinti principo veikimą įvažose yra naudojami kelio ženklai. Krypties keitimo įvažiuojant į žiedinę sankryžą principas užtikrinimas geometriniais žiedinės sankryžos parametrais (mažesnis skersmuo nei eismo ratu), daugelyje šalių, tarp jų ir JAV, draudžiama žiedinę sankryžą kirsti tiesiai per vidinę salą (*AASHTO* 2001).

Modernios žiedinės sankryžos yra naujesnės ir skiriasi nuo klasikinių tuo, kad turi daugiau elementų. Dažniausiai žiedinės sankryžos klasifikuojamos pagal dydį bei savo formą, išskiriama daugiau nei 10 skirtingų tipų: mažoji žiedinė sankryža, dviguba mažoji žiedinė sankryža, svarmens formos žiedinė sankryža, kvadratinės/stačiakampės formos žiedinė sankryža, žiedinė sankryža su

kvadratinės formos vidine sala, žiedinė sankryža su pravažiavimu vidinėje saloje (kitaip vadinama „mėsainio“ žiedinė sankryža), dviejų lygių žiedinė sankryža, turbožiedinė sankryža, dviguba žiedinė sankryža, kurios sujungimo vieta yra vidinėje saloje (kitaip vadinama „šuns kaulo“ formos žiedine sankryža), žiedinė sankryža reguliuojama šviesoforo signalais, eismą surenkanti žiedinė sankryža, žiedinė sankryža, kurios vidine sala gali naudotis pėstieji, dviratininkų žiedinė sankryža (Tollazzi *et al.* 2014), kituose šaltiniuose dar išskiriama „gėlės“ formos žiedinė sankryža (Tollazzi *et al.* 2013).

Žiedinės sankryžos gali būti klasifikuojamos pagal eismo juostų skaičių žiedinėje važiuojamojoje dalyje. Olandų mokslininkai išskiria 3 tipus pagal eismo sąlygas sankryžoje: a) vienos eismo juostos žiedinė sankryža su vienos eismo juostos įvažomis ir išvažomis; b) dviejų eismo juostų žiedinė sankryža su vienos eismo juostos įvažomis ir išvažomis; c) dviejų eismo juostų žiedinė sankryža su dviejų eismo juostų įvažomis ir išvažomis. Žiedinė sankryža, kurioje yra daugiau nei viena eismo juosta, laikoma mažiau saugia sankryža dėl to, kad atsiranda daugiau sudėtingų eismo situacijų bei dėl platesnės žiedinės važiuojamosios dalies transporto priemonių greitis didėja (*DHV Enviroment and Transportation* 2005).

Didžiojoje Britanijoje „Kelių ir tiltų projektavimo vadovas[4]“ – pagrindinis dokumentas, kuriuo vadovaujantis projektuojami keliai, jį sudaro daugiau nei 15 dalių. Dalyje TD 16/07 „Žiedinių sankryžų geometriniai parametrai“ apibrėžiami ir skirtingų žiedinių sankryžų tipai. Išskiriamos šios žiedinės sankryžos: normali žiedinė sankryža (su iškilia vidine sala, kurios skersmuo ne mažesnis nei 4 metrai), kompaktiška žiedinė sankryža (kiekviename įvažiavime ir išvažiavime yra po vieną eismo juostą), maža (mini) žiedinė sankryža (be iškilios vidinės salos, jos vietoje projektuojamas horizontalus ženklinimas nuo 1,0 m iki 4,0 m skersmens), skirtingų lygių žiedinė sankryža (esanti ne skirtinguose lygiuose, tačiau turinti bent vieną įvažiavimą ar išvažiavimą iš kelio esančio skirtingame lygyje, dažniausiai projektuojamos jungiamuosiuose dviejų lygių sankryžų keliuose ir jų susikirtimuose), šviesoforo signalu reguliuojama žiedinė sankryža (sankryžos įvažiavimuose ir išvažiavimuose gali būti šviesoforai, dažniausiai tokios sankryžos projektuojamos sudėtingose žiedinėse sankryžose, kuriose eismas nevyksta ratu natūraliu būdu), dviguba žiedinė sankryža (dvi žiedinės sankryžos suprojektuotos viena šalia kitos ir veikiančios kaip vienas transporto mazgas (Kennedy *et al.* 2008).

Populiarėjant eismo saugumo politikai Vokietijoje moderni žiedinė sankryža taip pat tapo dažnas gatvių tinklo ar kelių tinklo elementas. Šioje valstybėje žiedinės sankryžos klasifikuojamos pagal savo dydį bei eismo pralaidumą, t. y. kiek transporto priemonių gali pravažiuoti žiedinę sankryžą per tam tikrą laiko tarpą. Išskiriamos šios žiedinės sankryžos: a) kompaktiška vienos eismo juostos žiedinė sankryža, kurios diametras kinta nuo 26,0 iki 40,0 m; b) maža žiedinė sankryža su

[4] Originalo kalba: *Design manual for roads and bridges*

užvažiuojamąja vidine sala, sankryžos diametras kinta nuo 13,0 iki 22,0 m; c) didelė žiedinė sankryža (40,0–60,0 m) su dviejų eismo juostų įvažiavimu lengviesiems automobiliams bei viena eismo juosta sunkiasvorėms transporto priemonėms; d) turbožiedinė sankryža; e) šviesoforo signalais reguliuojama žiedinė sankryža (Brilon 2005).

Taigi, bendruoju atveju žiedinės sankryžos klasifikuojamos pagal dydį bei savo formą, gali būti išskirta daugiau nei 10 skirtingų tipų. Olandijoje žiedinės sankryžos klasifikuojamos pagal eismo juostų skaičių žiedinėje važiuojamojoje dalyje bei įvažose, išvažose. Didžioji Britanija nepateikia konkretaus apibrėžimo pagal kokius parametrus gali būti klasifikuojamos sankryžos, bet pagal reglamente pateiktą suskirstymą, galima teigti, kad šioje šalyje sankryžos skirstomos pagal dydį. Vokietijoje išpopuliarėjus eismo saugumo politikai, žiedinės sankryžos klasifikuojamos pagal dydį bei eismo pralaidumą. Tai vienintelė šalis, kurioje klasifikavimo metodikoje nurodytas eismo pralaidumo kriterijus.

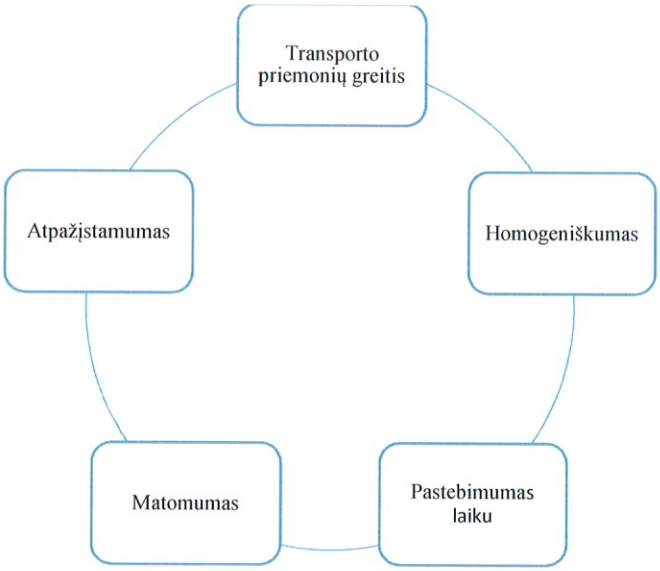
1.2.2. Reikalavimai žiedinių sankryžų projektavimui

Projektuojant žiedines sankryžas, svarbu suvokti, nustatyti bei suprasti jų tinkamumą vietovei, eismo sąlygoms bei, žinoma, atsižvelgti į reikalavimus jų projektavimui.

Praktiniame saugių kelių projektavimo vadove[5] (*DHV Enviroment and Transportation* 2005) teigiama, kad daug kelių saugumo aspektų vaidina svarbų vaidmenį priimant žiedinės sankryžos projektinius sprendinius. 2 paveiksle vaizduojami kriterijai, kurie svarbūs projektuojant žiedines sankryžas, tai:

1. Transporto priemonių greitis;
2. Homogeniškumas;
3. Pastebimumas laiku;
4. Matomumas;
5. Atpažįstamumas.

[5] Originalo kalba: *Sustainable safe road design. A practical manual.*



2 pav. Žiedinių sankryžų projektavimui keliami kriterijai (sudaryta autorės)

Atpažįstamumo kriterijų galima užtikrinti principu, kad transporto priemonės vairuotojas, kelio vartotojas, turi būti laiku įspėtas apie eismo sąlygų pasikeitimą, t. y. žiedinę sankryžą. Įspėjimas gali būti užtikrintas kelio ženklais bei papildomais kelio ženklais, kurie iškart informuoja apie eismo kryptis žiedinėje sankryžoje. Automatiškai taip gali būti mažinamas transporto priemonių greitis transporto mazge. Transporto priemonių greičio mažinimas gali būti užtikrinamas geometriniais žiedinės sankryžos parametrais: įvažiavimai su žiedine važiuojamąja dalimi jungiami apskritimine kreive, taip atkreipiamas dėmesys ir į tai, kad žiedinėje važiuojamoje dalyje vyksta pagrindinis eismas, o įvažiavimas – šalutinis kelias. Žiedinės sankryžos pastebimumo laiku funkcija įgyvendinama iškeliant vidinę salą aukštyn, maksimalus pakėlimas turėtų būti iki 1,1 metro (vairuotojo akių lygis). Tokiu atveju nėra blaškomas vairuotojo dėmesys į tai, kas vyksta įvažiavimuose ir išvažiavimuose, o atkreipiamas dėmesys į pagrindiniu keliu atvažiuojančias transporto priemones. Kaip vaizduojama 2 paveiksle visi kriterijai yra tarpusavyje susiję ir visi žiedinės sankryžos parametrai parenkami taip, kad įgyvendintų visus kriterijus. Matomumas siejamas su pastebėjimu, greičio mažinimas gali būti siejamas su įspėjimu ir kitais kriterijais.

Atsižvelgiant į Vokietijos greitkelių projektavimo normatyvinių dokumentų reikalavimus (RAA, 2008 ir RAL, 2012), sankryžoms turi būti taikomi šie kriterijai: apsisprendimo ir konfliktinių taškų atskyrimas, projektiniai sprendiniai suderinti horizontalioje ir vertikalioje plokštumose, efektyvūs pereinamieji ruožai, pakankamas matomumo atstumas, norint įvertinti atvažiuojančias transporto priemones, pakankamas kelio ženklų atstumas įspėjant apie eismo sąlygų pasikeitimą. Visi šie reikalavimai taikomi aukštos kategorijos ir didelio intensyvumo keliuose, todėl galima priskirti, kad gali būti taikomi ir žiedinėms sankryžoms, kurios yra dviejų lygių sankryžų jungiamieji elementai.

Žiedinės sankryžos turi būti laiku pastebimos, apžvelgiamos, suprantamos, palaikyti kelio homogeniškumą bei užtikrinti transporto priemonių greičio mažėjimą. Galima teigti, kad kelių tinklas

turi būti atpažįstamas, t. y. pats kelias turi diktuoti sąlygas transporto priemonės vairuotojui, kokias eismo sąlygas palaikyti, taip turi būti užtikrintas kelio homogeniškumas, vienodumas. Taigi, prieš analizuojant normatyvinę dokumentaciją leidžiančią projektuoti žiedines sankryžas užmiesčio keliuose, būtina suprasti atpažįstamų kelių teorijos pagrindą dėl kelių tinklo skirstymo pagal funkcinę paskirtį.

1.2.3. Atpažįstamų kelių teorijos principai

Norint apibūdinti, kas yra atpažįstami keliai, reikia išrinkti raktinius žodžius. Tinkamiausia terminologija – klasifikavimas, suvokimas ir laukimas, kelio kuriama atmosfera, suderintas standartas, suprantamas kelių projektavimas, kelio aplinkos supratimas, psichologiškai ramus eismas, pastovumas (Prestor *et al.* 2014). Tinkamiausi terminai paaiškinti atpažįstamus kelius:

- klasifikavimas;
- suvokimas;
- tikėtinas elgesys.

Klasifikavimas yra būdas, kaip žmonės bando pripažinti, suprasti ir atskirti objektus. Yra kelios teorijos, kaip žmonės objektus skirsto į kategorijas. Kelių tinklo klasifikavimas yra pagrįstas prototipų teorija. Prototipo teorijos pagrindas – tvirtinimas, kad eismo dalyvis atpažįsta kelio tipą pagal tai, kad fizinis tam tikros kelio aplinkos pasirodymas yra homogeniškas ir fiziškai kitoks negu kitų kelių aplinkos tipai. Blogas kelių klasifikavimas yra pavojingas, nes eismo dalyvių elgesys priklauso nuo kelio aplinkos (Prestor *et al.* 2014), t. y. jos nuspėjamumo.

Prieš tai minėtas autorius, įvardija, kad suvokimas yra sensorinis pasaulio aplink mus suvokimas ir apima pripažinimą nuo impulso iš aplinkos iki reakcijos į šį impulsą poveikį aplinkai. Suvokimo procesas sudarytas iš informacijos, kuri gaunama iš aplinkos, bei informacijos interpretavimo, taip nėra kuriama aplinka, tačiau tai leidžia funkcionuoti joje.

Atpažįstamų kelių tikslas yra susisiekimo infrastruktūra suderinta su eismo dalyvių tikėtinu elgesiu. Sąveika tarp tinkamo vairuotojo elgesio ir kelio aplinkos nustato eismo atmosferą, o tai daro įtaką eismo saugumui. Tikėtinas elgesys – tai transporto priemonės vairuotojo suvokimas apie atitinkamą kelio aplinką, ir sprendimo priėmimas, kaip važiuoti, nuo šio sprendimo ir priklauso eismo saugumas, nes pasirinkus netinkamą greitį ar manevrą, kelyje kyla pavojinga situacija (Prestor *et al.* 2014).

Eismo dalyvių elgesys yra vienas svarbiausių veiksnių, kurie daro įtaką eismo saugumui. Remiantis *Conference of European Directors of Roads* (toliau – CEDR[6]) duomenimis, apie 90–95 % eismo įvykių įvyksta dėl žmogiškosios klaidos. Norint to išvengti, reikia sumažinti vairavimo klaidų skaičių bei galimas jų pasekmes. Atpažįstami keliai apjungia kelių tinklo klasifikaciją ir galimą eismo

[6] CEDR – Europos kelių administracijų direktorius ir specialistus vienijanti organizacija.

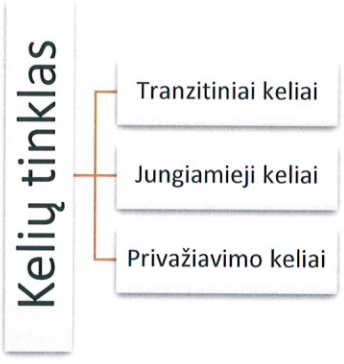
dalyvių elgesį. Eismo aplinka turi sukelti tinkamą eismo dalyvio elgseną. Tam pasiekti būtina aiškiai atskirti kelių kategorijas, o kiekviena kategorija turi tiksliai apibrėžti ypatingą visų eismo dalyvių elgesį.

Taigi, atpažįstamų kelių koncepcija sudaro prielaidą, kad tinkamai klasifikuojant kelių tinklą pagal kelių funkcinę paskirtį, o skirtingoms kelių kategorijoms projektuojant skirtingus sankryžų tipus, užtikrinamas kelių saugumas. Kiekviena kelio kategorija yra lengvai atpažįstama, o vairuotojas, vadovaudamasis kelio aplinkos elementais, atpažįsta leistiną važiavimo greitį bei kitas važiavimo taisykles tos kategorijos kelyje. Atpažįstami keliai turi du teigiamus efektus: saugūs ir tinkami projektiniai elementai susiejami su projektinėms klasėms keliamais reikalavimais, o tai turi tiesioginį poveikį kelių saugumui. Vairuotojo elgesį veikia kelio aplinka, todėl būtina užtikrinti kelių saugumą, kuris kyla iš tinkamų projektinių sprendinių.

1.2.4. Užsienio šalių kelių klasifikavimas

Analizuojant užsienio valstybių patirtį, svarbu suvokti šių šalių kelių klasifikavimą, ar visose šalyse taikomas kelių tinklo skirstymas pagal kelių funkcinę paskirtį, t. y. ar įgyvendinta atpažįstamų kelių koncepcija. Tik tada galima analizuoti žiedinių sankryžų taikymo reikalavimus šių valstybių keliuose. Taigi, būtina suprasti, kaip klasifikuojamas kelių tinklas, kokios paskirties keliai išskiriami Olandijoje, Jungtinėje Karalystėje, Vokietijoje bei Jungtinėse Amerikos Valstijose.

Olandai laikomi atpažįstamų kelių koncepcijos pradininkais, nes būtent šioje valstybėje anksčiausiai buvo įdiegtas kelių skirstymas pagal jų funkcinę paskirtį. Pirmasis praktinis Nyderlandų žingsnis atpažįstamų kelių koncepcijos įgyvendinimo link buvo tai, kad Nyderlandų kelių administracijos pakeitė kelių skirstymą pagal kategorijas ir priskyrė juos prie vienos iš trijų kelių kategorijų, kurių kiekvienai priskiriama atskira ir vienintelė funkcija. 3 paveiksle matoma, kad kelių tinklas skirstomas į tris kategorijas: tranzitiniai keliai, jungiamieji keliai ir privažiavimo keliai.



3 pav. Nyderlandų kelių paskirstymas (sudaryta autorės)

Europos Komisijos išleistame Valstybių lygmeniu taikomų priemonių vadove „Saugaus kelių eismo geriausia patirtis“ kelių tinklo susiskirstymas (3 pav.) aprašomas su kiekvienai kelio kategorijai būdingomis savybėmis. Tranzitiniai keliai, skirti važiuoti tolimas distancijas, juose sankryžos projektuojamos skirtingų lygių, tarp priešpriešinio eismo srautų projektuojama fizinė perskyra,

tokiuose keliuose nėra galimybės įvažiuoti mažu greičiu važiuojančiam transportui. Tranzitiniuose keliuose didžiausias leistinas greitis yra 100 arba 120 km/h. Privažiavimo keliai kerta gyvenamąsias vietoves bei kaimo gyvenvietes, šio tipo keliuose kartu gali judėti motorinės transporto priemonės ir pažeidžiami eismo dalyviai, todėl transporto priemonių greitis mažas: 30 km/h miesto vietovėse ir 60 km/h kaimo vietovėse. Jungiamieji keliai skirti sujungti tranzitinius ir privažiavimo kelius, todėl šiuose kelių ruožuose įrengiami pėsčiųjų ir dviračių takai, tačiau takai atskirti nuo važiuojamosios dalies. Atskiri dviračių ir pėsčiųjų takai leidžia palaikyti transporto priemonių greitį 50 km/h miesto vietovėse ir 80 km/h kaimo vietovėse. Jungiamųjų kelių sankryžose susilieja lėtai ir greitai judančio transporto srautai, todėl būtina sumažinti greitį, įrengiant atitinkamo tipo sankryžas, pavyzdžiui, žiedinę sankryžą. Visų kategorijų keliai turi būti lengvai atpažįstami iš būdingo kelio elementų bei kelio ženklų (*Europos Sąjunga* 2010).

Jungtinės Karalystės keliai skirstomi į 5 pagrindines kategorijas. Jos apibūdinamos Transporto departamento išleistame „Kelių klasifikavimo ir svarbiausių kelių tinklo vadove“[7].

1. **Specialūs keliai** - greitkeliai[8], keliai, kuriuose tam tikrų transporto priemonių rūšių eismas yra ribojamas, Kembridžo žodyne šio žodžio reikšmė apibūdinama kaip platus kelias, skirtas greitai judančiam ir tolygiam eismui Jungtinėje Karalystėje, su ribotu įvažiavimų ir išvažiavimų iš kelio skaičiumi (Lietuvoje – automagistralės, greitkeliai).
2. **A keliai** – pagrindiniai keliai, kurių tikslas užtikrinti didelio atstumo transporto sujungimus tarp skirtingų teritorijų (šie keliai plačiausi, labiausiai tranzitiniai keliai teritorijoje, juose vyrauja tolimo susisiekimo, tranzitinis eismas, Lietuvoje atitinka kitus magistralinius kelius).
3. **B keliai** – keliai, kurių tikslas sujungti skirtingas teritorijas ir „pamaitinti“ eismą tarp A kelių bei mažiau reikšmingų kelių (šios reikšmės keliuose vyraus didelis eismo intensyvumas, tačiau kelio reikšmė yra mažesnė nei A kelio, Lietuvoje atitinka krašto kelius).
4. **Klasifikuoti/nenumeruoti** – mažesni keliai, kurių tikslas tarpusavyje sujungti neklasifikuojamus kelius su A ir B keliais, dažniausiai jie jungia kaimą, mažą gyvenvietę su likusiu kelių tinklu, neoficialiai vadinami C keliais (tai mažo reikšmingumo keliai, kuriuose vyrauja netolygus eismas, tačiau šių kelių funkcija yra svarbesnė nei neklasifikuotų kelių, šie keliai Lietuvoje atitinka rajoninius kelius).
5. **Neklasifikuoti** – vietinės reikšmės keliais, kurie skirti vietiniam eismui (apie 60% Jungtinės Karalystės priklauso būtent šiai kategorijai, Lietuvoje atitinka vietinės reikšmės kelius).

Kaip galima matyti, Jungtinės Karalystės kelių tinklo klasifikavimas yra pagal kelių funkcinė paskirtį ir atitinka atpažįstamų kelių koncepcijos principus. Pagal kelių skirstymą į kategorijas galima

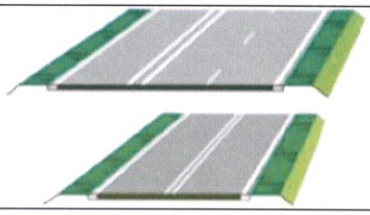
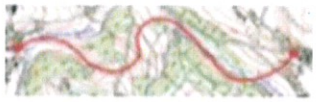
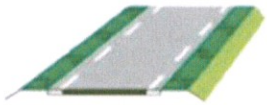
[7] Originalo kalba: *Department for Transport, 2012. Guidance on Road Classification and the Primary Route Network.*

[8] Originalo kalba: *motorways.*

išskirti: magistralinius (tranzitinius), jungiamuosius ir privažiavimo kelius. Taip pat pagal Jungtinės Karalystės kelių klasifikavimą galima surasti atitikmenis ir lietuviškame kelių tinkle.

Vokietijos normatyviniai dokumentai taikomi susisiekimo infrastruktūros projektavimui skirstomi į 3 dalis: automagistralėms (RAA, ang. *Guidelines for the design of motorways*), užmiesčio keliams (RAL, ang. *Guidelines for the design of rural roads*) ir vietiniams keliams (RASt, ang. *Guidelines for the design of urban roads*). Vokietijos keliai klasifikuojami pagal kategorijas bei funkcinę paskirtį, pagal šiuos požymius keliams taikomos projektinės klasės. Vokiečių autoriai pabrėžia, kad naujų kelių projektavimas turi būti standartizuotas pagal jų atpažįstamumą bei funkcinės paskirties atitikimą. Užmiesčio teritorijose esantiems keliams siūlomi keturi kelių tipai, o kelių parametrai šiems tipams parenkami pagal didžiausią važiavimo greitį (Lippold *et al.* 2015). 4 lentelėje pateikiami siūlomi kelių tipai. Vokietijos mastu siūlomos projektinės klasės atitinka užmiesčio kelius, neįskaitant automagistralių (ir kitų Europinės ar Euro Regioninės funkcinės paskirties kelių). Lietuvos kelių tinklo mastu 4 lentelėje apibūdinami visi keliai.

4 lentelė. Siūlomi kelių tipai (Lippold *et al.* 2015)

Projektinė klasė	Planuojamas greitis	Skersinis profilis	Kelio ašis	Sankryžos
1	2	3	4	5
EKL 1	110 km/h			
EKL 2	100 km/h			
EKL3	90 km/h			
EKL 4	70 km/h			

4 lentelėje nurodytos 4 projektinės klasės, kurioms priskiriami atitinkami kelio parametrai: planuojamas greitis, skersinis profilis, kelio ašis ir sankryžos. EKL 1 projektavimo klasė pasižymi skersiniu profiliu, kuriame priešingų krypčių eismo srautai atskirti skiriamąją juosta, čia vyrauja tranzitinis eismas, dviejų lygių sankryžos (Lietuvoje – automagistralės, greitkeliai). Šviesoforu reguliuojamos sankryžos, didelis važiavimo greitis, eismo srautai nebūtinai privalo būti atskirti – tokie parametrai nustatyti EKL 2 projektavimo klasei, Lietuvoje šiems keliams priskiriami kiti magistraliniai keliai. EKL 3 ir EKL 4 projektavimo klasėse galimos vieno lygio sankryžos – tai

užmiesčio keliai, kuriuose tranzitinio eismo dalis minimali (Lietuvoje atitinka kai kuriuos krašto, rajoninius kelius). Taigi, Vokietijoje keliai skirstomi ne tik pagal kategorijas, funkcinę paskirtį, tačiau didelę įtaką jų geometriniams parametrams ir elementams turi nustatyta projektinė klasė, kuri atitinka tiek kelio kategorijai, tiek funkcinei paskirčiai keliamus reikalavimus.

Amerikos susisiekimo asociacija (ang. *American Association of State Highway and Transportation Officials*, toliau – AASHTO) yra išleidusi Kelių ir gatvių projektavimo vadovą (ang. *A policy on Geometric Design of Highways and Streets*), kuriame apibrėžiamas JAV kelių tinklo skirstymas. 5 lentelėje pateikiamas užmiesčio kelių tinklo skirstymas. Kelių tinklą sudaro: pagrindiniai magistraliniai keliai (ang. *freeways*), pagrindiniai ir antraeiliai magistraliniai keliai, jungiamieji keliai (ang. *expressway*) ir vietiniai keliai. Mažiausią dalį kelių tinkle sudaro pagrindiniai magistraliniai keliai (2–4 %), kurių funkcinė paskirtis – tranzitinė, didžiausią – vietiniai keliai (65–75 %), kurių paskirtis privažiavimo, likusi dalis tenka jungiamiesiems keliams. Palyginimui 6 lentelėje pateikiamas Lietuvos kelių tinklo susiskirstymas: automagistralės, visi magistraliniai keliai, krašto keliai ir rajoniniai keliai, kurių procentinis pasiskirstymas atitinka JAV kelių tinklo pasiskirstymą.

5 lentelė. Užmiesčio kelių tinklo sudėtis JAV (*AASHTO* 2011)

Tinklo dalis	Visų užmiesčio kelių dalis
1	2
Pagrindiniai magistraliniai keliai	2–4 %
Pagrindiniai + antraeiliai magistraliniai keliai	7–10 %
Jungiamieji keliai	20–25 %
Vietiniai keliai	65–75 %

6 lentelė. Užmiesčio kelių tinklo sudėtis Lietuvoje (Puodžiukas *et al.* 2015)

Lietuvos valstybinių kelių tinklo dalis	Viso Lietuvos valstybinių kelių tinklo dalis
1	2
Automagistralės (I - os kategorijos keliai, 575 km)	2,7 %
Visi magistraliniai keliai	8,2 %
Krašto keliai	23,2 %
Rajoniniai keliai	68,6 %

Nyderlanduose, JAV, Jungtinėje Karalystėje ir Vokietijoje kelių tinklas klasifikuojamas pagal atpažįstamų kelių koncepcijos principus, atsižvelgiant į tai, galima spręsti ir apie žiedinių sankryžų taikymą tokiuose keliuose. Vadovaujantis koncepcijos principais tiesioginės funkcinės paskirties keliuose vyrauja tranzitinis eismas, t. y. nepertraukiamas eismo režimas – žiedinės sankryžos stabdo eismą, pereinant į žemesnės funkcinės paskirties kelius – žiedinė sankryža atlieka informacinę funkcija apie besikeičiantį eismo režimą.

1.3. Literatūros analizės išvados

Išnagrinėjus literatūrą žiedinių sankryžų tematika ir kelių klasifikavimo principus, pastebėta:

1. Lietuviškų šaltinių, klasifikuojančių kelius pagal funkcinę paskirtį, yra labai mažai, šie šaltiniai nėra reglamentai, todėl kelių tinklas pagal funkcinę paskirtį nėra klasifikuojamas;
2. Žiedines sankryžas klasifikuoja įvairūs normatyviniai dokumentai, įstatymai, tačiau neaišku, kokios kategorijos ar funkcinės paskirties keliuose galima taikyti šio tipo sankryžas;
3. Vadovaujantis užsienio šalių patirtimi, keliai turi turėti savo funkcijas: tranzitiniai, jungiamieji ir privažiuojamieji;
4. Dėl savo tolygaus eismo tranzitiniuose keliuose gali būti projektuojamos tik skirtingų lygių sankryžos, o žiedines sankryžas užsienyje rekomenduojama projektuoti tik žemesnės projektinės klasės keliuose (jungiamieji, privažiuojamieji);
5. Kadangi Lietuvos kelių tinklo suskirstymas atitinka JAV kelių tinklo suskirstymą pagal funkcinę paskirtį, toliau taikomos HCM 2000 ir HCM 2010 metodikos, skirtos nustatyti kelių pralaidumą ir eismo kokybės rodiklius.

1.3.1. Literatūros analizės išvados kelių saugumo požiūriu

Anksčiau minėta, kad eismą sudaro 3 komponentų sistema: žmogus (vairuotojas), kelias ir transporto priemonė. 90–95 % eismo įvykių įvyksta dėl žmogiškosios grandinės klaidos. Atpažįstamų kelių koncepcija sukurta laikantis principo, kad kelių klasifikavimas pagal kelių funkcinę paskirtį, aiškiai nustatant projektavimo klases bei joms priskiriamus geometrinius elementus, daro prielaidą, kad eismo dalyvis pagal tipiškus atitinkamai kelio kategorijai parametrus atpažins informaciją apie tai, kaip elgtis eisme, t. y. važiuoti kaip automagistrale ar kaip rajoniniu keliu.

Atpažįstamų kelių koncepcijos įgyvendinimas svarbus ir Lietuvos kelių saugumui. Atpažįstamų kelių teorijos įgyvendinimas Lietuvoje nagrinėjamas per žiedinių sankryžų tinkamumą magistraliniams ir krašto keliams. Turi būti nustatyta, ar žiedinės sankryžos vieta yra tinkama, ar sankryža atitinka keliui pagal jo funkcinę paskirtį keliamus reikalavimus, projektavimo klasėje nustatytus tipinius atitinkamos kelio kategorijos elementus ir parametrus. Geriausias būdas, nustatyti sankryžų tinkamumą, palyginti žiedinės sankryžos ir kelio eismo kokybės rodiklius tarpusavyje, ištirti kitus parametrus, darančius įtaką eismui ir pateikti išvadas, ar galima kelių saugumą vertinti pagal eismo kokybės rodiklio parametrus ir tokiu būdu nustatyti atpažįstamų kelių koncepcijos įgyvendinimą.

2. TEORINIS PAGRINDIMAS

Šiame baigiamojo magistro darbo skyriuje pateikiamas teorinis pasirinktos tyrimo metodikos pagrindimas. Tyrimo metodikos pagrindas – JAV mokslininkų *Hihgway Capacity Manual 2000* (toliau – HCM 2000) ir *Highway Capacity Manual 2010* (atnaujinta versija, toliau – HCM - 2010), kuriame analizuojamas kelių pralaidumas ir eismo kokybės rodiklis. Teorinio pagrindimo dalyje pateikiama pagrindiniai metodikos aspektai, esmė ir taikymas.

2.1. Metodikos esmė

Baigiamajame magistro darbe tyrimo metodikai pasirinkta JAV mokslininkų *Hihgway Capacity Manual 2000* naudojama pralaidumo ir eismo kokybės analizė. Toliau nagrinėjami tyrimai leidžia vertinti kelio ar jo elementus galimybes aptarnauti esamus eismo srautus, esamomis ar projektuojamomis sąlygomis, taip pat vertinama eismo kokybė. Eismo kokybės rodiklis (toliau – LOS[9]) – tai kokybinis rodiklis, kuris nustatomas atliekant pralaidumo analizę esamiems ar projektiniams sprendiniams.

Pralaidumas – tai didžiausias eismo intensyvumas, kurį esamomis kelio ir eismo sąlygomis gali pasiekti tam tikras asmenų ar transporto priemonių srautas jam skirtame kelio elemente. Atskirai transporto priemonių ar asmenų pralaidumas gali būti išreiškiamas didžiausiu skaičiumi, kuris gali per nustatytą laiką įveikti nurodytą kelio elementą. Analizės metu nagrinėjamas eismo vienodumas, važiuojamoji kelio dalis (geometriniai parametrai) ir eismo reguliavimo priemonės, sąlygos (*Transportation Research Board* 2000).

Pagrindinė metodikos tezė – pralaidumo ir eismo kokybės analizė taikoma individualiems kelio elementams, pvz. tiesiems kelio ruožams, žiedinėms sankryžoms ir t. t. Tokia tezė formuojama iš teiginio, kad skirtinguose kelio ruožuose vyrauja dviejų rūšių eismo režimas – tolygus arba netolygus, o kelias gali būti skaidomas ruožais ir kelio elementais, kuriuose šis režimas keičiasi. Derinant kelio elementų tyrimo rezultatus galima sudaryti bendrą sistemos (viso kelio ar kelių tinklo) kokybinį vaizdą.

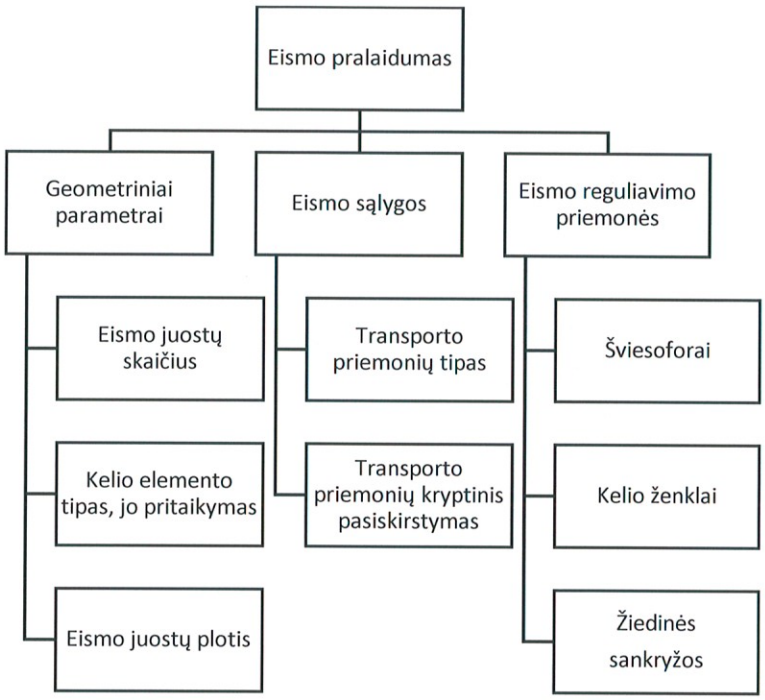
Taigi norint įvertinti, ar įgyvendinti žiedinių sankryžų projektai valstybinės reikšmės keliuose atitinka jų funkcinę paskirtį ir neblogina eismo sąlygų, galima atlikti pralaidumo ir eismo kokybės analizę individualiam elementui – žiedinei sankryžai.

2.1.1. Veiksniai, darantys įtaką pralaidumui ir eismo kokybei

Kiekvienam reiškiniui būdingos tam tikros sąlygos ar veiksniai, kurie daro įtaką rezultatams. Metodikoje pateikiami pavyzdžiai atliekami esant idealioms sąlygoms. Autorių teigimu, tokios sąlygos susideda iš gerų meteorologinių sąlygų, tinkamo kelio lygumo, naudotojai pažįstami su nagrinėjamu kelio elementu, nėra papildomų kliūčių eismo srautui. Nagrinėjant pralaidumą ar eismo

[9] Originalo kalba – *Level of Service.*

kokybę, būtina atsižvelgti į veiksnius esančius kelio elemente, eismo sąlygas, eismo reguliavimo sąlygas (žr. 4 paveikslą).



4 pav. Veiksniai, darantys įtaką pralaidumui ir eismo kokybei (sudaryta autorės)

Važiuojamosios kelio dalies sąlygos sudarytos iš geometrinių parametrų ir kitų elementų. Kai kuriais atvejais šie parametrai daro tiesioginę įtaką kelio pralaidumui, tačiau dažniausiai nuo šių veiksnių priklauso greičio rodikliai. 4 paveiksle išskiriami šie važiuojamosios kelio dalies veiksniai: eismo juostų skaičius, kelio elemento tipas ir jo pritaikymas esamoje aplinkoje, eismo juostų plotis, kelkraščių plotis ir kita. Taigi, eismo pralaidumas priklauso nuo kelio geometrinių parametrų, jo projektinės padėties horizontalioje ir vertikalioje plokštumose.

Eismo sąlygos, kurios formuoja pralaidumo ir eismo kokybės rodiklius, apima transporto priemonių tipą bei jų kryptinį pasiskirstymą (žr. 4 paveikslą). Dažniausiai skiriami du transporto priemonių tipai – sunkiasvoriai automobiliai (sunkvežimiai, vilkikai, autobusai) ir lengvieji automobiliai (lengvieji keleiviniai, mikroautobusai, motociklai). Krovininės transporto priemonės daro poveikį eismui dėl dviejų priežasčių: a) jų gabaritai didesni nei paprastų lengvųjų automobilių, dėl to kelyje jie užima daugiau vietos; b) dėl savo masės turi prastesnes greičio didinimo, mažinimo, stabdymo savybes. Eismui didesnį poveikį daro antroji savybė, nes sunkiasvorės transporto priemonės negali palaikyti to pačio eismo režimo kaip lengvieji automobiliai ir eisme atsiranda trikdžiai. Taigi, atliekant analizę būtina atsižvelgti ne tik į eismo intensyvumą, tačiau ir jo sudėtį bei kryptinį pasiskirstymą.

Kaip minėta anksčiau, eismo pralaidumas tiesiogiai priklauso nuo eismo reguliavimo priemonių ir jų poveikio eismo srauto judėjimui. Skirtingos reguliavimo priemonės kaip šviesoforai, kelio ženklai, žiedinės sankryžos daro skirtingą poveikį pralaidumo rodikliams, diegiant tokias reguliavimo

priemones būtina vertinti transporto priemonių srautus, jų pasiskirstymą, dominuojančias kryptis, kad būtų išlaikytas kuo aukštesnis eismo kokybės rodiklis. Taigi, atliekant analizę reikia atsižvelgti į eismo sąlygas nagrinėjamame kelio elemente.

Taigi, eismo pralaidumas, eismo kokybės rodiklis priklauso nuo plataus spektro veiksnių. Vertinant žiedinės sankryžos įtaką šiems parametrams turi būti atsižvelgta į kelio važiuojamosios dalies geometrinius parametrus, transporto priemonių sudėtį, jų pasiskirstymą sankryžoje skirtingoms kryptimis bei eismo reguliavimo priemones sankryžos zonoje.

2.1.2. Rezultatų panaudojimo sritys

Atliekant analizę, tyrimą, skaičiavimus, visada gaunamas rezultatas, tačiau būtina suprasti, koks galimas rezultato panaudojimas ir kokia jo nauda. Nagrinėjama metodika apibrėžia rezultatų panaudojimą šiose srityse: planavimo, projektavimo bei jau veikiančiuose elementuose (įgyvendintuose objektuose). Šiame skyrelyje apibrėžiamos rezultatų panaudojimo sritys bei nustatoma, kuri iš jų yra aktuali tiriamojo darbo tematikoje.

Esamiems kelio elementams analizė atliekama nustatyti esamoms problemoms ir jų kilmei. Rezultate gaunamas ne tik esamos problemos patvirtinimas, tačiau priimamas sprendimas, kokiu būdu galima esamą problemą spręsti. Dažniausiai siūlomos net kelios tobulinimo alternatyvos, o viena iš jų turi būti rekomenduojama. Kelio pralaidumo analizė gali būti atliekama kiekvienai iš alternatyvų, norint nuspėti eismo rodiklių pokyčius, parinkti rekomenduojamą planą. Taigi, HCM metodai vartojami gerinti esamą infrastruktūrą, padėti priimti vieną geriausią sprendimą iš daugybės alternatyvų.

Projektavimo stadijoje metodika naudojama siekiant parinkti tinkamus geometrinius kelio važiuojamosios dalies parametrus, pavyzdžiui, eismo juostų skaičių, kad kelyje būtų užtikrintas reikalaujamas eismo kokybės rodiklis. Projektavimo stadijoje gali būti vertinami visi kelio elementai, norint užtikrinti kelio eismo kokybės lygį bei tai, kad atskiri kelio elementai užtikrintų kelio funkcijos įgyvendinimą.

Planuojant kelių tinklą taip pat galima naudoti HCM metodiką. Šioje srityje analizė labai panaši kaip ir įgyvendintuose projektuose – siekiama pagerinti esamą infrastruktūrą. Pagrindinis skirtumas – planavime reikalaujama mažiau detalių įvesties duomenų ir naudojamos didesnis kiekis pagrindinių reikšmių. Rezultate gaunamas ne tik sprendimas, kad reikalingi pagerinimai, tačiau galima nustatyti, kur ir kokie. Taigi, naudojant analizę su bendraisiais duomenimis galima gauti apibendrintus sprendimus tam tikroms vietovėms, kelių tinklui.

Idealiomis sąlygomis HCM analizė turėtų būti taikoma visose stadijose: planavime, projektavime, monotoringe, tokiu būdu galimai būtų užtikrintos geriausios eismo sąlygos visame kelių tinkle. HCM 2000 ir HCM 2010 metodikos darbo tematikoje taikomos įgyvendintų žiedinių sankryžų projektams,

siekiant nustatyti pralaidumą ir eismo kokybės rodiklį. Analizės metu galimas rezultatas – esamų problemų identifikavimas, pavyzdžiui, kodėl susidaro transporto priemonių spūstys.

2.1.3. Metodikos esmės išvados

1. HCM metodikas lengva taikyti atskiriems kelio elementams, dėl to jas vartojant patogu nustatyti probleminių taškų pralaidumo ir eismo kokybės parametrus.
2. Analizės metu vertinami geometriniai elemento parametrai, transporto priemonių eismo intensyvumas, jo sudėtis ir pasiskirstymas skirtingomis kryptimis, atsižvelgiama, į technines eismo reguliavimo priemones.
3. Analizė – kompleksiška ir taikoma skirtingose stadijose: planavimo, projektavimo, stebėsenos (monotoringo).

2.2. Metodikos pritaikymas žiedinėms sankryžoms

Žiedinių sankryžų pralaidumo skaičiavimai atliekami naudojantis tarpo toleravimo modeliu. Šis modelis pagrįstas tuo, kad žiedinių sankryžų įvažose vyksta atitinkamas judėjimas. Dėl šios priežasties reikia įvertinti sankryžos geometrinius parametrus, eismo reguliavimo priemones bei skirtingą vairuotojo elgesį skirtinguose kelio elementuose (Akçelik 2007). Kadangi HCM 2000 dėl JAV žiedinių sankryžų tyrimų stokos analizuoja tik vienos eismo juostos su vienos eismo juostos įvažomis žiedines sankryžas ir pateikia tik galimybę apskaičiuoti įvažos pralaidumą, toliau analizuojama naujesnė HCM 2010 versija, kurioje žiedinių sankryžų pralaidumo analizės metodika papildyta remiantis Nacionalinės greitkelių tyrimų programos[10] projekto 3-65 rezultatais (Ryus *et al.* 2011).

2.2.1. Eismo kokybės rodiklis

Eismo kokybės rodiklis gali būti apibūdinamas bet kuriam iš šių sankryžos elementų kaip gaišties arba prisotinimo laipsnis: eismo juostai, judėjimui, eismo juostų grupei, įvažai, sankryžai. Žiedinėms sankryžoms rekomenduoja naudoti įvažos arba sankryžos rodiklį (Akçelik 2009).

Eismo kokybės rodiklio vertinimas įvažai ar sankryžai siejamas su reguliavimo gaištimi (pateikiama 7 lentelėje). Reguliavimo gaištis[11] yra gaištis sukelta eismo reguliavimo priemonių (kelio ženklų arba kelio ženklo „STOP“. Šios gaišties reikšmė yra apytiksliai lygi laiko eilėje gaišties[12] reikšmei, tačiau papildomai įvertinamas greitėjimo ir lėtėjimo komponentas. Gaišties matavimo vienetai – sekundės transporto priemonei (nustatytam laiko tarpui, 7 lentelėje matavimo vienetai s/aut.) (Mathew 2014). 7 lentelėje eismo kokybės rodiklis vertinamas pagal reguliavimo gaištį, kuo gaištis mažesnė – tuo geresnis LOS nustatomas. LOS skirstomas į šešis lygius: A, B, C, D, E ir F. Lentelėje LOS skirstomas pagal eismo intensyvumo bei pralaidumo santykį, kai santykis mažesnis

[10] Originalo kalba – *National Cooperative Highway Reseach Program (NCHRP).*
[11] Originalo kalba – *Control delay.*
[12] Originalo kalba – *Time-in-queue delay.*

nei 1,0 – LOS priklauso nuo reguliavimo gaišties, kai didesnis už 1,0 – LOS visada lygus F, t. y. prastas eismo kokybės rodiklis.

7 lentelė. Eismo kokybės rodiklis (*Transportation Research Board* 2010)

Reguliavimo gaištis, s/aut.	LOS pagal eismo intensyvumo (v) ir pralaidumo (c) santykį	
	v/c≤1,0	v/c>1,0
1	2	3
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

Pavyzdžiui, Lietuvoje galiojančiose MN ŽSP 12 taip pat apibrėžiamas eismo kokybės rodiklis, jis nustatomas pagal vidutinį laukimo laiką w [s]. 8 lentelėje pateikiami eismo kokybės lygiai pagal MN ŽSP 12. Metodiniuose nurodymuose analizuojami tik penki eismo kokybės lygiai: A, B, C, D, E, t. y. eliminuojamas F lygis, kuris apibrėžtas HCM 2010. Kadangi HCM 2010 yra pirminis šaltinis, pagal kurį kelių kokybę vertina ir kitos Europos Sąjungos šalys, eismo kokybė ir toliau bus nagrinėjama pagal amerikiečių metodiką, kuri yra išsamesnė ir vertina daugiau komponentų.

8 lentelė. Eismo kokybės lygiai (MN ŽSP 12)

Eismo kokybės lygis	Vidutinis laukimo laikas *w*, s
1	2
A	≤ 10
B	≤ 20
C	≤ 30
D	≤ 45
E	> 45

Taigi, eismo kokybės rodiklis vertinamas pagal laukimo laiką, gaištį ir skirstomas į šešis lygius: A, B, C, D, E, F. Eismo kokybės rodiklis gali būti nustatomas tiek įvažoms, tiek sankryžoms, jis parodo, kaip eismas pasiskirsto nagrinėjam kelio elemente per tam tikrą laiką.

2.2.2. Įvesties duomenys

Analizei žiedinėms sankryžoms atlikti reikalingi šie įvesties duomenys:

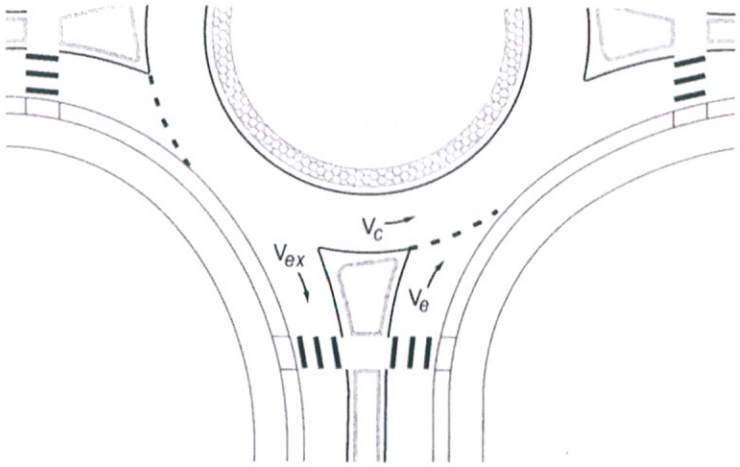
1. Eismo juostų skaičius ir konfigūracija kiekvienoje įvažoje;
2. Galimas eismo intensyvumas kiekvienai įvažiuojančiai transporto priemonei ir kiekvienai pėsčiųjų perėjai per 15 piko minučių arba galimas eismo intensyvumas įvažiuojančiai transporto priemonei ir kiekvienai pėsčiųjų perėjai per piko valandą ir piko valandos rodiklis valandai;
3. Sunkiasvorių transporto priemonių dalis;
4. Eismo intensyvumo pasiskirstymas tarp eismo juostų;
5. Analizės trukmė (15 piko minučių arba piko valanda).

2.2.3. Metodikos pritaikomumo žiedinėms sankryžoms išvados

1. Dėl nepakankamo tyrimo skaičiaus žiedinių sankryžų analizei negali būti naudojama HCM 2000 metodika, tačiau naudojama naujesnė amerikiečių metodikos versija – HCM 2010.
2. Eismo kokybės rodiklis žiedinėms sankryžoms nustatomas pagal eismą vykstantį įvažoje, sankryžoje, todėl pagrindinis kriterijus vertinant rodiklį – reguliavimo gaištis.
3. Eismo kokybės rodikliai skirstomi į 6 lygius: A, B, C, D, E, F, kur A – geriausia eismo kokybė, o F – prasčiausia, t. y. nėra jokio pralaidumo.

2.3. Pralaidumo nustatymas

Žiedinių sankryžų pralaidumas priklauso nuo eismo srauto. Galima išskirti trijų rūšių srautus, darančius įtaką, įvažiuojantis srautas, žiedine važiuojamąja dalimi važiuojantis srautas bei išvažiuojantis srautas. 5 paveiksle schematiškai vaizduojama, kokiame žiedinės sankryžos elemente dominuoja atskiri eismo srautai bei kuria kryptimi vyksta. Įvažiuojantis eismo srautas (v_e) – eismo srautas, kuris iš įvažos, jungiamojo žiedinės sankryžos kelio, įvažiuoja į žiedinę važiuojamąją dalį. Žiedine važiuojamąja dalimi vykstantis eismo srautas (v_c) – tai eismas, vykstantis žiedo viduje. Išvažiuojantis srautas (v_{ex}) priešingai nei įvažiuojantis eismo srautas – žiedinę važiuojamąją dalį paliekantis srautas.



5 pav. Vienos eismo juostos žiedinės sankryžos eismo srautai (*Transportation Research Board* 2010)

2.3.1. Vienos eismo juostos žiedinės sankryžos

Vienos eismo juostos žiedinės sankryžos pralaidumo skaičiavimas remiasi prielaida, kad viena įvažos juosta konfliktuoja su viena žiedo eismo juosta. Ši prielaida leidžia skaičiavimus grįsti žiedinėje važiuojamoje dalyje vykstančio eismo srauto dalimi. Pralaidumo skaičiavimai atliekami pagal (1) formulę ir schemą pateiktą 5 paveiksle:

$$c_{e,pce} = 1{,}130e^{(-1{,}0\cdot 10^{-3})v_{c,pce}}; \quad (1)$$

Čia:

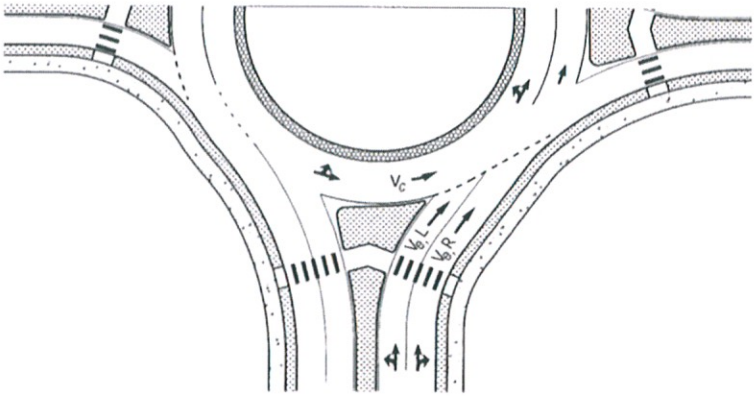
$c_{e,pce}$ – eismo juostos pralaidumas, pritaikytas sunkiasvorėms transporto priemonėms, l. aut./h;

$v_{c,pce}$ – žiedo važiuojamosios dalies eismo srautas, l. aut./h.

2.3.2. Daugiau nei vienos eismo juostos žiedinės sankryžos

Daugiau nei vieną eismo juostą turinčios žiedinės sankryžos yra sudėtingesnės nei vienos eismo juostos sankryžos, nes šiose gali būti didelė kombinacijų įvairovė. Kadangi Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose esančios žiedinės sankryžos turi ne daugiau nei 2 eismo juostas, todėl toliau analizuojamos tik šios kombinacijos.

Kai žiedinėje sankryžoje nagrinėjama įvaža turi dvi eismo juostas, o žiedinė važiuojamoji dalis sudaryta tik iš vienos eismo juostos, skaičiavimai atliekami pagal (1) formulę. Skaičiavimai atliekami pagal tą pačią formulę, nes vertinamas žiedinėje važiuojamoje dalyje eismo srautas yra konfliktinis, abejais nagrinėjamais atvejais – tai viena eismo juosta vykstantis eismas. Tokios sankryžos schema pateikta 6 paveiksle.



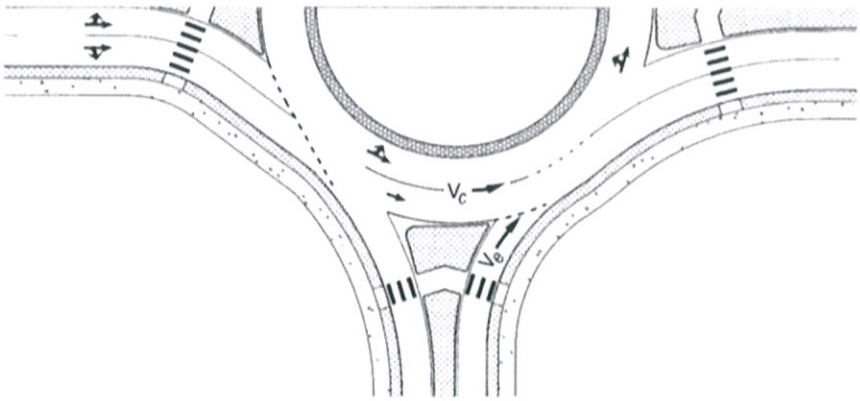
6 pav. Daugiau nei vienos eismo juostos žiedinė sankryža Nr. 1 (*Transportation Research Board* 2010)

Kai žiedinės sankryžos schema yra sudaryta iš vienos eismo juostos įvažoje ir dviejų eismo juostų žiedinėje važiuojamojoje dalyje (žiūrėti 7 paveikslą), tada skaičiavimai atliekami pagal (2) formulę.

$$c_{e,pce} = 1{,}130e^{(-0{,}7\cdot 10^{-3})v_{c,pce}}; \quad (2)$$

Čia:

$v_{c,pce}$ – abiejų eismo juostų žiedinėje važiuojamojoje dalyje eismo srautas, l. aut./h.



7 pav. Daugiau nei vienos eismo juostos žiedinė sankryža Nr. 2 (*Transportation Research Board* 2010)

Atvejais, kai žiedinė sankryža sudaryta iš dviejų eismo juostų tiek įvažose, tiek žiedinėje važiuojamojoje dalyje, pralaidumo skaičiavimai atliekami pagal (2) formulę, taip pat atskirai

vertinama ir įvažų eismo juostų pralaidumas, kuris skaičiuojamas pagal (3) ir (4) formules. Tokios žiedinės sankryžos schema pateikta 8 paveiksle.

$$c_{e,R,pce} = 1{,}130e^{(-0{,}7\cdot 10^{-3})v_{c,pce}}; \quad (3)$$

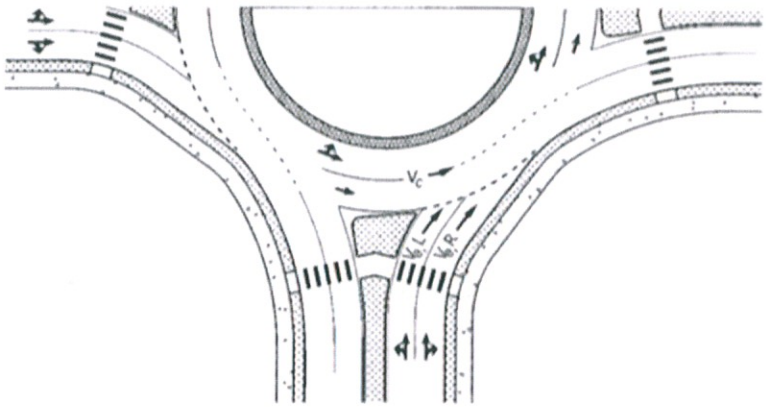
$$c_{e,L,pce} = 1{,}130e^{(-0{,}75\cdot 10^{-3})v_{c,pce}}; \quad (4)$$

Čia:

$c_{e,R,pce}$ – dešinės eismo juostos įvažoje pralaidumas, įvertinus sunkiasvorių transporto priemonių eismą, l. aut./h;

$c_{e,L,pce}$ – kairės eismo juostos įvažoje pralaidumas, įvertinus sunkiasvorių transporto priemonių eismą, l. aut./h;

$v_{c,pce}$ – abiejų eismo juostų žiedinėje važiuojamojoje dalyje eismo srautas, l. aut./h.

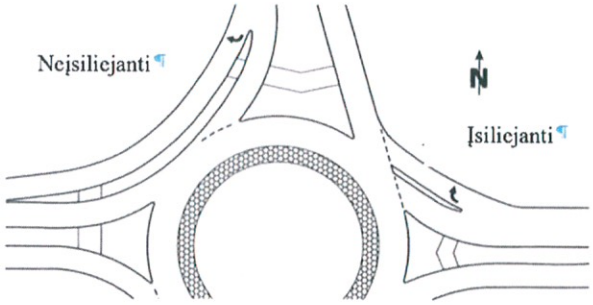


8 pav. Daugiau nei vienos eismo juostos žiedinė sankryža Nr. 3 (*Transportation Research Board* 2010)

Taigi žiedinės sankryžos, turinčios daugiau nei vieną eismo juostą, vertinamos pagal savo kombinaciją įvažų ir žiedinės važiuojamosios dalies eismo juostų išsidėstymo atžvilgiu. Pagal tai atsiranda skirtingos skaičiavimo formulių variacijos.

2.3.3. Dešiniojo posūkio apylankos

Nepaisant žiedinės sankryžos tipo eismo juostų atžvilgiu, žiedinė sankryža gali turėti dar vieną elementą – dešiniojo posūkio apylanką. Apylankas galima skirstyti į du tipus: įsiliejančias ir neįsiliejančias. 9 paveiksle vaizduojami skirtingai apylankų tipai. Pirmasis tipas – neįsiliejanti apylanka, ji vadinama taip, nes ji visiškai atskirta nuo žiedinės važiuojamosios dalies ir eismo srautai apylankoje bei žiede neturi konflikto taškų. Priešingai nei pirmoji, įsiliejanti apylanka turi konfliktinių taškų su išvažiuojančiu eismo srautu.



9 pav. Apylankų tipai (*Transportation Research Board* 2010)

Neįsiliejančios apylankos JAV nevertinamos, nes paprastai dėl mažo posūkio kampo bei geometrinių parametrų tokios apylankos suformuoja atskirą eismo juostą, kuri arba susilieja su išvažiuojančiu srautu tame pačiame greityje, arba lieka atskira eismo juosta.

Įsiliejančios apylankos vertinamos, nes jos daro poveikį pralaidumui. Kai žiedinėje sankryžoje yra vienos eismo juostos išvažiavimas, tai apylankai skaičiuoti naudojama (1) formulės modifikacija – (5) formulė. Kitais atvejais (kai išvažiavime yra dvi eismo juostos), naudojama (6) formulė.

$$c_{bypass,pce} = 1{,}130e^{(-1{,}0\cdot 10^{-3})v_{ex,pce}}; \quad (5)$$

$$c_{bypass,pce} = 1{,}130e^{(-0{,}7\cdot 10^{-3})v_{ex,pce}}; \quad (6)$$

Čia:

$c_{bypass,pce}$ – apylankos eismo juostos pralaidumas, įvertinus sunkiasvorių transporto priemonių eismą, l. aut./h;

$v_{ex,pce}$ – išvažiuojančio transporto eismo srautas, l. aut./h.

Taigi, apylankos žiedinėse sankryžose gali būti dviejų tipų, todėl svarbu nustatyti, kokia apylanka yra analizuojamoje sankryžoje, nes pralaidumo skaičiavimuose vertinamos tik įsiliejančio tipo apylankos.

2.4. Analizė

HCM 2010 aiškiai nustato skaičiavimų eiliškumą. Šis eiliškumas aprašomas ir pateikiamas su skaičiavimams reikalingais duomenimis šiame poskyryje.

1. Eismo intensyvumo perskaičiavimas į eismo srauto rodiklius.

Kai analizuojamos esamos eismo sąlygos, galima atlikti eismo intensyvumo matavimus žiedinėje sankryžoje. Matavimai atliekami per 15 piko minučių, vėliau šie rezultatai verčiami į eismo srauto rodiklį, kuris skaičiuojamas nustatytą eismo intensyvumą dauginant iš 4.

2. Eismo srauto rodiklių vertinimas sunkiasvorių transporto priemonių dalies eisme atžvilgiu.

Nustačius eismo srauto rodiklį, būtina jį įvertinti pagal transporto priemonių sudėtį sraute. Šis vertinimas atliekamas naudojant koeficientus, kurie pateikti 9 lentelėje. Transporto priemonės tipas vertinamas lengvojo automobilio ekvivalentu E_T.

9 lentelė. Transporto priemonių sudėties įvertinimas (HCM, 2010)

Transporto priemonės tipas	Lengvojo automobilio ekvivalentas, E_T
1	2
Lengvasis automobilis	1,0
Sunkiasvorė transporto priemonė	2,0

Norint įvertinti 9 lentelėje pateiktas reikšmes bei sunkiasvorių transporto priemonių įtaką, atliekami skaičiavimai pagal (7) ir (8) formules:

$$v_{i,pce} = \frac{v_i}{f_{HV}} \tag{7}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1+P_T(E_T-1)} \tag{8}$$

Čia:

$v_{i,pce}$ – eismo srauto rodiklis judėjimui i, l. aut./h;

v_i – eismo srauto rodiklis judėjimui i, TP/h;

f_{HV} – sunkiasvorių transporto priemonių poveikio rodiklis;

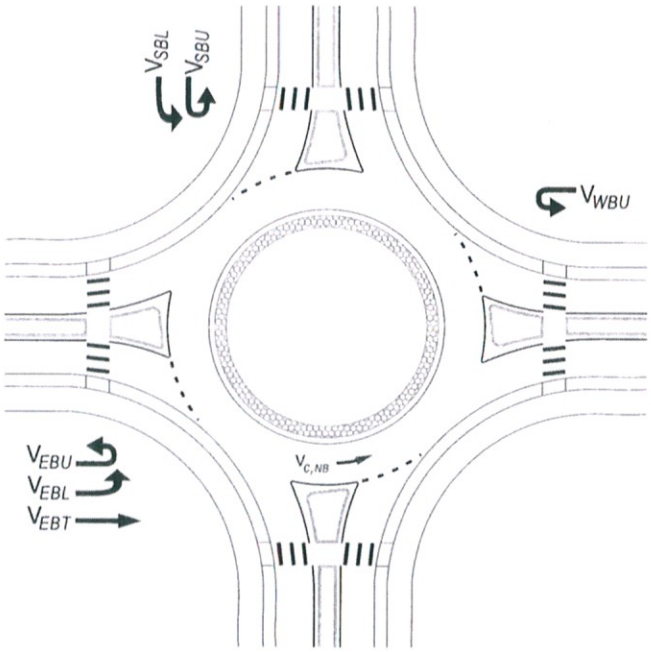
P_T – eismo intensyvumo dalis, kurią sudaro sunkiasvorės transporto priemonės;

E_T – lengvųjų automobilių ekvivalentas sunkiasvorėms transporto priemonėms (žr. 9 lentelę).

3. Žiedinėje važiuojamojoje dalyje važiuojančių ir išvažiuojančių eismo srautų nustatymas.

Žiedinėje važiuojamojoje dalyje ir išvažiuojančių eismo srautų skaičiavimai atliekami kiekvienam žiedinės sankryžos jungiamajam keliui.

Pirmiausiai, aprašomi skaičiavimai eismo srautui žiedinėje važiuojamojoje dalyje. 10 paveiksle pateikta schema, pagal kurią užrašoma (9) formulė. Pagal schemą matoma, kad srautas skaičiuojamas pietų kryptimi esančiam jungiamajam keliui, vertinami visų įvažų įvažiuojantis eismas, kuris pagal savo kryptingumą daro įtaką analizuojamoje sankryžos vietoje esančiam eismo srautui.



10 pav. Žiedinės važiuojamosios dalies eismo srauto skaičiavimų schema (*Transportation Research Board* 2010)

$$v_{c,NB,pce} = v_{WBU,pce} + v_{SBL,pce} + v_{SBU,pce} + v_{EBT,pce} + v_{EBL,pce} + v_{EBU,pce} \quad (9)$$

Būtina atkreipti dėmesį į tai, kad (9) formulė sudaroma pagal 10 paveiksle pateiktą skaičiavimo schemą. Konkrečiu skaičiavimo atveju jungiamųjų kelių skaičius ar rodikliai gali skirtis.

Analogiškai pagal (9) formulę yra skaičiuojamas ir išvažiuojančio eismo srauto rodiklis (schemos pavyzdį ir formulę pagal ją žiūrėti *HCM 2010 Volume 3 Page 21-13*).

4. Įvažiuojančių eismo srautų pagal eismo juostas nustatymas.

Įvažai, kurią sudaro tik viena eismo juosta, eismo srauto rodiklis – visų transporto priemonių, judančių šioje juostoje, eismo srautų rodiklių suma. Atvejais, kai yra daugiau eismo juostų, būtina individuali analizė. Šiuo klausimu HCM 2010 analizuoja penkis galimus variantus. Metodiką žiūrėti *HCM 2010 Volume 3 Page 21-15.*

5. Kiekvienos įvažos ir apylankos eismo juostos pralaidumo nustatymas (lengvųjų automobilių matavimo vienetais).

Įvažų ir apylankų eismo juostų pralaidumas nustatomas pagal anksčiau aprašytas formules.

6. Pėsčiųjų įtakos transporto priemonių judėjimui nustatymas.

Pėsčiųjų ir dviračių eismas daro įtaką transporto priemonių pralaidumui žiedinių sankryžų įvažose, jei jis yra. Kai žiedinėje sankryžoje susikerta dideli eismo srautai, tuomet pėstieji važiuojamąją dalį kerta tarp transporto priemonių eilėje susidarančių tarpų. Didesne problema laikoma, kai eismo srautai pasiskirsto tolygiai ir nesusidaro transporto priemonių eilės – pėstieji sumažina pralaidumą. HCM 2010 išskiria dviejų tipų skaičiavimus: žiedinėms sankryžoms su vienos eismo juostos įvaža ir žiedinėms sankryžoms su dviejų eismo juostų įvaža.

Abejais atvejais vertinami šie rodikliai: pėsčiojo įtakos įvažos pralaidumui rodiklis (f_{ped}), pėsčiųjų skaičius per valandą (n_{ped}) ir transporto priemonių, konfliktuojančių su pėsčiaisiais, eismo srauto rodiklis ($v_{c,pce}$).

7. Eismo juostų eismo srauto rodiklio ir pralaidumo konvertavimas į transporto priemones per valandą.

Eismo srauto rodiklis duotai eismo juostai turi būti perskaičiuojamas į matavimo vienetus: transporto priemonės per valandą (TP/h), šiam konvertavimui naudojama (10) formulė:

$$v_i = v_{i,pce} f_{HV,e} \quad (10)$$

Čia:

v_i – eismo srautas i-tajai eismo juostai, TP/h;

$v_{i,pce}$ – eismo srautas i-tajai eismo juostai, l. aut./h;

$f_{HV,e}$ – sunkiasvorių transporto priemonių rodiklis eismo juostai (žr. toliau).

Panašiai perskaičiuojama ir pralaidumo matavimo vienetai:

$$c_i = c_{i,pce} f_{HV,e} f_{ped} \quad (11)$$

Čia:

c_i – pralaidumas i-tajai eismo juostai, TP/h;

$c_{i,pce}$ – pralaidumas i-tajai eismo juostai, l. aut./h;

$f_{HV,e}$ – sunkiasvorių transporto priemonių rodiklis eismo juostai (žr. toliau);

f_{ped} – pėsčiųjų įtakos rodiklis (nevertinama).

Kiekvienos eismo juostos sunkiasvorių transporto priemonių rodiklis gali būti įvertinamas pagal kiekvieno judėjimą žiedinėje sankryžoje, kuriame dalyvauja sunkiasvorės transporto priemonės. Šis rodiklis nustatomas pagal (12) formulę:

$$f_{HV,e} = \frac{f_{HV,U}v_{U,PCE}+f_{HV,L}v_{L,PCE}+f_{HV,T}v_{T,PCE}+f_{HV,R,e}v_{R,e,PCE}}{v_{U,PCE}+v_{L,PCE}+v_{T,PCE}+v_{R,e,PCE}} \quad (12)$$

Čia:

$f_{HV,e}$ – sunkiasvorių transporto priemonių rodiklis įvažai;

$f_{HV,i}$ – sunkiasvorių transporto priemonių rodiklis i-tajai judėjimo krypčiai;

$v_{i,PCE}$ – eismo srautas i-tajam judėjimui, l. aut./h.

8. Kiekvienos eismo juostos eismo intensyvumo ir pralaidumo santykio skaičiavimai.

Eismo juostos intensyvumo ir pralaidumo santykis x skaičiuojamas pagal (13) formulę:

$$x_i = \frac{v_i}{c_i} \quad (13)$$

Čia:

x_i – eismo juostos intensyvumo ir pralaidumo santykis i-tajai eismo juostai;

v_i – i-tosios eismo juostos eismo intensyvumas, TP/h;

c_i – i-tosios eismo juostos pralaidumas, TP/h.

9. Vidutinės laiko gaišties kiekvienai eismo juostai skaičiavimai.

Vidutinė laiko gaištis nustatoma panašiai kaip ir kitoms nereguliuojamoms sankryžoms. (14) formulėje pateikiamas modelis, kuris gali būti naudojamas apskaičiuoti vidutinę laiko gaištį kiekvienai eismo juostai.

$$d = \frac{3{,}600}{c} + 900T\left[x - 1 + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{\left(\frac{3{,}600}{c}\right)x}{450T}}\right] + 5 \times min[x, 1] \quad (14)$$

Čia:

d – vidutinė reguliavimo gaištis, s/TP;

x – eismo juostos intensyvumo ir pralaidumo santykis;

c –eismo juostos pralaidumas, TP/h;

T – laikotarpis, h.

10. Eismo kokybės rodiklio nustatymas kiekvienai eismo juostai įvažose.

Eismo kokybės rodiklis kiekvienai eismo juostai nustatomas pagal 7 lentelėje pateiktus kriterijus.

11. Eismo kokybės rodiklio ir laiko gaišties skaičiavimai bendrai visai žiedinei sankryžai.

Reguliavimo gaištis žiedinei sankryžai skaičiuojama pagal (15) formulę:

$$d_{sankryžos} = \frac{\sum d_i v_i}{\sum v_i} \quad (15)$$

Čia:

$d_{sankryžos}$ – žiedinės sankryžos reguliavimo gaištis, s/TP;

d_i – i-tosios įvažos reguliavimo gaištis, s/TP (skaičiuojama pagal (15) formulės analogą);

v_i – i-tosios įvažos eismo srautas, TP/h.

12. Kiekvienos eismo juostos transporto priemonių eilės ilgio nustatymas.

Kiekvienos eismo juostos transporto priemonių eilės ilgis nustatomas pagal (16) formulę:

$$Q_{95} = 900T\left[x - 1 + \sqrt{(1-x)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c}\right)x}{150T}}\right]\left(\frac{c}{3,600}\right) \quad (16)$$

Čia:

Q_{95} – 95 procentų tikimybė susidaryti transporto priemonių eilei, TP;

x – eismo juostos intensyvumo ir pralaidumo santykis;

c –eismo juostos pralaidumas, TP/h;

T – laikotarpis, h.

2.5. Programinė įranga skaičiavimams atlikti

Pralaidumo ir eismo kokybės rodiklio skaičiavimai žiūrint į formules gali pasirodyti nesudėtingi, tačiau tai sudėtingas matematinis modelis, kurį reikia taikyti atskiroms žiedinės sankryžoms dalims. Skaičiavimams palengvinti gali būti naudojama įvairi programinė įranga. Darbo tematikoje pasirinkta naudoti *Sidra Intersection* programinį paketą dėl jo suderinamumo su HCM 2010 skaičiavimų modeliu.

Sidra Intersection programinės įrangos paketas, kuris naudojamas sankryžų ir kelių tinklo pralaidumo, eismo kokybės rodiklio analizei. Pirmoji programinės įrangos versija buvo pasirodžiusi dar 1984 metais, tačiau buvo nuolat tobulinama atsižvelgiant į naudotojų pastebėjimus. Šiuolaikinė programos versija pasirodė 2013 metais. Australijoje ir Naujojoje Zelandijoje ši programinė įranga naudojama pagal australiškas metodikas, Jungtinėse Amerikos Valstijose generuojama versija sukurta pagal prieš tai nagrinėtą modelį.

Vienas pagrindinių *Sidra Intersection* plėtotojų Rahmi Akçelik viename iš savo straipsnių teigia, kad iki HCM 2010 atsiradimo programinė įranga buvo naudojama tik pagal Australijoje atliktų tyrimų duomenis, tačiau vėliau naujas amerikietiškas skaičiavimo modelis buvo visiškai įdiegtas į programinės įrangos paketą ir leidžia pasirinkti, pagal kurią metodiką norima atlikti skaičiavimus.

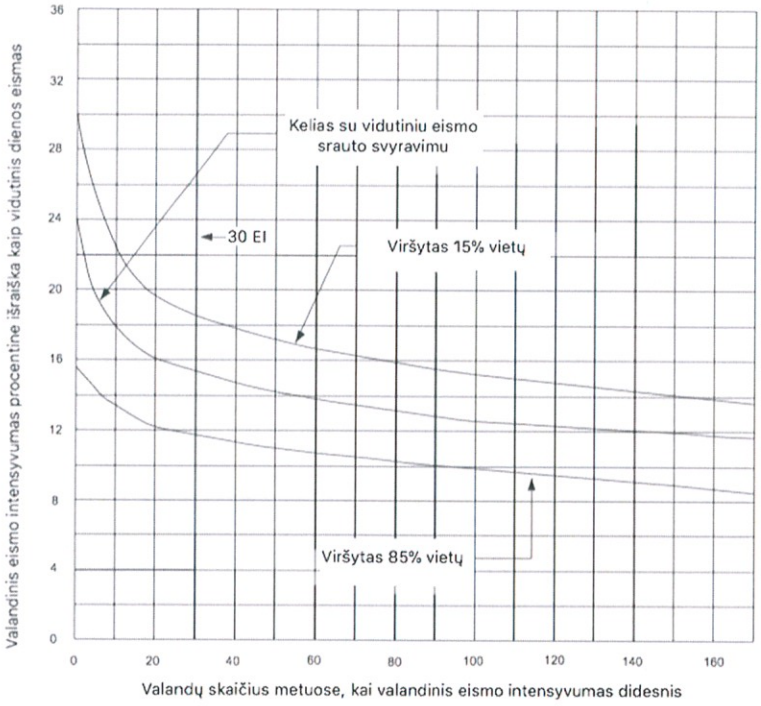
Taigi naudojantis galimybe skaičiavimus atlikti greičiau ir kokybiškiau (be galimos klaidos tikimybės), darbe naudojama programinė įranga *Sidra Intersection*.

2.6. 30-osios intensyviausios valandos eismo intensyvumas

Norint nustatyti pralaidumą ir eismo kokybės rodiklį būtina naudoti skirtingus eismo intensyvumo duomenis. Nagrinėjamoje metodikoje nurodoma naudoti valandinį eismo intensyvumą, tačiau plačiau neapibrėžiama, kuri valanda skaičiavimuose racionaliausia. Amerikiečių metodikoje *A policy on geometric design of highways and streets* teigiama, kad eismo intensyvumas, kuris parodo trumpesnio nei para periodo duomenis, yra tinkamesnis rodiklis naudoti projektavimui ar skaičiavimams. Nagrinėjant visų metų valandinių eismo intensyvumų duomenis, lengviau pastebėti lūžius, kaip keičiasi eismo intensyvumas skirtingais periodais.

Bet kokio kelio eismo struktūra rodo didelius pokyčius tarp eismo intensyvumo skirtingu paros metu. Pagrindinis *A policy on geometric design of highways and streets* uždavinys nustatyti, kurios valandos eismo intensyvumas turi būti naudojamas kaip pagrindinis ir atspindintis visų metų eismo intensyvumą. Skaičiavimuose naudojama reikšmė turi būti racionaliai parenkama, t. y. jos vertė negali būti viršijama labai dažnai arba būti per retai, tačiau kartu vertė turi būti tiek aukštai, kad nagrinėjama priemonė būtų užpildyta retai. Norint nustatyti šią apimtį, geriausia naudoti kreivę, kurioje atsispindi kiekvienos metų valandos eismo intensyvumas ir jo pokytis.

11 paveiksle parodytas ryšys tarp didžiausių valandinių intensyvumų ir vidutinio paros eismo magistraliniuose keliuose (*AASHTO* 2011). Šis grafikas sudarytas atliekant eismo duomenų rinkimo analizę ir atsižvelgiant į teritorinį pasiskirstymą. Vidurinė kreivė grafike rodo tarp teritorinių vienetų išvestą bendrą vidurkį. Naudojantis 11 paveiksle pateiktomis kreivėmis, buvo nustatyta, kad rekomenduojama naudoti 30-osios maksimalios valandos eismo intensyvumą nagrinėjamais metais, toliau įvardinamą kaip 30 EI. Ši reikšmė nustatoma, sudarant analogišką kreivę kaip pateikta 11 paveiksle, t. y. visų metų valandinių eismo intensyvumo duomenis išdėliojant mažėjimo tvarka ir nustatant, kuri reikšmė yra 30-oji. Ši reikšmė parinkta, nes kaip matyti grafike, ties reikšme įvyksta lūžis ir nuo reikšmės kreivė plokštėja.



11 pav. Metinio valandinio eismo intensyvumo pokyčio kreivė (*AASHTO* 2011)

Taigi norint nustatyti žiedinių sankryžų pralaidumo ir eismo kokybės rodiklius reikia naudoti 30 EI. Ši reikšmė racionaliai atspindi eismo sąlygas visų metų laikotarpiu, tokios eismo sąlygos susidaro pakankamai dažnai.

2.7. Teorinio pagrindimo išvados

1. HCM metodika lengva taikyti atskiriems kelio elementams, dėl to ja naudojantis patogu nustatyti probleminių taškų pralaidumo ir eismo kokybės parametrus.
2. Analizės metu vertinami geometriniai elemento parametrai, transporto priemonių eismo intensyvumas, jo sudėtis ir pasiskirstymas skirtingomis kryptimis, atsižvelgiama, į technines eismo reguliavimo priemones.
3. Analizė – kompleksiška ir taikoma skirtingose stadijose: planavimo, projektavimo, stebėsena.
4. Dėl nepakankamo tyrimo skaičiaus žiedinių sankryžų analizei negali būti naudojama HCM 2000 metodika, tačiau naudojama naujesnė amerikiečių metodikos versija – HCM 2010.
5. Eismo kokybės rodiklis žiedinėms sankryžoms nustatomas pagal eismą vykstantį įvažoje, sankryžoje, todėl pagrindinis kriterijus vertinant rodiklį – reguliavimo gaištis.
6. Eismo kokybės rodikliai skirstomi į 6 lygius: A, B, C, D, E, F, kur A – geriausia eismo kokybė, o F – prasčiausia, nėra jokio pralaidumo.
7. Žiedinių sankryžų pralaidumas tiesiogiai priklauso nuo eismo srauto, kuris skirstomas į tris rūšis: įvažiuojantis srautas, žiedine važiuojamąja dalimi važiuojantis srautas bei išvažiuojantis srautas.

8. Nagrinėjant eismo intensyvumo duomenis, atliekant įvairias analizes, rekomenduojama naudoti 30 EI parametrą, kuris nustato 30-osios maksimalios valandinio eismo intensyvumo metuose reikšmę.

2.7.1. Teorinio pagrindimo išvados kelių saugumo požiūriu

Eismo kokybės rodiklis ir pralaidumas priklauso nuo važiuojamosios kelio dalies parametrų, eismo sąlygų ir eismo reguliavimo priemonių, jų poveikio kelio saugumui. Atliekant eismo kokybės rodiklio ir pralaidumo analizę pagal HCM 2010 metodiką, vertinama kelio sudedamoji komponentė (sistema: žmogus, kelias ir transporto priemonė), taip pat vertinama transporto priemonių sudėtis (sunkiasvorės transporto priemonės pasižymi prastesnėmis stabdymo savybėmis), galima teigti, kad eismo kokybės rodiklis nusako ne tik kokybinius kelio ir jame vykstančio eismo parametrus, tačiau vertina aplinkybes, kurios daro įtaką kelių saugumui, t. y. vertina kelio aplinkos komponentą.

Svarbu atkreipti dėmesį, kad nagrinėjama atpažįstamų kelių koncepcija ir susideda iš principo, kad sistema: žmogus, kelias ir transporto priemonė tarpusavyje veiktų tinkamai. Anksčiau nagrinėta, kaip žmogus (vairuotojas) supranta kelio aplinką, iš ko kyla suvokimas ir kaip galima pasiekti, kad žmogus iš kelio aplinkos nuspręstų važiavimo sąlygas. Šiame skyriuje išskirtos konkrečios metodikos, rodikliai, kuriuos vertinant galima nustatyti žiedinių sankryžų poveikį ir atitiktį kelio, kuriame yra sankryža, funkcinei paskirčiai. Tik vertinant konkrečius rodiklius, juos lyginant galima nustatyti, ar Lietuvoje įgyvendinta atpažįstamų kelių koncepcija, kokių pokyčių reikia kelių tinkle, kad pasiekti šios koncepcijos įgyvendinimą ir užtikrinti kelių saugumą.

3. TIRIAMOJI DALIS

Rengiant baigiamąjį magistro darbą tema „Žiedinių sankryžų analizė ir rekomendacijos taikymui Lietuvos valstybinės reikšmės magistraliniuose ir krašto reikšmės keliuose“ atliktas žiedinių sankryžų, esančių magistraliniuose ir krašto keliuose, pralaidumo ir eismo kokybės rodiklio nustatymo tyrimas. Tyrimas atliekamas siekiant nustatyti žiedinių sankryžų kokybinių rodiklių atitiktį kelio, kuriame yra sankryža, funkcinės paskirties kokybiniams rodikliams.

Tyrimo tikslas – nustatyti, ar magistraliniuose ir krašto keliuose esančių žiedinių sankryžų pralaidumo ir eismo kokybės rodikliai atitinka kelių, kuriuose jos yra, parametrus pagal jų funkcinę paskirtį.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti eismo intensyvumo kryptinio pasiskirstymo žiedinėse sankryžose natūrinius tyrimus.
2. Atlikti žiedinių sankryžų geometrinių parametrų analizę.
3. Atlikti pralaidumo ir eismo kokybės rodiklių nustatymo tyrimą.
4. Nustatyti transporto priemonių gaišties laiką.
5. Nustatyti transporto priemonių eilės ilgį.
6. Pateikti tyrimo rezultatus.

Tyrimo objektai:

1. Merkinės žiedinė sankryža – keturšalė sankryža, esanti magistralinio kelio A4 Vilnius–Varėna–Gardinas ir krašto kelių Nr. 133 Merkinė–Leipalingis bei Nr. 129 Antakalnis–Jieznas–Alytus–Merkinė sankirtoje;
2. Molėtų žiedinė sankryža – keturšalė sankryža, kurioje susikerta magistralinis kelias A14 Vilnius–Utena ir krašto kelias Nr. 114 Molėtai–Kaltanėnai–Ignalina;
3. Pasvalio žiedinė sankryža – keturšalė sankryža, kurioje susikerta magistralinis kelias A10 Panevėžys–Pasvalys–Ryga ir rajoninis kelias Nr. 3101 Pasvalys–Vabalninkas;
4. Jiezno žiedinė sankryža – keturšalė sankryža, esanti krašto kelio Nr. 129 Antakalnis–Jieznas–Alytus–Merkinė ir magistralinio kelio A16 Vilnius–Prienai–Marijampolė sankirtoje;
5. Prienų žiedinė sankryža – keturšalė sankryža, esanti krašto kelyje Nr. 130 Kaunas–Prienai–Alytus, joje su krašto keliu susikerta Naujakurių ir Kauno gatvės.

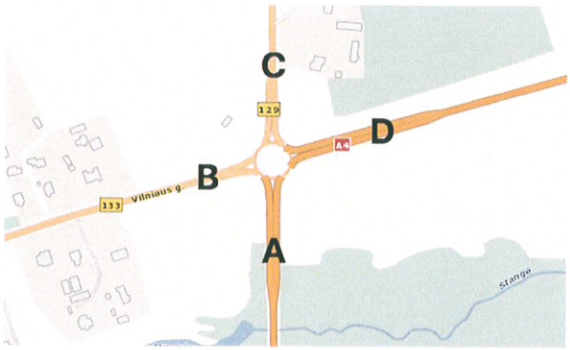
3.1. Pradiniai duomenys

Anksčiau išvardintos sankryžos kaip tiriamieji objektai parinktos pagal baigiamojo magistro darbo užduotį. Iš viso tiriami 5 objektai, iš jų 4 sankryžos yra magistraliniuose keliuose, o 4 yra krašto keliuose (galimi susikirtimai su magistraliniais keliais, miestų gatvėmis). Sankryžos pasižymi tuo, kad yra skirtingos kategorijos keliuose, turinčiuose skirtingus VMPEI, susikerta ne tik valstybinės reikšmės keliai, tačiau ir miestų gatvės, taip pat sankryžos projektuotos individualiai, todėl yra

skirtingų tipų ir geometrinių parametrų, kai kuriose pasirinktose sankryžose piko ar sezono metu susidaro transporto priemonių spūstys.

3.1.1. Merkinės žiedinė sankryža

Kaip anksčiau minėta, Merkinės žiedinėje sankryžoje susikerta magistralinis kelias A4 Vilnius–Varėna–Gardinas ir krašto keliai Nr. 133 Merkinė–Leipalingis bei Nr. 129 Antakalnis–Jieznas–Alytus–Merkinė. 12 paveiksle galima matyti, kad sankryžoje magistralinis kelias keičia savo kryptį. Taip pat paveiksle dėl paprastumo kiekvienas sankryžos jungiamasis kelias sužymėtas raidėmis: A kryptis – A4 kelias Druskininkų link, B kryptis – 133 kelias, C kryptis – 129 kelias ir D kryptis – A4 kelias Varėnos, Vilniaus link.



12 pav. Merkinės žiedinė sankryža (sudaryta autorės)

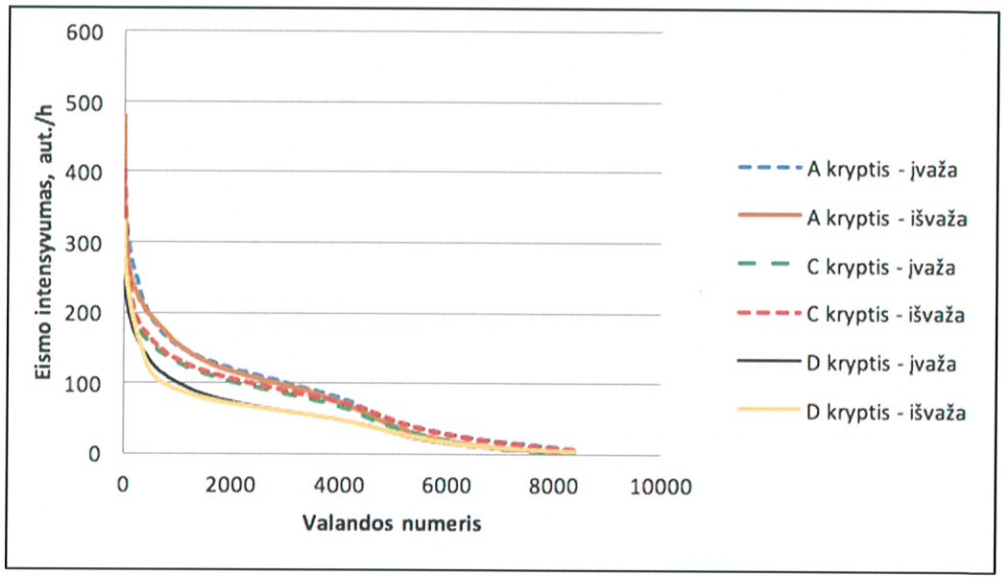
Sankryža įrengta pagal projektą „Magistralinio kelio Nr. A4 Vilnius–Varėna–Gardinas 101,73 km esančios sankryžos rekonstravimo techninis projektas“. Projektą rengė UAB „Kelprojektas“ projekto vadovas G. Sarapinas, projekto dalies vadovas T. Miklušis ir kiti. 10 lentelėje matome pagrindinius žiedinės sankryžos geometrinius parametrus. Vadovaujantis MN ŽSP 12, pagal išorinį skersmenį (45,0 m) sankryža yra mažoji žiedinė sankryža, priskiriama tipinio dydžio sankryžai neužstatytoje teritorijoje. Mažajai žiedinei sankryžai rekomenduojami geometriniai parametrai atitinka numatytus projekte, išskyrus išvažos eismo juostos plotį, rekomenduojama nuo 3,75 iki 4,5 m pločio, o suprojektuota 5,0 m. Kadangi žiedo plotis taip pat padidintas, galima spėti, kad toks sprendinys buvo priimtas dėl sunkiasvorių transporto priemonių dalies eisme.

10 lentelė. Merkinės žiedinės sankryžos geometriniai parametrai (sudaryta autorės)

Geometrinis parametras	Dydis
1	2
Vidinės salos skersmuo	31,0 m
Išorinis skersmuo	45,0 m
Žiedo plotis	7,0 m
Žiedinės važiuojamosios dalies plotis	5,5 m
Vidinio žiedo plotis	1,5 m
Įvažos plotis	4,0 m
Išvažos plotis	5,0 m

Remiantis VšĮ „Kelių ir transporto tyrimo institutas“ pateiktais eismo intensyvumo duomenimis iš matavimo įrenginių, sudaromas 13 paveiksle esantis grafikas, kurio pagalba nustatoma 30 EI reikšmės. A krypties grafikas sudaromas pagal eismo intensyvumo matavimo įrenginio duomenis,

esančio kelio A4 Vilnius–Varėna–Gardinas 102,75 km, C krypties – kelio Nr. 129 Antakalnis–Jieznas–Alytus–Merkinė 66,45 km, D krypties – kelio A4 Vilnius–Varėna–Gardinas 95,99 km. Parenkami artimiausi matavimo įrenginiai, kaip matome, B kryptyje, t. y. kelio Nr. 133 Merkinė–Leipalingis, pasirinktais metais nebuvo vykdomi nuolatiniai tyrimai, šios krypties reikšmė nustatoma natūrinių tyrimų metu. Matavimo metai – 2016 metai (A krypties matavimai atlikti nuo sausio 18 d. iki gruodžio 25 d.).

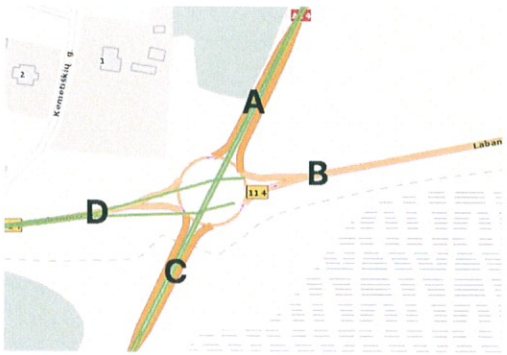


13 pav. Merkinės žiedinės sankryžos 30 EI nustatymo grafikas (sudaryta autorės)

Nustatytos 30 EI reikšmės: A kryptis įvaža – 346 aut./h (2016-08-28 20.00 val.); A kryptis išvaža – 321 aut./h (2016-03-11 12.00 val.); C kryptis įvaža – 261 aut./h (2016-07-30 12.00 val.); C kryptis išvaža – 298 aut./h (2016-08-15 17.00 val.); D kryptis įvaža – 220 aut./h (2016-06-24 14.00 val.); D kryptis išvažai – 259 aut./h (2016-10-02 19.00 val.).

3.1.2. Molėtų žiedinė sankryža

Molėtų žiedinėje sankryžoje susikerta magistralinis kelias A14 Vilnius–Utena ir krašto kelias Nr. 114 Molėtai–Kaltanėnai–Ignalina. 14 paveiksle matoma, kad sankryža turi keturis jungiamuosius kelius, taip pat parodyta žiedinės sankryžos jungiamųjų kelių padėtis, o keliai sužymėti raidėmis dėl aiškumo tyrimo metu: A kryptis – A14 kelias Utenos link, B kryptis – 114 kelias Ignalinos link, C kryptis – A14 kelias Vilniaus link ir D kryptis – 114 kelias Molėtų link.



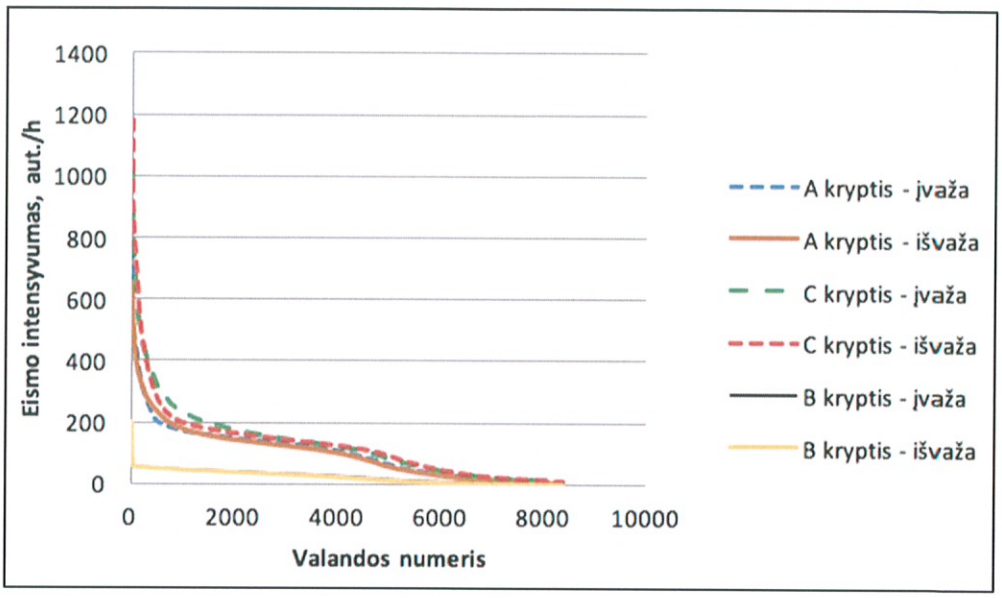
14 pav. Molėtų žiedinė sankryža (sudaryta autorės)

Sankryža įrengta pagal projektą „Kelio Nr. A14 Vilnius–Utena sankryža su keliu Nr. 114 Molėtai-Kaltanėnai–Ignalina ruožas nuo 64,2 km iki 65,40 km“. Projektą rengė UAB „Kelprojektas“ M. Gaigalas, T. Vaičiulionis, V. Brūzga ir kiti. 11 lentelėje pateikiami pagrindiniai sankryžos geometriniai parametrai, pagal daugumą parametrų sankryža svyruoja tarp labai mažos žiedinės sankryžos ir mažosios žiedinės sankryžos, tačiau vertinti pakankamai sudėtinga, nes sankryža projektuota anksčiau nei išleisti šiuo metu galiojantys normatyviniai dokumentai.

11 lentelė. Molėtų žiedinės sankryžos geometriniai parametrai (sudaryta autorės)

Geometrinis parametras	Dydis
1	2
Vidinės salos skersmuo	30,70 m
Išorinis skersmuo	45,0 m
Žiedo plotis	6,90 m
Žiedinės važiuojamosios dalies plotis	5,25 m
Vidinio žiedo plotis	1,65 m
Įvažos plotis	3,50 m
Išvažos plotis	4,50 m

Remiantis VšĮ „Kelių ir transporto tyrimo institutas“ pateiktais eismo intensyvumo duomenimis iš matavimo įrenginių, sudaromas 15 paveiksle vaizduojamas grafikas, kurio pagalba nustatoma 30 EI reikšmės. A krypties grafikas sudaromas pagal eismo intensyvumo matavimo įrenginio duomenis, esančio kelio A14 Vilnius–Utena 67,1 km, B krypties – kelio Nr. 114 Molėtai–Kaltanėnai–Ignalina 6,26 km, C krypties – kelio Nr. A14 Vilnius–Utena 47,62 km. Parenkami artimiausi matavimo įrenginiai, kaip matome, D kryptyje, t. y. kelio Nr. 114 Molėtai–Kaltanėnai–Ignalina ruože nuo sankryžos iki Molėtų, pasirinktais metais nebuvo vykdomi nuolatiniai tyrimai, šios krypties reikšmė nustatoma natūrinių tyrimų metu. Matavimo metai – 2016 metai. A krypties matavimai dėl techninių kliūčių pradėti atlikti sausio 25 d. Taip pat būtina atkreipti dėmesį, kad B krypties kreivė yra netolygi dėl to, kad matavimai buvo vykdomi ne visus metus, todėl papildomai ir šioje vietoje reikšmė nustatoma natūrinių tyrimų metu.



15 pav. Molėtų žiedinės sankryžos 30 EI nustatymo grafikas (sudaryta autorės)

Nustatytos 30 EI reikšmės: A įvaža – 513 aut./h (2016-05-01 16.00 val.); A išvaža – 506 aut./h (2016-07-01 20.00 val.); B įvaža – 67 aut./h (2016-05-19 18.00 val.); B išvaža – 68 aut./h (2016-05-19 18.00 val.); C įvaža – 768 aut./h (2016-06-17 20.00 val.); C išvaža – 819 aut./h (2016-07-31 18.00 val.). Nustačius 30 EI reikšmes, pastebima tendencija, kad visos šios valandos yra vasaros laikotarpiu bei vakarais.

3.1.3. Pasvalio žiedinė sankryža

Pasvalio žiedinė sankryžoje susikerta magistralinis kelias A10 Panevėžys–Pasvalys–Ryga ir valstybinės reikšmės rajoninis kelias Nr. 3101 Pasvalys–Vabalninkas. 16 paveiksle matoma, kad sankryžoje yra keturi jungiamieji keliai, kurie sužymėti raidėmis: A kryptis – A10 kelias Panevėžio link, B kryptis – kelias Nr. 3101 Pasvalio link, C kryptis – A10 kelias Rygos link ir D kryptis – kelias Nr. 3101 Vabalninko link.



16 pav. Pasvalio žiedinė sankryža (sudaryta autorės)

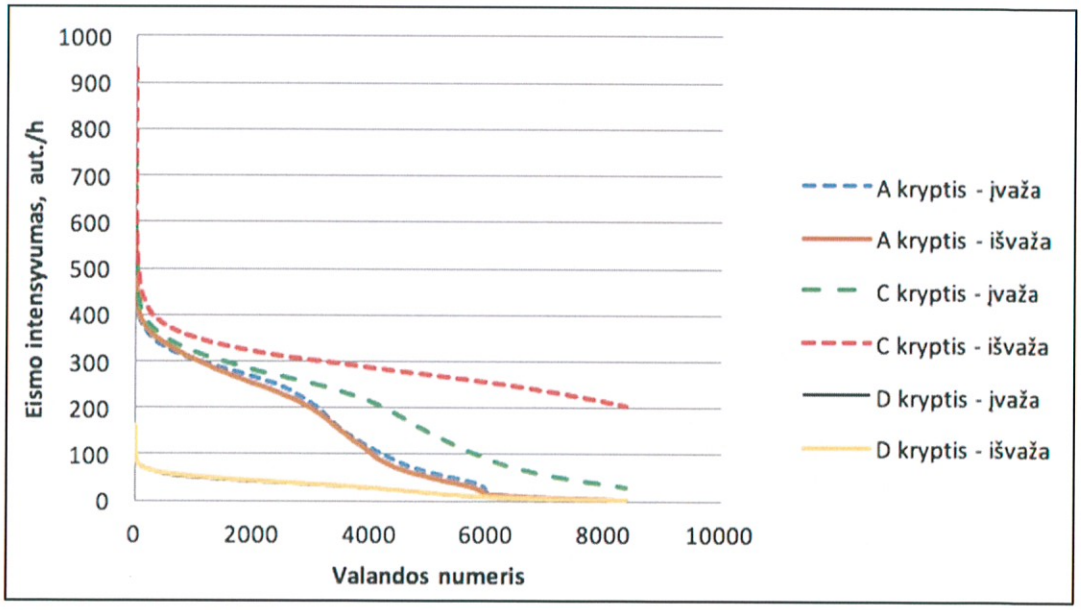
Sankryža įrengta pagal projektą „Valstybinės reikšmės magistralinio kelio A10 Panevėžys–Pasvalys–Ryga 38,7 km sankryžos su rajoniniu keliu Nr. 3101 Pasvalys–Vabalninkas rekonstravimas“. Projektą rengė AB „Panevėžio keliai“ projektų vadovas M. Jokubauskis, projekto dalies vadovas M. Šernas ir A. Vaičaitis. 12 lentelėje pateikiami pagrindiniai sankryžos geometriniai

parametrai. Vadovaujantis MN ŽSP 12, pagal išorinį skersmenį (42,0 m) sankryža yra mažoji žiedinė sankryža, priskiriama tipinio dydžio sankryžai neužstatytoje teritorijoje. Mažajai žiedinei sankryžai rekomenduojami geometriniai parametrai atitinka numatytus projekte. Kadangi žiedo plotis taip pat padidintas, galima spėti, kad toks sprendinys buvo priimtas dėl sunkiasvorių transporto priemonių dalies eisme.

12 lentelė. Pasvalio žiedinės sankryžos geometriniai parametrai (sudaryta autorės)

Geometrinis parametras	Dydis
1	2
Vidinės salos skersmuo	27,84 m
Išorinis skersmuo	42,00 m
Žiedo plotis	7,08 m
Žiedinės važiuojamosios dalies plotis	5,15 m
Vidinio žiedo plotis	1,75 m
Įvažos plotis	3,50-4,00 m
Išvažos plotis	4,50 m

Remiantis VšĮ „Kelių ir transporto tyrimo institutas“ pateiktais eismo intensyvumo duomenimis iš matavimo įrenginių, sudaromas 17 paveiksle esantis grafikas, kurio pagalba nustatoma 30 EI reikšmės. A krypties grafikas sudaromas pagal eismo intensyvumo matavimo įrenginio duomenis, esančio kelio A10 Panevėžys–Pasvalys–Ryga 29,65 km, C krypties – kelio A10 Panevėžys–Pasvalys–Ryga 45,44 km, D krypties – kelio Nr. 3101 Pasvalys–Vabalninkas 4,92 km. Parenkami artimiausi matavimo įrenginiai, kaip matome, B kryptyje, t. y. kelio Nr. 3101 Pasvalys–Vabalninkas atkarpoje nuo sankryžos iki kelio pradžios, pasirinktais metais nebuvo vykdomi nuolatiniai tyrimai, šios krypties reikšmė nustatoma natūrinių tyrimų metu. Matavimo metai – 2016 metai. Pasvalio žiedinės sankryžos 30 EI nustatymo grafike galima pastebėti, kad magistralinio kelio intensyvumas didesnis beveik 3 kartus.



17 pav. Pasvalio žiedinės sankryžos 30 EI nustatymo grafikas (sudaryta autorės)

Nustatytos 30 EI reikšmės: A įvaža – 430 aut./h (2016-08-13 12.00 val.); A išvaža – 431 aut./h (2016-08-04 18.00 val.); C įvaža – 464 aut./h (2016-02-08 8.00 val.); C išvaža – 516 aut./h (2016-04-

04 8.00 val.); D įvaža – 85 aut./h (2016-09-12 8.00 val.); D išvaža – 85 aut./h (2016-07-23 18.00 val.). Iš tikslių 30 EI rezultatų nustatyta, kad dažniausiai 30 EI susidaro 8 valandą ryto, taip pat galima palyginti magistralinio ir rajoninio kelių 30 EI, magistralinio kelio intensyvumas beveik 6 kartus didesnis.

3.1.4. Jiezno žiedinė sankryža

Jiezno žiedinė sankryža yra keturšalė, joje susikerta magistralinis kelias A16 Vilnius–Prienai–Marijampolė ir krašto kelias Nr. 129 Antakalnis–Jieznas–Alytus–Merkinė. 18 paveiksle parodyta sankryžos padėtis, o jungiamieji keliai pažymėti raidėmis: A kryptis – kelias Nr. 129 Antakalnio kryptimi, B kryptis – A16 Vilniaus link, C kryptis – kelias Nr. 129 Alytaus link ir D kryptis – A16 kelias Prienų link.



18 pav. Jiezno žiedinė sankryža (sudaryta autorės)

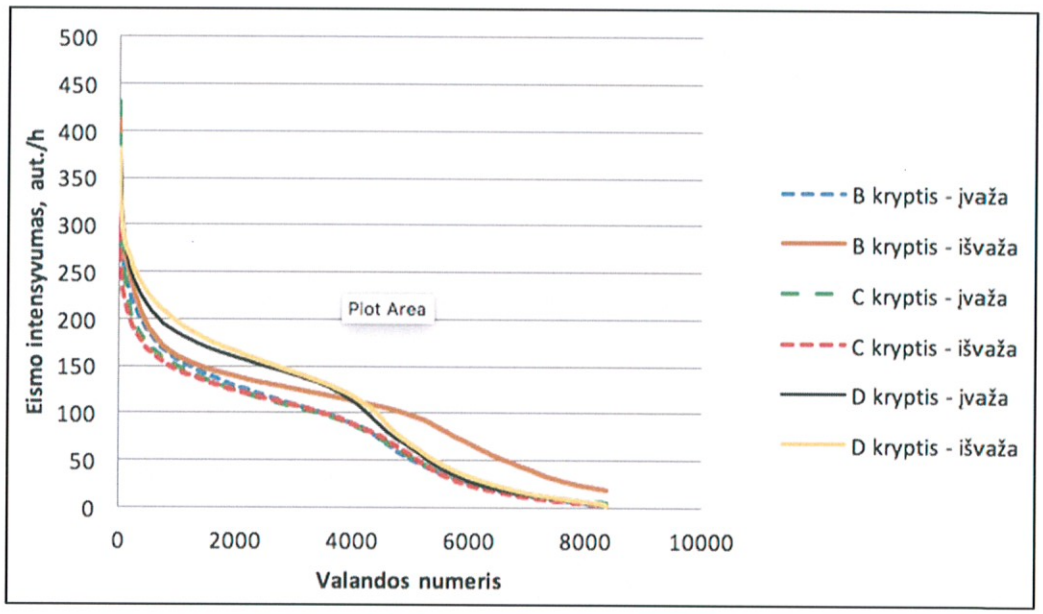
Sankryža įrengta pagal projektą „Kelio A16 Vilnius–Prienai–Marijampolė 79,57 km sankryžos su keliu Nr. 129 Antakalnis–Alytus–Merkinė[13] rekonstravimo techninis projektas“. Projektą rengė UAB „Plentprojektas“ projekto vadovė A. Sirtautienė, projekto dalies vadovas A. Vilkelis. 13 lentelėje pateikiami pagrindiniai sankryžos geometriniai parametrai. Vadovaujantis MN ŽSP 12, pagal išorinį skersmenį (42,0 m) sankryža yra mažoji žiedinė sankryža, priskiriama tipinio dydžio sankryžai neužstatytoje teritorijoje. Kiti žiedinės sankryžos parametrai (išvažos plotis, įvažos plotis, žiedo plotis) neatitinka šio dydžio sankryžos duomenų.

13 lentelė. Jiezno žiedinės sankryžos geometriniai parametrai (sudaryta autorės)

Geometrinis parametras	Dydis
1	2
Vidinės salos skersmuo	matmuo nenurodytas
Išorinis skersmuo	45,00 m
Žiedo plotis	8,25 m
Žiedinės važiuojamosios dalies plotis	5,25 m
Vidinio žiedo plotis	3,00 m
Įvažos plotis	4,50 m
Išvažos plotis	5,00 m

[13] Projekto pavadinime nurodytas neteisingas kelio pavadinimas, kelio Nr. 129 pavadinimas Antakalnis–Jieznas–Alytus–Merkinė

Remiantis VšĮ „Kelių ir transporto tyrimo institutas“ pateiktais eismo intensyvumo duomenimis iš matavimo įrenginių, sudaromas 19 paveiksle esantis grafikas, pagal kurį nustatoma 30 EI reikšmės. B krypties grafikas sudaromas pagal eismo intensyvumo matavimo įrenginio duomenis, esančio kelio A16 Vilnius–Prienai–Marijampolė 74,42 km, C krypties – kelio Nr. 129 Antakalnis–Jieznas–Alytus–Merkinė 43,52 km, D krypties – A16 Vilnius–Prienai–Marijampolė 84,88 km. Parenkami artimiausi matavimo įrenginiai, kaip matome, A kryptyje pasirinktais metais nebuvo vykdomi nuolatiniai tyrimai, šios krypties reikšmė nustatoma natūrinių tyrimų metu. Matavimo metai – 2016 metai. Iš 19 paveikslo kreivių galima identifikuoti, kad sankryžos jungiamuosiuose keliuose vyrauja panašūs eismo srautai. Taip pat būtina atkreipti dėmesį, kad A16 kelyje matavimai pradėti atlikti nuo sausio 18 d.



19 pav. Jiezno žiedinės sankryžos 30 EI nustatymo grafikas (sudaryta autorės)

Nustatytos 30 EI reikšmės: B įvaža – 279 aut./h (2016-10-28 18.00 val.); B išvaža – 309 aut./h (2016-09-01 18.00 val.); C įvaža – 290 aut./h (2016-03-28 16.00 val.); C išvaža – 257 aut./h (2016-08-13 14.00 val.); D įvaža – 321 aut./h (2016-07-10 19.00 val.); D išvaža – 315 aut./h (2016-10-01 10.00 val.). Pagal šiuos duomenis eismo srautų tendencingumo pastebėti negalima, nors galima teigti, kad 30 EI reikšmės vyrauja antroje dienos pusėje.

3.1.5. Prienų žiedinė sankryža

Prienų žiedinėje sankryžoje su krašto keliu Nr. 130 Kaunas–Prienai–Alytus susikerta Naujakurių ir Kauno gatvės. 20 paveiksle nurodyta sankryžos padėtis ir jungiamieji keliai sužymėti raidėmis: A kryptis – kelias Nr. 130 Kauno link, B kryptis – Kauno gatvė, C kryptis – kelias Nr. 130 Alytaus link ir D kryptis – Naujakurių gatvė.



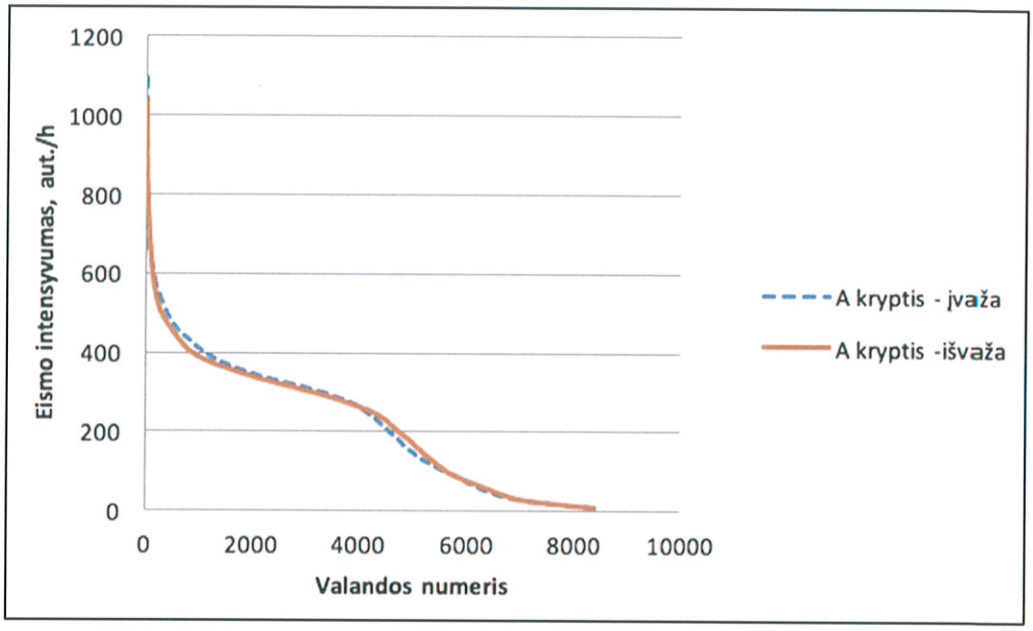
20 pav. Prienų žiedinė sankryža (sudaryta autorės)

Sankryža įrengta pagal projektą „Kelio Nr. 130 Kaunas–Prienai–Alytus 30,76 km sankryžos rekonstrukcija į žiedinę sankryžą“. Projektą rengė UAB „Plentprojektas“ projekto vadovė A. Sirtautienė ir inžinierius R. Juodka. 14 lentelėje pateikiami pagrindiniai sankryžos geometriniai parametrai. Vadovaujantis MN ŽSP 12, pagal išorinį skersmenį (40,0 m) sankryža yra mažoji žiedinė sankryža, priskiriama tipinio dydžio sankryžai neužstatytoje teritorijoje. Kiti žiedinės sankryžos parametrai (išvažos plotis, žiedo plotis) neatitinka šio dydžio sankryžos duomenų, tačiau reikia atkreipti dėmesį, kad sankryža projektuota anksčiau nei parengti metodiniai nurodymai.

14 lentelė. Prienų žiedinės sankryžos geometriniai parametrai (sudaryta autorės)

Geometrinis parametras	Dydis
1	2
Vidinės salos skersmuo	24,00 m
Išorinis skersmuo	40,00 m
Žiedo plotis	8,00 m
Žiedinės važiuojamosios dalies plotis	6,00 m
Vidinio žiedo plotis	2,00 m
Įvažos plotis	4,50 m (Naujakurių gatvėje 4,00 m)
Išvažos plotis	5,00 m (Naujakurių gatvėje 4,25 m)

Remiantis VšĮ „Kelių ir transporto tyrimo institutas“ pateiktais eismo intensyvumo duomenimis iš matavimo įrenginių, sudaromas 21 paveiksle esantis grafikas, pagal kurį nustatoma 30 EI reikšmės A kryptyje, kitose kryptyse (B, C, D) eismo intensyvumo matavimai nuolat nėra vykdomi (C kryptyje vykdyti, tačiau atskirais mėnesiais, tokie duomenys nėra tikslūs ir jų per mažai). A krypties grafikas sudaromas pagal eismo intensyvumo matavimo įrenginio duomenis, esančio kelio Nr. 130 Kaunas–Prienai–Alytus 26,31 km. Parinktas įrenginys yra arčiausiai sankryžos. Kitose kryptyse reikšmės nustatomos natūrinių tyrimų metu. Matavimo metai – 2016 metai.



21 pav. Prienų žiedinės sankryžos 30 EI nustatymo grafikas (sudaryta autorės)

Nustatytos 30 EI reikšmės: A įvaža – 752 aut./h (2016-08-27 12.00 val.); A išvaža – 801 aut./h (2016-07-24 19.00 val.).

3.1.6. Apibendrinimas

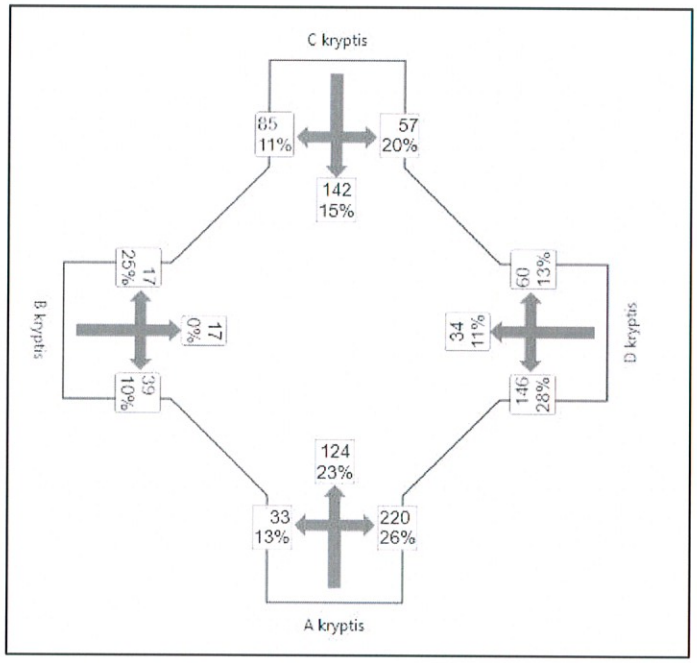
1. Iš pradinių duomenų, galima pastebėti, kad ne visuose valstybinės reikšmės keliuose yra vykdomi nuolatiniai eismo intensyvumo matavimai, todėl trūkstamiems duomenims nustatyti būtina atlikti natūrinius valandinio intensyvumo tyrimus.
2. Visų nagrinėjamų sankryžų tipas pagal išorinį skersmenį yra mažoji žiedinė sankryža, priskiriama tipinio dydžio sankryžai neužstatytoje teritorijoje, nors kiti parametrai nepriskiriami šio dydžio sankryžai.
3. Pagal 30 EI reikšmių pasiskirstymą laike kai kuriose sankryžose galima stebėti tam tikras eismo srautų tendencijas.

3.2. Natūriniai tyrimai

Natūriniai tyrimai atliekami siekiant nustatyti sunkiasvorių transporto priemonių dalį eisme, papildyti trūkstamus eismo intensyvumo duomenis atskiruose jungiamuosiuose žiedinės sankryžos keliuose bei nustatyti transporto priemonių kryptinį pasiskirstymą žiedinėje sankryžoje. Natūriniai tyrimai pagal HCM 2010 modelį atliekami 15 arba 30 min, o vėliau šie duomenys išreiškiami valandine išraiška. Kadangi kai kuriose žiedinėse sankryžose trūksta 30 EI reikšmės, ji nustatoma tyrimų metu. Natūrinių tyrimų rezultatai vaizduojami 22–26 paveiksluose. Nurodomas įvažos intensyvumas, kur matavimo vienetai automobiliai per valandą [aut./h], procentine išraiška nurodyta sunkiasvorių transporto priemonių dalis eisme.

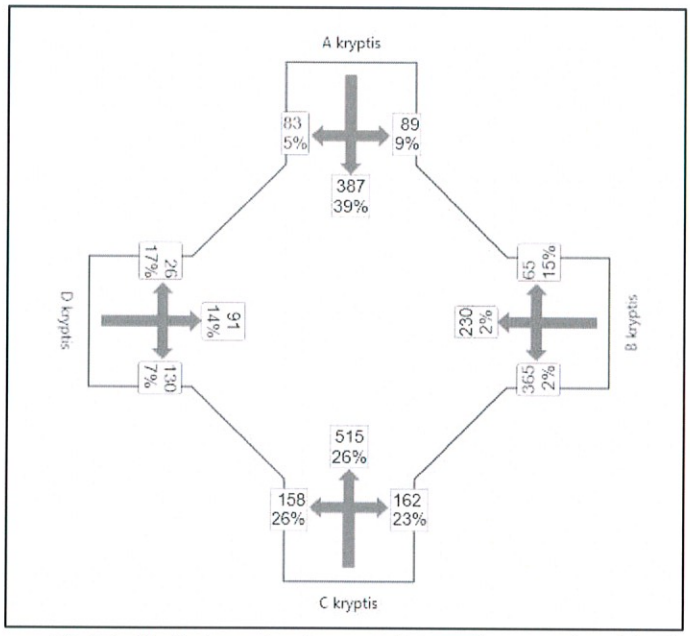
Merkinės žiedinėje sankryžoje natūriniai tyrimai atliekami 2017 m. rugpjūčio 24 d. 18.00 val., trukmė – 15 min. 22 paveiksle rodoma valandinis eismo intensyvumas sankryžos įvažose ir išvažose,

procentine išraiška nurodyta sunkiasvorių transporto priemonių dalis sraute. Iš šio paveikslo nustatoma labiausia apkrauta kryptis – A (tiek įvaža, tiek išvaža), taip pat joje didžiausia sunkiasvorių transporto priemonių dalis. Tyrimo metu, kaip anksčiau minėta, nustatytos B krypties eismo intensyvumo reikšmės, kurios naudojamos skaičiavimuose: B įvaža – 72 aut./h; B išvaža – 140 aut./h.



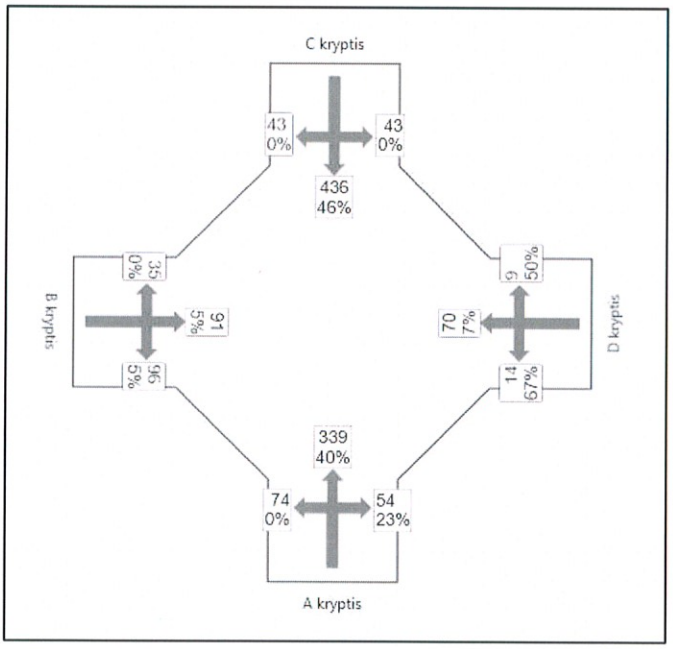
22 pav. Merkinės žiedinės sankryžos natūrinių tyrimų rezultatai (sudaryta autorės)

Molėtų žiedinėje sankryžoje natūriniai tyrimai atlikti 2017 m. rugpjūčio 15 d. 17.00 val., trukmė – 15 min. Tyrimo metu pastebėtos didelės eismo spūstys magistraliniame kelyje, nes po ilgojo savaitgalio B kryptyje susidarė didelis lengvųjų automobilių eismo intensyvumas. 23 paveiksle vaizduojami tyrimo rezultatai, pagal kuriuos galima nustatyti, kad C kryptis yra labiausiai apkrauta, į ją patenka daugiausiai lengvųjų automobilių iš B įvažos ir sunkiasvorių transporto priemonių iš A įvažos. Tyrimo metu taip pat nustatytos B ir D krypčių eismo intensyvumo reikšmės, kurios naudojamos skaičiavimuose: B įvaža – 608 aut./h; B išvaža – 324 aut./h; D įvaža – 228 aut./h; D išvaža – 456 aut./h.



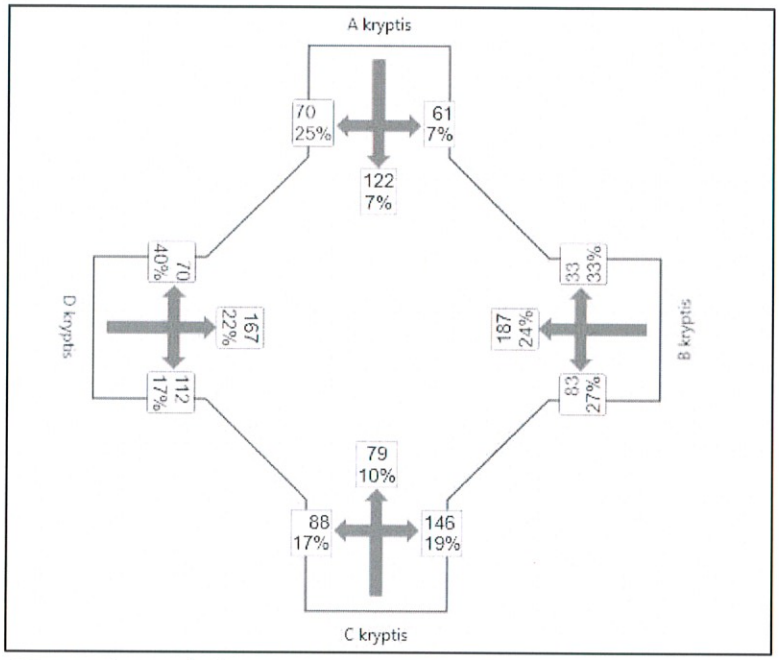
23 pav. Molėtų žiedinės sankryžos natūrinių tyrimų rezultatai (sudaryta autorės)

Pasvalio žiedinėje sankryžoje natūriniai tyrimai atlikti 2017 m. rugpjūčio 23 d. 12.50 val., trukmė – 30 min. 24 paveiksle pateikiami natūrinių tyrimų rezultatai. Pagal paveiksle esančius duomenis, nustatoma labiausiai apkrauta C išvaža ir A įvaža. Taip pat tyrimo metu nustatytos trūkstamos eismo intensyvumo reikšmės, kurios naudojamos skaičiavimuose: B įvaža – 204 aut./h; B išvaža – 160 aut./h.



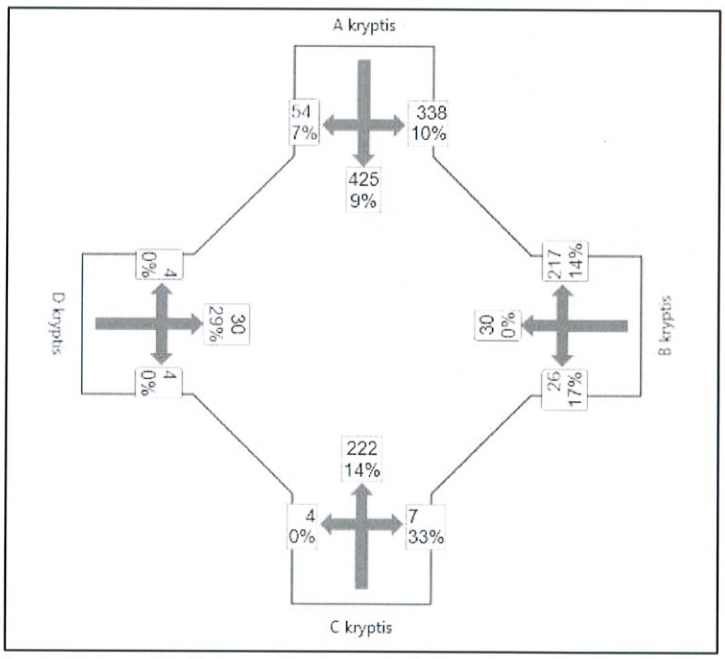
24 pav. Pasvalio žiedinės sankryžos natūrinių tyrimų rezultatai (sudaryta autorės)

Jiezno žiedinėje sankryžoje natūriniai tyrimai atlikti 2017 m. rugpjūčio 25 d. 14.00 val., trukmė – 15 min. 25 paveiksle pateikiami natūrinių tyrimų rezultatai. Pagal paveiksle esančius duomenis, nustatoma, kad visos įvažos ir išvažos apkrautos panašiai. Taip pat tyrimo metu nustatytos trūkstamos eismo intensyvumo reikšmės, kurios naudojamos skaičiavimuose: A įvaža – 232 aut./h; B išvaža – 164 aut./h.



25 pav. Jiezno žiedinės sankryžos natūrinių tyrimų rezultatai (sudaryta autorės)

Prienų žiedinėje sankryžoje natūriniai tyrimai atliekami 2017 rugpjūčio 25 d. 17.25 val., trukmė – 30 min. Atlikus tyrimus nustatomas kryptinis automobilių pasiskirstymas, kuris vaizduojamas 26 paveiksle. Nustatyta, kad labiausiai apkrauta C išvaža ir A įvaža. Taip pat tyrimo metu nustatytos trūkstamos eismo intensyvumo reikšmės, kurios naudojamos skaičiavimuose: B įvaža – 252 aut./h; B išvaža – 410 aut./h; C įvaža – 214 aut./h; C išvaža – 500 aut./h; D įvaža – 36 aut./h; D išvaža – 92 aut./h.



26 pav. Prienų žiedinės sankryžos natūrinių tyrimų rezultatai (sudaryta autorės)

Taigi atlikus natūrinius tyrimus ir nustačius eismo srautų kryptingumą sankryžoje bei trūkstamų įvažų ir išvažų valandinį eismo intensyvumą, galima atlikti pralaidumo skaičiavimus. Anksčiau minėta, skaičiavimai atliekami su programine įranga *Sidra Intersection*.

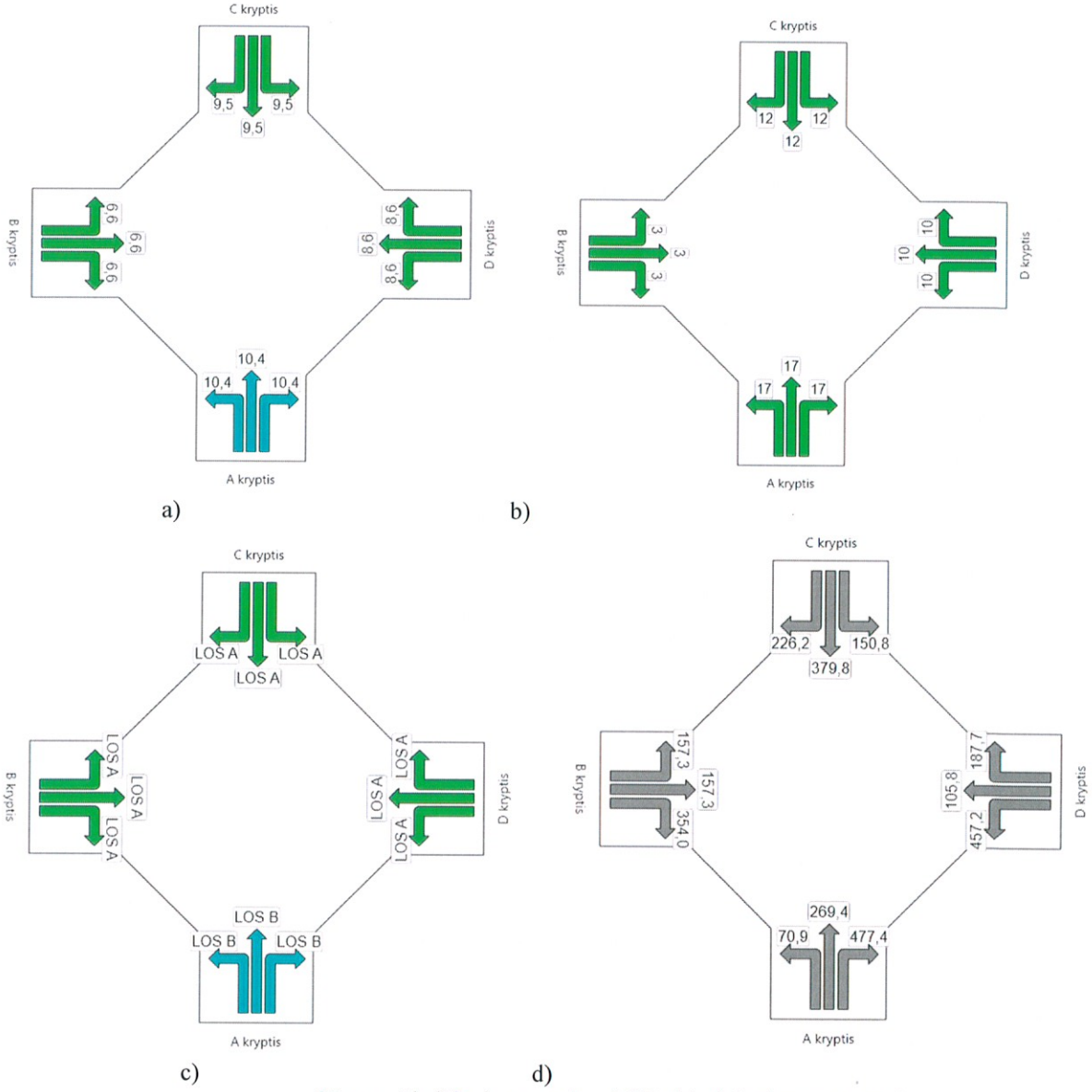
3.3. Pralaidumo skaičiavimai ir jų rezultatai

Turint pradinius duomenis su programine įranga *Sidra Intersection* atliekami pralaidumo ir eismo kokybės skaičiavimai kiekvienai analizuojamai žiedinei sankryžai. Pirmiausia pateikiami laiko gaišties rezultatai, jie pateikiami kartu su transporto priemonių eilės ilgio rezultatais. Vėliau pateikiami pralaidumo ir eismo kokybės rodiklio rezultatai. Visi išvardinti rezultatai pateikiami schematiškai, schemos sudaromos su programine įranga *Sidra Intersection*. Papildomi skaičiavimai, kurie reikalingi rezultatų analizei, nurodomi tekstiniu formatu (ne schematiškai).

3.3.1. Merkinės žiedinė sankryža

Merkinės žiedinės sankryžos pralaidumo skaičiavimų rezultatai pateikiami 27 paveiksle, kur: a) vidutinė laiko gaištis; b) transporto priemonių eilės ilgis; c) eismo kokybės rodiklis; d) pralaidumas.

Iš paveikslo (27 pav.) a) dalies matome vidutinę laiko gaištį (reguliavimo gaištis). A kryptyje gaunama 10,4 s/aut. rezultatas, B, C, D kryptyse gaunami rezultatai yra mažesni nei 10 s/aut. riba. Remiantis 27 paveikslo informacija ir 11 lentelės duomenimis, nustatoma, kad B, C, D įvažose eismo kokybės rodiklis yra A (27 pav. c)), A įvažoje LOS – B. Didžiausia transporto priemonių eilė susidaro taip pat A kryptyje – 17 metrų. Nepaisant to, kad eismo kokybės rodiklis A kryptyje gaunamas – B, tačiau nustatyta, kad šioje įvažoje didžiausias pralaidumas: į dešinę – 477,4 aut./h (27 pav. d)). Panašus pralaidumas yra nebent D kryptyje posūkyje į kairę (457,2 aut./h).



27 pav. Skaičiavimų rezultatai (Merkinė) (sudaryta autorės)
a) vidutinė laiko gaištis; b) transporto priemonių eilės ilgis; c) eismo kokybės rodiklis; d) pralaidumas

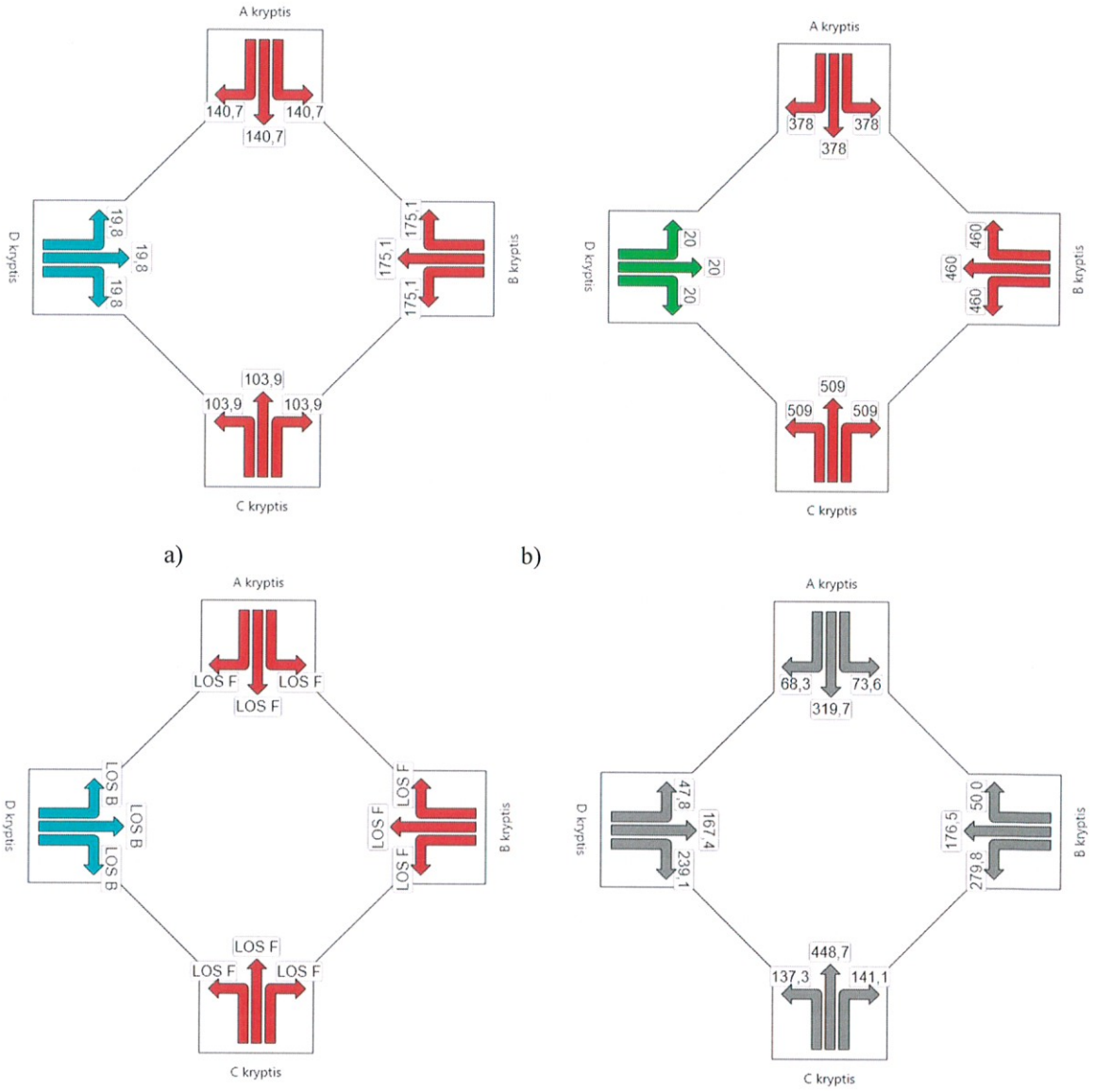
Taigi, atlikus pralaidumo skaičiavimus ištirta, kad Merkinės žiedinės sankryžos eismo kokybės rodiklis yra B. Didžiausias pralaidumas susidaro A kryptyje posūkyje į dešinę ir D kryptyje posūkyje į kairę, ši kryptis sutampa su magistralinio kelio trajektorija.

3.3.2. Molėtų žiedinė sankryža

Molėtų žiedinės sankryžos pralaidumo skaičiavimų rezultatai pateikiami 28 paveiksle, kur: a) vidutinė laiko gaištis; b) transporto priemonių eilės ilgis; c) eismo kokybės rodiklis; d) pralaidumas.

Iš paveikslo (28 pav.) a) dalies matome vidutinę laiko gaištį (reguliavimo gaištis). Pagal raudoną spalvą galima nustatyti, kad A, B ir C kryptyse reguliavimo gaištis yra maksimali ir viršija bet kokias ribas pateiktas 11 lentelėje. Pagal 28 pav. c) dalį nustatyta, kad šiose kryptyse eismo kokybės rodiklis yra F. D kryptyje reguliavimo gaištis kelis kartus mažesnė nei kitose kryptyse, todėl šioje kryptyje nustatytas LOS yra B. Analizuojamo paveikslo b) dalyje pateikiami rezultatai apie transporto priemonių eilės ilgį, C kryptyje susidaro 509,0 metrų ilgio eilė, kitose kryptyse eilė yra mažesnė (A

kryptyje – 378,0 m, B kryptyje – 460,0 m). Didžiausias pralaidumas nustatytas C kryptyje važiuojant tiesiai ir D kryptyje važiuojant tiesiai.



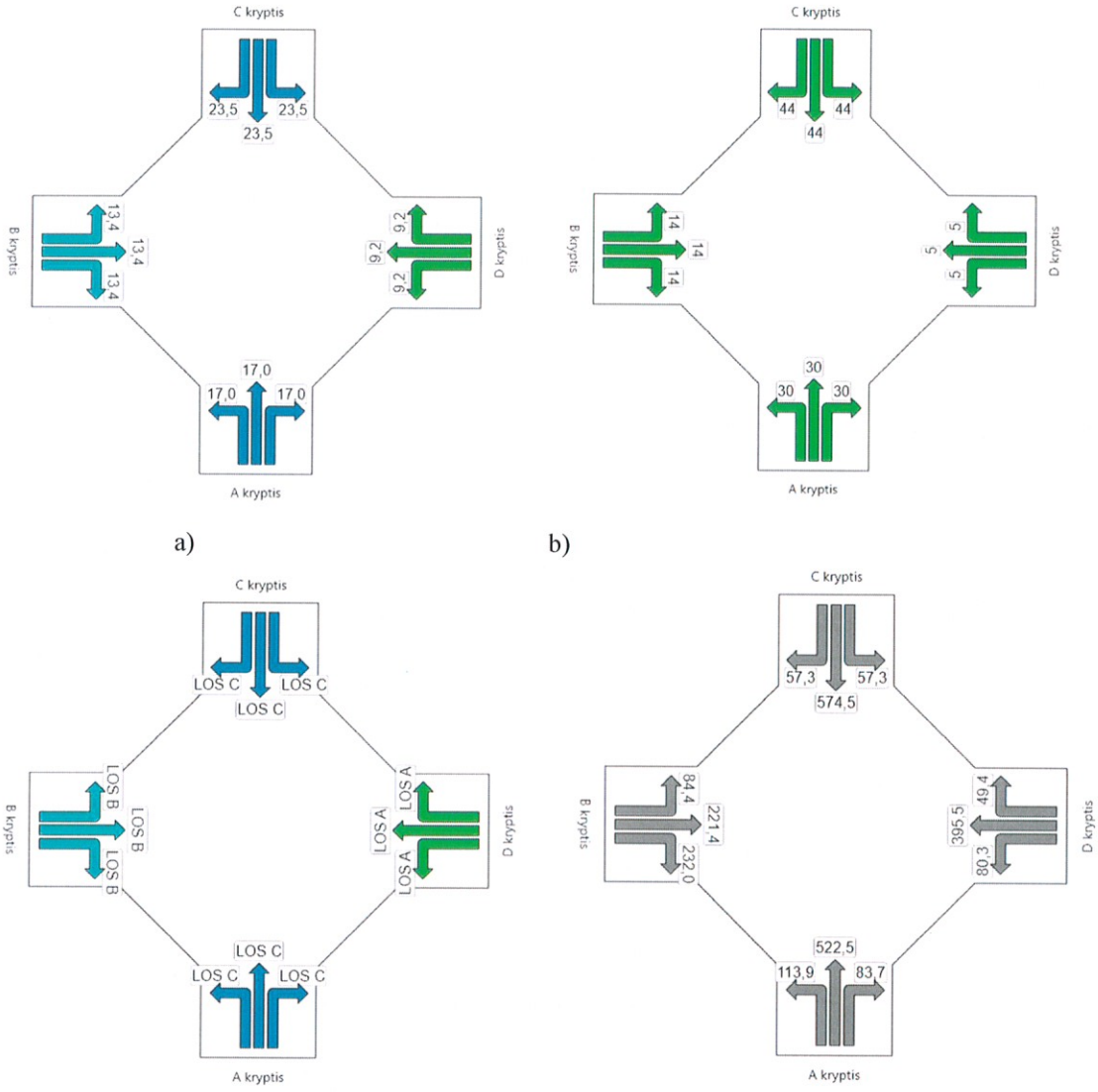
28 pav. Skaičiavimų rezultatai (Molėtai) (sudaryta autorės)
a) vidutinė laiko gaištis; b) transporto priemonių eilės ilgis; c) eismo kokybės rodiklis; d) pralaidumas

Atlikus pralaidumo skaičiavimus ištirta, kad Molėtų žiedinės sankryžos LOS yra F. Didžiausias pralaidumas susidaro magistralinio kelio ašyje (C kryptis tiesiai ir A kryptis tiesiai).

3.3.3. Pasvalio žiedinė sankryža

Pasvalio žiedinės sankryžos pralaidumo skaičiavimų rezultatai pateikiami 29 paveiksle, kur: a) vidutinė laiko gaištis; b) transporto priemonių eilės ilgis; c) eismo kokybės rodiklis; d) pralaidumas.

Iš paveikslo (29 pav.) a) dalies matome vidutinę laiko gaištį (reguliavimo gaištis). Tamsiai mėlyna spalva žymi C ir A krypčių rezultatus, pagal 11 lentelę reguliavimo gaištis atitinka C eismo kokybės lygį. Šiose kryptyse susidaro ilgiausios transporto priemonių eilės: A kryptyje – 30,0 m, C kryptyje 44,0 m. B kryptyje nustatytas B eismo kokybės lygis, D kryptyje LOS yra A (29 pav. c)). Didžiausias pralaidumas nustatytas C kryptyje važiuojant tiesiai ir D kryptyje važiuojant tiesiai.



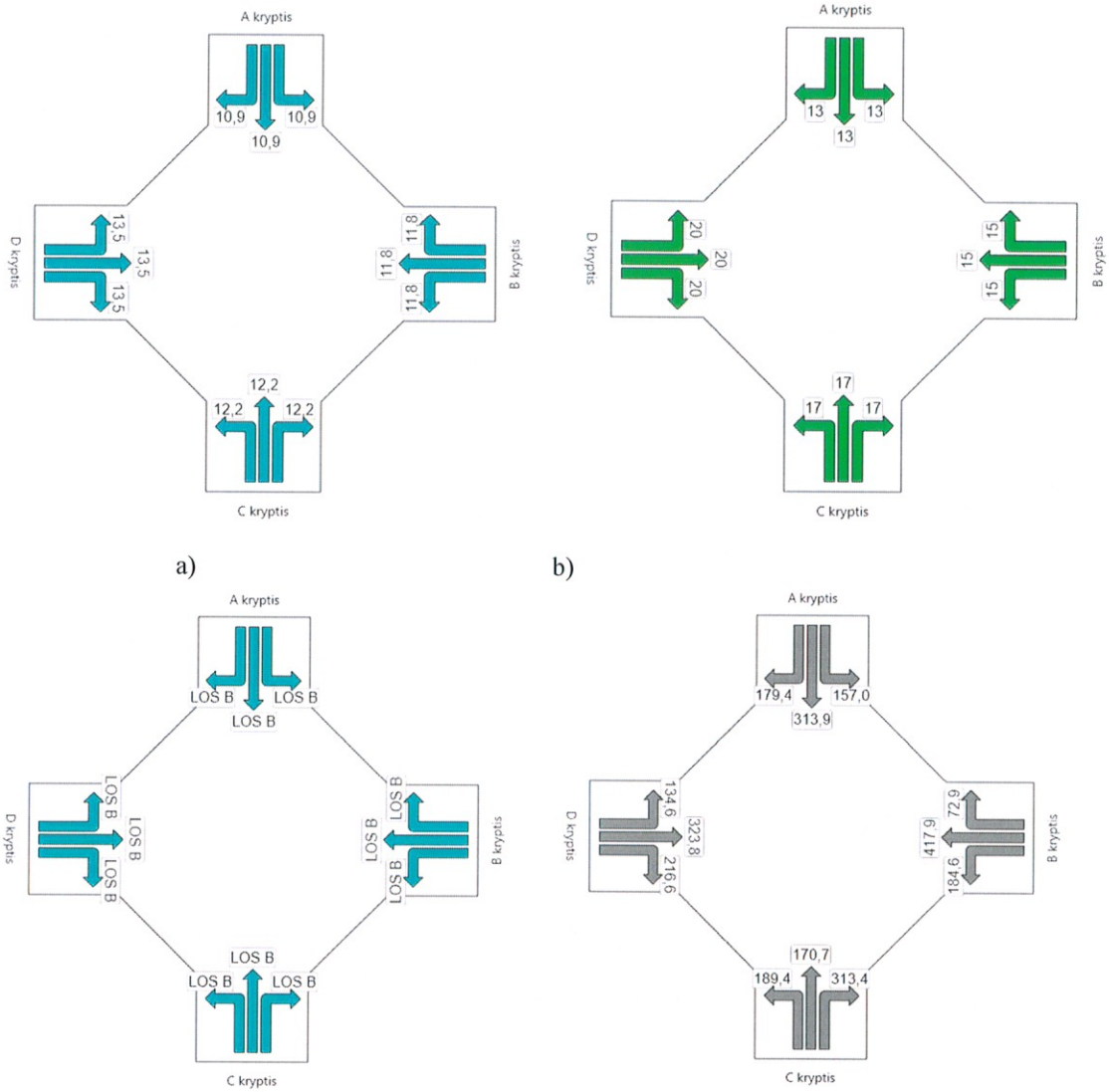
29 pav. Skaičiavimų rezultatai (Pasvalys) (sudaryta autorės)
a) vidutinė laiko gaištis; b) transporto priemonių eilės ilgis; c) eismo kokybės rodiklis; d) pralaidumas

Atlikus pralaidumo skaičiavimus ištirta, kad Pasvalio žiedinės sankryžos LOS yra C. Didžiausias pralaidumas susidaro magistralinio kelio ašyje (C kryptis tiesiai ir A kryptis tiesiai).

3.3.4. Jiezno žiedinė sankryža

Jiezno žiedinės sankryžos rezultatai pateikiami 30 paveiksle, kur: a) vidutinė laiko gaištis; b) transporto priemonių eilės ilgis; c) eismo kokybės rodiklis; d) pralaidumas.

Tyrimų metu nustatyta, kad visose kryptyse reguliavimo gaištis atitinka B eismo kokybės lygį (30 pav. a) ir c), 11 lentelė). Žiedinėje sankryžoje nesusidaro didelių transporto priemonių eilių, didžiausios ilgis yra 20,0 m (30 pav. b)). Didžiausias pralaidumas vyrauja B kryptyje važiuojant tiesiai (417,9 aut./h) ir D kryptyje važiuojant tiesiai (323,8 aut./h).



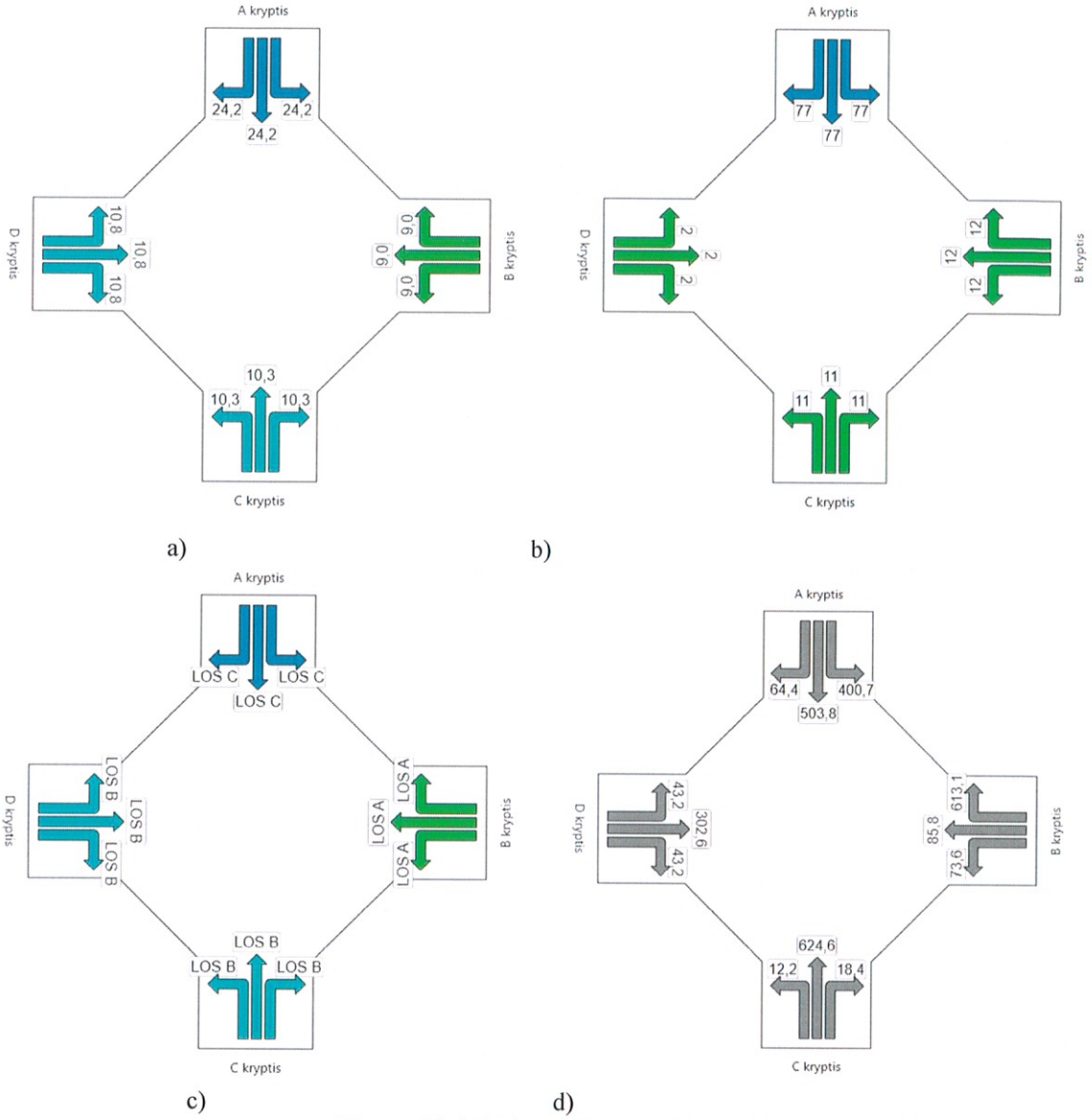
30 pav. Skaičiavimų rezultatai (Jieznas) (sudaryta autorės)
a) vidutinė laiko gaištis; b) transporto priemonių eilės ilgis; c) eismo kokybės rodiklis; d) pralaidumas

Atlikus pralaidumo skaičiavimus ištirta, kad Jiezno žiedinės sankryžos eismo kokybės rodiklis yra B. Didžiausias pralaidumas susidaro magistralinio kelio ašyje (B kryptis tiesiai ir C kryptis tiesiai).

3.3.5. Prienų žiedinė sankryža

Prienų žiedinės sankryžos rezultatai pateikiami 31 paveiksle, kur: a) vidutinė laiko gaištis; b) transporto priemonių eilės ilgis; c) eismo kokybės rodiklis; d) pralaidumas.

Nustatyta, kad didžiausia laiko gaištis susidaro A kryptyje (24,2 s, žr. 31 pav. a), mažiausia – B kryptyje (9,0 s). Dėl šios priežasties A kryptyje nustatytas LOS yra C, B kryptyje – A, C ir D kryptyse – B (31 pav. c)). Pralaidumas pasiskirsto tolygiai A, B ir C kryptyje, D kryptis yra mažiausiai apkrauta sankryžos įvaža. A kryptyje formuojasi transporto priemonių eilė, kurios ilgis 77,0 m, B ir C kryptyje transporto priemonių eilės ilgis panašus, vos virš 10,0 m. D kryptyje formuojasi 2,0 m ilgio eilė, todėl galima teigti, kad eilė nesusidaro (31 pav. b)).



31 pav. Skaičiavimų rezultatai (Prienai) (sudaryta autorės)
a) vidutinė laiko gaištis; b) transporto priemonių eilės ilgis; c) eismo kokybės rodiklis; d) pralaidumas

Atlikus pralaidumo skaičiavimus ištirta, kad Prienų žiedinės sankryžos eismo kokybės rodiklis yra C. Pralaidumas sankryžoje pasiskirsto vienodai tarp A, B ir C krypčių.

3.4. Kitų skaičiavimų rezultatai

Atliekant pralaidumo ir eismo kokybės rodiklio nustatymo skaičiavimus, programinė įranga *Sidra Intersection* leidžia nustatyti ekonominius rodiklius: išlaidas [EUR/h] ir kuro sunaudoto per analizuojamą valandą kiekį litrais [l]. Išlaidos ir kuro sąnaudos skaičiuojamas įvertinant transporto priemonių važiavimo greitį, laiko gaištį, susidariusių transporto priemonių grūsčių įtaką ir kitus įtaką darančius parametrus.

Kiekvienos tiriamos sankryžos išlaidos ir kuro sąnaudos nurodytos 15 lentelėje. Lentelėje taip pat išskiriamos kryptys, kuriose susidaro išlaidų ir kuro sąnaudų ekstremumas, nurodoma jų reikšmės. Nustatyta, kad didžiausios išlaidos ir kuro sąnaudos susidaro Molėtų žiedinėje sankryžoje (gautas LOS yra F): išlaidos yra 1461,0 EUR/h, kuro sąnaudos – 242,4 l/h. Taip pat pagal lentelės duomenis

galima pastebėti tendencija, kad kryptis, kurioje didžiausios išlaidos ir kuro sąnaudos – sutampa, išskyrus anksčiau paminėtą sankryžą.

15 lentelė. Išlaidų ir kuro sąnaudų suvestinė (sudaryta autorės)

Žiedinės sankryžos pavadinimas	Išlaidos, EUR/h	Kryptis, kurioje išlaidos didžiausios (suma, EUR/h)	Kuro sąnaudos, l/h	Kryptis, kurioje kuro sąnaudos didžiausios (kiekis, l/h)
1	2	3	4	
Merkinės žiedinė sankryža	125,9	A (47,9)	25,4	A (9,6)
Molėtų žiedinė sankryža	1461,0	B (520,6)	242,4	C (93,9)
Pasvalio žiedinė sankryža	221,5	C (102,4)	44,8	C (21,2)
Jiezno žiedinė sankryža	173,8	D (52,2)	35,2	D (10,9)
Prienų žiedinė sankryža	496,6	A (313,6)	140,1	A (83,5)

Galima pastebėti, kad transporto priemonių išlaidos bei kuro sąnaudos priklauso nuo eismo kokybės rodiklio bei pralaidumo.

3.5. Išvados

1. Iš pradinių duomenų, galima pastebėti, kad ne visuose valstybinės reikšmės keliuose yra vykdomi nuolatiniai eismo intensyvumo matavimai, todėl trūkstamiems duomenims nustatyti būtina atlikti natūrinius eismo intensyvumo tyrimus.
2. Visų nagrinėjamų sankryžų tipas pagal išorinį skersmenį yra mažoji žiedinė sankryža, priskiriama tipinio dydžio sankryžai neužstatytoje teritorijoje, nors kiti parametrai nepriskiriami šio dydžio sankryžai.
3. Pagal 30 EI reikšmių pasiskirstymą laike kai kuriose sankryžose galima stebėti eismo srautų tendencijas.
4. Atliekant žiedinės sankryžos pralaidumo tyrimą reikalingi šie pradiniai duomenys: 30 EI, sankryžos geometriniai parametrai, eismo pasiskirstymas kryptimis.
5. Natūrinių tyrimų metu nustatomas eismo srautų kryptingumas sankryžoje bei įvažų ir išvažų, kurių duomenų trūksta, valandinis eismo intensyvumas.
6. Nustatyta, kad Merkinės žiedinės sankryžos eismo kokybės rodiklis yra B, Molėtų žiedinės sankryžos eismo kokybės rodiklis yra F, Pasvalio žiedinės sankryžos eismo kokybės rodiklis yra C, Jiezno žiedinės sankryžos eismo kokybės rodiklis yra B, Prienų žiedinės sankryžos eismo kokybės rodiklis yra C.
7. Pralaidumo tyrimo metu identifikuota tendencija, kad nepaisant eismo kokybės rodiklio, didžiausias pralaidumas vyrauja pagrindiniame kelyje (magistraliniame).
8. Tikėtina, kad transporto priemonių išlaidos ir kuro sąnaudos priklauso nuo eismo kokybės rodiklio bei pralaidumo.

4. REZULTATŲ ANALIZĖ

4.1. Žiedinių sankryžų eismo kokybės atitiktis kelių eismo kokybei bei kelių saugumo užtikrinimas

Baigiamajame magistro darbe atlikto tyrimo metu tirtos žiedinės sankryžos, esančios šiuose keliuose: A4 Vilnius–Varėna–Gardinas, Nr. 133 Merkinė–Leipalingis, Nr. 129 Antakalnis–Jieznas–Alytus–Merkinė, A14 Vilnius–Utena, Nr. 114 Molėtai–Kaltanėnai–Ignalina; A10 Panevėžys–Pasvalys–Ryga ir rajoninis kelias Nr. 3101 Pasvalys–Vabalninkas, A16 Vilnius–Prienai–Marijampolė sankirtoje, Nr. 130 Kaunas–Prienai–Alytus. Šių kelių funkcinė paskirtis nustatyta moksliniame darbe „Valstybinės reikšmės kelių suskirstymo pagal paskirtį ir plėtros schemos iki 2040 m. projektas“. 16 lentelėje nurodyta kelių funkcinė paskirtis pagal šią studiją, paskirties trumpiniai yra šie: E – europinė, N – nacionalinė, RG – regioninė, R – rajoninė. Rekomenduojamas LOS pagal kelių paskirtį nurodomas pagal studijos 3 lentelės ir 7 lentelės duomenis, t. y. pagal kelio kategoriją nustatoma, ar jis priskiriamas magistraliniams, krašto ar rajoniniams keliams, tuomet nustatomas rekomenduojamas LOS.

16 lentelė. Kelių funkcinė paskirtis ir LOS (sudaryta autorės)

Kelio Nr.	Kelio pavadinimas	Kelio ilgis, km	Paskirtis	Kategorija	Rekomenduojamas LOS pagal paskirtį	Gautas LOS
1	2	3	4	5	6	7
Merkinės žiedinė sankryža						
A4	Vilnius–Varėna–Gardinas	121,72	N	AM II, K II	B	B
129	Antakalnis–Jieznas–Alytus–Merkinė	80,87	RG	K III	C	B
133	Merkinė–Leipalingis	25,85	R	K IV	C	B
Molėtų žiedinė sankryža						
A14	Vilnius–Utena	84,94	N	AM II, K II	B	F
114	Molėtai–Kaltanėnai–Ignalina	55,63	RG	K III, K IV	C	F
Pasvalio žiedinė sankryža						
A10	Panevėžys–Pasvalys–Ryga	61,52	E	AM I, K I	B	C
3101	Pasvalys–Vabalninkas	26,67	R	K IV	C	C
Jiezno žiedinė sankryža						
A16	Vilnius–Prienai–Marijampolė	119,93	N	K III	C	B
129	Antakalnis–Jieznas–Alytus–Merkinė	80,87	RG	K III	C	B
Prienų žiedinė sankryža						
130	Kaunas–Prienai–Alytus	54,27	N	AM II, K II	B	C

Iš 16 lentelės duomenų matoma, kad magistralinis kelias A4 Vilnius–Varėna–Gardinas priskiriamas nacionalinės paskirties keliams. Nustatyta kelio kategorija AM II, K II, kad pagal naują kelių suskirstymą būtų priskiriama tai pačiai magistralinių kelių grupei. Pagal kelio kategoriją projektavimo klasė PKA 2 arba PKK 2. Lietuvos kelių tinklo skirstymo pagal funkcinę paskirtį studijoje nurodyta, kad esant PKK 2 projektavimo klasei pirminis sankryžos sprendinys turėtų būti

„tik įsukimas, išsukimas šviesoforo pagalba (negalima kirsti)“. Šiuo atveju suprojektuotas atpažįstamų kelių teorijai prieštaraujantis sprendinys – žiedinė sankryža. Nepaisant to, gautas žiedinės sankryžos LOS sutampa su rekomenduojamu magistraliniams keliams. Krašto keliams gautas LOS yra geresnis nei rekomenduojamas (gautas B, o rekomenduojamas C). Kadangi magistralinis kelias sankryžos vietoje keičia kryptį (atsiranda posūkiai į kairę arba į dešinę), todėl žiedinė sankryža, nors ir ne pagal atpažįstamų kelių teoriją, yra tinkamas sprendinys, nes taip užtikrinamas kelio saugumas.

Magistralinis kelias A14 Vilnius–Utena yra nacionalinės paskirties kelias, kelio kategorija AM II, K II (žr. 16 lentelę). Naudojantis kelių tinklo skirstymo pagal funkcinę paskirtį studija kelias būtų priskiriamas tai pačiai magistralinių kelių grupei, kurioje vyksta tranzitinis eismas. Pagal kelio kategoriją projektavimo klasė PKA 2 arba PKK 2. Kaip anksčiau minėta, PKK 2 projektavimo klasei rekomenduojamas sankryžos tipas „tik įsukimas, išsukimas šviesoforo pagalba (negalima kirsti)“. Nustatyta, kad sankryžos LOS yra F, t. y. sankryža visiškai nepralaidi. Tokia situacija susidaryti galėjo dėl kelių priežasčių: a) projektavimo metu nebuvo įvertintas eismo srautų pasiskirstymas sankryžos zonoje; b) neatkreiptas dėmesys į 30 EI duomenis. Taip pat būtina atkreipti dėmesį, kad dėl prasto sankryžos pralaidumo susidaro transporto priemonių spūstys, didėja išlaidos ir kuro sąnaudos. Natūrinių tyrimų metu nustatyta, kad magistraliniame kelyje nemažą dalį sudaro sunkiasvorės transporto priemonės, kaip minėta anksčiau, pralaidumui didelę įtaką daro šios rūšies priemonių dalis: joms sunkiau manevruoti, sudėtingesnis stabdymas ir greitėjimas, dėl šių priežasčių susidaro dangos ir kitų elementų pažaidos. Taip pat tolimųjų reisų vairuotojai aplinką vertina pagal kelio aplinką, dėl žiedinės sankryžos atsiradimo tiesiame kelio ruože, atsiranda netikėtumo faktorius. Taigi, vertinant tyrimų rezultatus, atpažįstamų kelių teorijos principus, žiedinė sankryža nagrinėjamoje vietovėje nėra tinkamas sprendinys.

Europiniai – keliai sutampantys su patvirtintais Europiniais transporto koridoriais (Puodžiukas 2015). 16 lentelėje nurodoma, kad keliui A10 Panevėžys–Pasvalys–Ryga yra priskirta europinio kelio paskirtis. Nustatyta, kad kelio kategorija AM I arba K I, tai reiškia, kad kelias projektuojamas pagal PKA 2 arba PKK 1 projektavimo klases. Šios projektavimo klasės griežtai apibrėžia, kad pirminis galimas sankryžos variantas – dviejų lygių sankryža, t. y. įvažiavimai ir išvažiavimai tik rampos. Būtina atkreipti dėmesį, kad su magistraliniu keliu jungiasi kelias Nr. 3101 Pasvalys–Vabalninkas, kuris šiuo metu priskiriamas rajoninių kelių grupei, tačiau pagal funkcinę paskirtį yra rajoninės paskirties kelias, kurio kategorija K IV (t. y. krašto kelias). Vertinant žiedinės sankryžos pralaidumo parametrus ir juos lyginant su rekomenduojamais magistraliniams keliams, nustatyta, kad gautas LOS yra mažesnis nei rekomenduojamas (gautas C, rekomenduojamas B). Tokia situacija susidaro dėl to, kad naudojami 30 EI duomenys, o sankryžoje tam tikru dienos metu susidaro didesnis eismo intensyvumas žemesnės kategorijos kelyje. Taip pat įtakos turi ir didelė tranzitinio eismo dalis

magistralėje (kaip ir minėta anksčiau, analizuojant Molėtų žiedinę sankryžą). Kelių saugumo požiūriu, žiedinė sankryža šioje vietoje yra netinkamas sprendinys, pagal atpažįstamų kelių koncepcijos principus magistraliniu keliu važiuojantys eismo dalyviai iš kelio aplinkos mato, kad važiuoja europinės paskirties keliu, kur pirminiai ir saugiausi sprendimai turėtų būti skirtingų lygių sankryžos, t. y. magistralinis kelias viename lygyje negali kirstis su kitais keliais.

Magistralinis kelias A16 Vilnius–Prienai–Marijampolė priskiriamas nacionalinės paskirties keliams. Nustatyta, kad kelio kategorija K III, kuri laikoma krašto keliu. Tokios kategorijos keliui taikoma PKK 3 projektavimo klasė. Esant šiai projektavimo klasei, leidžiama įrengti žiedines sankryžas arba šviesoforu reguliuojamus sprendinius. Nagrinėjamoje žiedinė sankryžoje susikerta du vienodos kategorijos keliai, skiriasi tik jų paskirtis, keliams rekomenduojama išlaikyti eismo kokybės rodiklį C. Žiedinės sankryžos pralaidumo tyrimo metu nustatyta, kad Jiezno žiedinė sankryža tenkina B kokybės lygį, t. y. geresnį nei rekomenduojama. Taigi, kadangi sankryžoje susikerta du K III kategorijos keliai (krašto), vietovėje pagal projektavimo klasę leidžiama įrengti žiedinę sankryžą, o šios eismo kokybės rodikliai yra geresni nei rekomenduojama, tai Jiezno žiedinės sprendinys yra tinkamas.

Krašto kelias Nr. 130 Kaunas–Prienai–Alytus pagal 16 lentelės duomenis priskirtas nacionalinės paskirties keliams, kelio kategorija – AM II, K II. Kaip anksčiau išdėstyta, projektavimo klasė PKA 2 arba PKK 2, o rekomenduojamas sankryžos tipas „tik įsukimas, išsukimas šviesoforo pagalba (negalima kirsti)“. Vadinasi, šiame kelyje žiedinė sankryža neturėtų būti pirminis sprendimas. Būtina atkreipti dėmesį į tai, kad kelias nebelaikomas krašto keliu, pagal kategoriją ir paskirtį jis yra magistralinis kelias. Sankryžoje į kelią įsijungia dvi miesto gatvės, skirtos vietiniam eismui. Vadovaujantis atpažįstamų kelių teorija, kelių skirstymas pagal funkcinę paskirtį remiasi tuo, kad kiekvienas kelias turi savo funkciją, o keliai tarpusavyje jungiasi tik palaipsniui mažinant funkciją. Kelias Nr. 130 Kaunas–Prienai–Alytus yra magistralinis kelias, kurio paskirtis tolimasis susisiekimas šalies viduje, tačiau į kelią žiedinėje sankryžoje įsijungia Naujakurių gatvė, kuri skirta vietiniam susisiekimui. Tarp šių dviejų funkcinių paskirčių dar turėtų atsirasti jungiamasis kelias, t. y. eismas turėtų vykti tokia mažėjimo tvarka: magistralinis kelias, jungiamasis kelias, vietinės reikšmės kelias. Dėl šios priežasties gaunama, kad žiedinės sankryžos LOS yra C, kai keliui rekomenduojamas B. Taigi, Prienų žiedinė sankryža yra netinkamas sprendinys kelyje, nes netenkina kelio funkcinei paskirčiai priskirtų elementų.

Atpažįstamų kelių koncepcijos įgyvendinimas – svarbi politinė gairė Lietuvos valstybei, norint tapti pažangia, kelių saugumu besirūpinančia valstybe. Šios koncepcijos tikslas – aiški, homogeniška kelio aplinka, kurioje vairuotojui, eismo dalyviui nėra netikėtumo faktoriaus. Ji įgyvendinama kelių tinklą skirstant į kategorijas ir projektavimo klases pagal kelio paskirtį, o ne pagal VMPEI. Netikėtumo faktoriais gali tapti staigus kelio krypties pasikeitimas, žiedinė sankryža. Būtina Lietuvos

kelių tinklui taikyti V. Puodžiuko ir A. Bragos „Valstybinės reikšmės kelių suskirstymo pagal paskirtį ir plėtros schemos iki 2040 . projektas“ gaires, skirstant juos pagal paskirtį. Žiedinių sankryžų analizė magistraliniuose ir krašto keliuose padėjo nustatyti, kad ne visos žiedinės sankryžos palaiko tinkamą eismo režimą, pralaidumą ar eismo kokybės rodiklį. Vadovaujantis kelių tinklo skirstymo pagal jų funkcinę paskirtį gairėmis ir tyrimo rezultatais, nustatyta, kad trejose tiriamose sankryžose pirminis sankryžos tipas parinktas netinkamai, neatsižvelgta į transporto priemonių sudėtį, sunkiasvorių transporto priemonių dalį eisme, kelių funkcinę paskirtį ir kitus svarbius faktorius. Dvi sankryžos suprojektuotos tinkamai – žiedinė sankryža atitinka eismo kokybės rodiklį pagal kelio funkcinę paskirtį, užtikrinamas kelio saugumas vietose, kur keičiasi pagrindinio kelio kryptis ar susikerta vienodas projektavimo klases turintys keliai.

4.2. 30-osios intensyviausios metų valandos eismo intensyvumo vertinimo poreikis

Tyrimo metu pralaidumo skaičiavimai atliekami naudojant 30-osios intensyviausios metų valandos eismo intensyvumo duomenis. Norint išsiaiškinti 30 EI vertinimo poreikį būtina palyginti bendrą sankryžos eismo intensyvumą pagal VMPEI ir pagal 30 EI, taip pat palyginti kelio ruožų VMPEI ir bendrą sankryžos eismo intensyvumą.

Bendras sankryžos eismo intensyvumas, vertinant VMPEI, yra nustatytas pagal MN ŽSP 12 reikalavimus ir pateiktas 2 lentelėje. Analizuojant geometrinius tiriamų sankryžų parametrus, nustatyta, kad visos sankryžos yra mažosios, 2 lentelėje nurodyta, kad mažosios žiedinės sankryžos galimas bendras sankryžos eismo intensyvumas yra iki 15000 aut./parą. Laikantis prielaidos, kad VMPEI įvertina visų metų paros eismo intensyvumą tolygiai, tai pateiktas intensyvumas dalinamas iš paros valandų skaičius ir gaunamas preliminari valandinė išraiška (apie 625 aut./h). Preliminari valandinė išraiška nustatoma laikantis prielaidos, kad kiekvieną paros valandą eismo intensyvumas pasiskirsto tolygiai.

Bendras sankryžos eismo intensyvumas, įvertinant 30 EI duomenis, apskaičiuojamas pagal transporto priemonių kiekį žiedinėje važiuojamojoje dalyje, kuris gaunamas sudėjus visas per valandą į sankryžą įvažiavusias transporto priemones. Gaunama, kad bendras sankryžos eismo intensyvumas Merkinės žiedinėje sankryžoje yra 1064 aut./h, Molėtų žiedinėje sankryžoje – 2301 aut./h, Pasvalio žiedinėje sankryžoje – 1304 aut./h, Jiezno žiedinėje sankryžoje – 1218 aut./h ir Prienų žiedinėje sankryžoje – 1361 aut./h (žr. 17 lentelę). Galima pastebėti, kad visose sankryžose bendras sankryžos eismo intensyvumas pagal 30 EI yra didesnis nei preliminari valandinė išraiška, vertinant pagal VMPEI.

17 lentelė sudaryta VMPEI ir bendro sankryžos eismo intensyvumo pagal 30 EI duomenis palyginimui. VMPEI duomenys yra nustatomi kelio ruožui, duomenis renka kelio savininkas, jie pateikti informacinėje sistemoje *LAKIS*. Matavimo vienetai aut./parą. Galima matyti, kad VMPEI matuojamas ruožais: žiedinė sankryža ruožo viduryje arba ruožo pradžia yra žiedinėje sankryžoje, o

kito ruožo pabaiga toje pačioje sankryžoje, t. y. žiedinėje sankryžoje keičiasi VMPEI. Pagal tokius duomenis atlikti pralaidumo skaičiavimus gana sudėtinga. Bendras sankryžos eismo intensyvumas nurodytas pagal tyrimo metu nustatytus 30 EI duomenis įvažose, matavimo vienetai aut./h. Kadangi matavimo vienetai skirtingi, sunku palyginti duomenis Kadangi VMPEI duomenys išsidėsto per parą, nustatyti bendro sankryžos eismo intensyvumo valandine išraiška pagal šiuos duomenis nėra galimybės. MN ŽSP 12 taip pat rekomenduojama naudoti 30 EI reikšmes, atliekant pralaidumo tyrimą.

17 lentelė. VMPEI ir bendras sankryžos eismo intensyvumas pagal 30 EI duomenis (sudaryta autorės)

Kelio Nr.	Pradžia, km	Pabaiga, km	Posto vieta, km	Metai	VMPEI, aut./parą	VMPEI sunkiasvoriai, aut./parą	VMPEI, lengvieji automobiliai, aut./parą	Bendras sankryžos eismo intensyvumas, aut./h
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Merkinės žiedinė sankryža								
A4	101,7	121,6	8,439	2017	3943	482	3461	1064
133	0	25,868	8,439	2017	858	58	800	
129	57,432	80,798	66,45	2017	343	428	3003	
Molėtų žiedinė sankryža								
A14	62,63	68,63	67,1	2017	4732	372	4360	2301
114	0	1,401	1,06	2017	1476	55	1421	
114	1,401	10,509	6,26	2017	1319	100	1219	
Pasvalio žiedinė sankryža								
A10	23,3	41,05	29,65	2017	9386	2874	6512	1304
3101	0	0,597	0,506	2017	4338	351	3987	
3101	0,597	3,450	1,097	2017	2111	276	1835	
Jiezno žiedinė sankryža								
A16	70,03	79,65	74,42	2017	3934	502	3432	1218
A16	79,65	89,38	84,88	2017	4985	546	4439	
129	6,122	32,726	20,32	2017	2124	215	1909	
129	32,726	51,987	43,52	2017	3792	416	3376	
Prienų žiedinė sankryža								
130	23,38	34,974	26,31	2017	11096	802	10294	1361

Kaip galima matyti 17 lentelėje ir pagal teorinio pagrindimo dalį, 30-osios intensyviausios metų valandos duomenys yra daug tikslesni, racionaliau pagrindžiantys sąnaudas, atliekant skaičiavimus šiuos duomenis paprasčiau tiek nustatyti, tiek naudoti. Lietuviškoje literatūroje siūloma naudoti VMPEI (kelio kategorijos nustatymui, kelio geometrinių parametrų nustatymui), vieninteliu atveju MN ŽSP 12 rekomenduoja vartoti 30 EI reikšmę, kai atliekami pralaidumo skaičiavimai.

Nustatant 30 EI reikšmes, naudoti eismo intensyvumo matuoklių duomenys, kurie yra arčiausiai žiedinės sankryžos. Pastebėta, kad ne visuose keliuose eismo intensyvumo matavimai atliekami ištisus metus, todėl nustatyti 30 EI reikšmę sudėtinga arba beveik neįmanoma. Valstybinės reikšmės keliai yra svarbus objektas, todėl būtina atlikti racionalius skaičiavimus, kuriems naudojama 30-osios intensyviausios metų valandos eismo intensyvumo reikšmė. Šiuos duomenis šalia VMPEI turėtų pateikti kelių savininkas – Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos.

4.3. Apibendrinimas

1. Nustatyta, kad žiedinės sankryžos LOS neatitinka kelio, kuriame yra sankryža, LOS pagal jo funkcinę paskirtį, išimtis taikoma atvejais, kai dėl kelio padėties, reljefo sąlygų ar kitų aplinkybių, pagrindiniame kelyje, kurio kategorija aukštesnė, važiavimo greičio mažinimas yra neišvengiamas (nagrinėjamu atveju, pagrindinis kelias keičia kryptį), todėl būtina reglamentuoti LOS nustatymo skaičiavimų atlikimą kelių projektavimą normuojančiuose dokumentuose.
2. Atliekant LOS nustatymo tyrimą žiedinėms sankryžoms planavimo ar projektavimo stadijose bei remiantis moksliniais darbais, kuriuose kelių tinklas skirstomas pagal funkcinę paskirtį, Lietuvoje galima pasiekti atpažįstamų kelių koncepcijos įgyvendinimą.
3. 30 EI reikšmės yra ne tik racionalios, sumažinančios sąnaudas, tačiau ir paprasčiau nustatomos nei VMPEI, todėl 30 EI duomenys (kaip ir VMPEI) turėtų būti pasiekiamos reikalingoms institucijoms (kelių projektuotojams, rangovams, kelius prižiūrinčioms įmonėms). Duomenų prieinamumą turi užtikrinti kelio savininkė Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos.

IŠVADOS

1. Išnagrinėjus Lietuvos Respublikoje galiojančius normatyvinius dokumentus, nustatyta, kad keliai nėra klasifikuojami pagal funkcinę paskirtį, žiedinės sankryžos klasifikuojamos normatyviniuose dokumentuose, metodiniuose nurodymuose, net įstatymuose, tačiau nei viename iš šių dokumentų nėra tiksliai nustatyta, kokios kategorijos ar funkcinės paskirties keliuose galima taikyti šio tipo sankryžas. Lietuvos kelių tinklo skirstymas pagal funkcinę paskirtį yra apibrėžtas moksliniuose darbuose.
2. Vadovaujantis užsienio šalių patirtimi, pagrįsta, kad keliai turi turėti savo funkcijas: tranzitiniai, jungiamieji ir privažiuojamieji. Dėl savo tolygaus eismo tranzitiniuose keliuose gali būti projektuojamos tik skirtingų lygių sankryžos, o žiedines sankryžas nagrinėjamose užsienio valstybėse (Nyderlandai, JAV, Jungtinė Karalystė ir Vokietija) rekomenduojama projektuoti tik žemesnės projektinės klasės keliuose (jungiamieji, privažiuojamieji), jų pereinamosiose zonose.
3. Išnagrinėjus mokslinius straipsnius baigiamojo darbo tema, nustatyta, kad kelių skirstymas pagal funkcinę paskirtį yra vienas iš atpažįstamų kelių koncepcijos principų, kuri užtikrina kelių saugumą, sumažina eismo įvykių tikimybę bei suteikia galimybę kelio naudotojui numatyti veiksnius, kurie gali būti kelio aplinkoje, t. y. atpažinti jį pagal jam būdingus elementus.
4. Pralaidumo ir eismo kokybės rodiklio nustatymo tyrimas atliekamas pagal JAV metodiką HCM 2010, kurią naudoja ir kitos Europos Sąjungos šalys, nes metodika lengvai taikoma atskiriems kelio elementams. Analizės metu įvertinama geometriniai žiedinių sankryžų parametrai, transporto priemonių eismo intensyvumas, jo sudėtis, pasiskirstymas skirtingomis kryptimis. Tyrimo metu naudojamos 30-osios intensyviausios metų valandos eismo intensyvumo reikšmės. Tyrimas atliktas 5 sankryžoms. Tyrimas atliktas šiuo eiliškumu: gauta 30 EI reikšmė, analizuoti geometriniai parametrai, atlikus natūrinius tyrimus nustatytas eismo srautų pasiskirstymas, naudojantis programine įranga *Sidra Intersection* atlikti skaičiavimai. Nustatyta, kad Merkinės žiedinės sankryžos LOS yra B, Molėtų žiedinės sankryžos LOS yra F, Pasvalio žiedinės sankryžos LOS yra C, Jiezno žiedinės sankryžos LOS yra B, Prienų žiedinės sankryžos LOS yra C.
5. Atlikus tyrimų rezultatų analizę, nustatyta, kad dauguma atvejų (3 iš 5) žiedinės sankryžos LOS neatitinka kelio, kuriame yra sankryža, LOS pagal jo funkcinę paskirtį, išimtis taikoma atvejais, kai dėl kelio padėties, reljefo sąlygų ar kitų aplinkybių, pagrindiniame kelyje, kurio kategorija aukštesnė, važiavimo greičio mažinimas yra neišvengiamas (nagrinėjamu atveju, pagrindinis kelias keičia kryptį), todėl būtina reglamentuoti LOS nustatymo skaičiavimų atlikimą kelių projektavimą normuojančiuose dokumentuose.

6. Vadovaujantis užsienio šalių patirtimi bei tobulinant Lietuvos įstatyminę normatyvinių dokumentų bazę, atlikus LOS nustatymo tyrimą žiedinėms sankryžoms planavimo ar projektavimo stadijose bei remiantis moksliniais darbais, kuriuose Lietuvos kelių tinklas skirstomas pagal funkcinę paskirtį, Lietuvoje galima pasiekti atpažįstamų kelių koncepcijos įgyvendinimą ir pagerinti susisiekimo infrastruktūros saugumą.

REKOMENDACIJOS

Įvertinus tiriamojo darbo rezultatus, užsienio šalių patirtį ir siekiant pagerinti kelių saugumą Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose, įgyvendinant atpažįstamų kelių teoriją, rekomenduojama:

1. Pakeisti KTR 1.01:2008 „Automobilių keliai“ V skyriaus I skirsnį 13.2. punktą ir jį išdėstyti taip: „Atskirais atvejais, parenkant kelio kategoriją, eismo juostų skaičių ar vertinant kitų kelio elementų pralaidumą ar eismo kokybės rodiklį, rekomenduojama atsižvelgti į 30-osios intensyviausios metų valandos valandinį eismo intensyvumą (30 EI).“
2. Pakeisti KTR 1.01:2008 „Automobilių keliai“ XI skyriaus I skirsnio 159 punktą ir jį papildyti159.4. punktu, jį išdėstant taip: „galimą sankryžos pralaidumą ir sankryžos eismo kokybės rodiklį, įvertinant kelio eismo kokybės rodiklį pagal jo funkcinę paskirtį.“
3. Atliekant pralaidumo, eismo kokybės rodiklio skaičiavimus naudoti 30 EI, todėl kelių savininkė Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos turi užtikrinti šių duomenų prieinamumą.
4. Lietuvos automobilių kelių direkcijai prie Susisiekimo ministerijos įvertinti galimybes įgyvendinti atpažįstamų kelių koncepciją Lietuvos kelių tinkle bei kontroliuojant žiedinių sankryžų projektavimo pagrįstumą, atsižvelgiant į kelio funkcinę paskirtį.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Akçelik, R. 2007. A Review of Gap-acceptance Capacity Models, in *29th Conference of Australian Institutes of Transport Research (CAITR), University of South Australia.* Adelaide.
2. Akçelik, R. 2009. *Roundabout Level of Service* [interaktyvus]. Adelaide [žiūrėta 2018 m. kovo 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.sidrasolutions.com/documents/RoundaboutLOS_Akcelik.pdf>.
3. Akçelik, R. 2011. An Assesment of The Highway Capacity Manual 2010 Roundabout Capacity Model, in *International Roundabout Conference, Transportation Research Board, Carmel, Indiana, USA.* Carmel.
4. *American Association of State Highway and Transportation Officials*. 2011. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington, DC.
5. Brilon, W. 2005. Roundabouts: A state of the art in Germany, in *National Roundabout Conference, Vail, Colorado* (Vol. 16). Colorado.
6. *Cambridge Dicitionary* [online] 2018. [Sited 14 March 2018]. Available from Internet: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/motorway>.
7. *Department for Transport* [online]. 2012. Guidance on Road Classification and the Primary Route Network [cited 12 September 2017]. Available from Internet: <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/315783/road-classification-guidance.pdf>.
8. *Europos Komisija*. 2010. Valstybių lygmeniu taikomas priemonių vadovas „Saugaus kelių eismo geriausia patirtis“. Liuksemburgas: Europos Sąjungos leidinių biuras.
9. *Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Arbeitsgruppe Straßenentwurf* (FGSV). 2008. Richtlinien für die Anlage von Autobahnen: RAA; R1. Köln.
10. *Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Arbeitsgruppe Straßenentwurf* (FGSV). 2008. Richtlinien für die Anlage von Landstraßen: RAL. Köln.
11. Gaigalas, M., Vaičiulionis, T., Brūzga, V., Grigonis, M., Katkus, E. 2010. Kelio Nr. A14 Vilnius–Utena sankryža su keliu Nr. 114 Molėtai–Kaltanėnai–Ignalina ruožas nuo 64,20 km iki 65,40 km. Vilnius.
12. Jokubauskis, M., Šernas, M., Vaičaitis, A. 2015. Valstybinės reikšmės magistralinio kelio A10 Panevėžys–Pasvalys–Ryga 38,7 km sankryžos su rajoniniu keliu Nr. 3101 Pasvalys–Vabalninkas rekonstravimas. Vilnius.
13. Kelių techninis reglamentas KTR 1.01:2008 „Automobilių keliai“. Vilnius, 2008.
14. Kennedy, J., House, C., Ride, N. M. 2008. The UK standards for roundabouts and mini roundabouts, in *National roundabout conference, TRB, Kansas City, Missouri, USA.* Kansas City: 18–21.
15. Lietuvos Respublikos saugaus eismo automobilių keliais įstatymas. Vilnius, 2000.
16. Lippold, C., Lemke, K., Jaehrig, T., Stöckert, R. 2015. Country Report Germany. The New Generation of Design Guidelines for Roads and Motorways in Germany, in *5th International Symposium on Highway Geometric Design.* Vancouver, Canada.
17. Mathew, T. V. 2014. Transportation Systems Engineerging. Bombay.
18. Prestor, J., Klemen, B., Zotlar, S., & Renčelj, M. 2014. Self-explaining Roads: Concept Analysis and A Proposal for The Establisment in Slovenia, in *XII Internation Symposium "Road Accidents Prevention 2014".* Borsko Jezero.
19. Puodžiukas, V., Braga, A. 2015. Valstybinės reikšmės kelių suskirstymo pagal paskirtį ir plėtros schemos iki 2040 m. projektas. Vilnius.
20. Sarapinas, G., Miklušis, T., Bartkevičius, M. 2013. Magistralinio kelio Nr. A4 Vilnius–Varėna–Gardinas 101,73 km esančios sankryžos rekonstravimo techninis projektas. Vilnius.
21. *Sidra Intersection* [online] 2018. [Sited 12 February 2018]. Available from Internet: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sidra_Intersection>.

22. Sirtautienė, A., Juodka, R. 2009. Kelio Nr. 130 Kaunas–Prienai–Alytus 30,76 km sankryžos rekonstrukcija į žiedinę sankryžą. Vilnius.
23. Sirtautienė, A., Vilkelis, A. 2011. Kelio A16 Vilnius–Prienai–Marijampolė 79,57 km sankryžos su keliu Nr. 129 Antakalnis–Alytus–Merkinė rekonstravimo techninis projektas. Vilnius.
24. Statybos rekomendacijos R 36-01 Automobilių kelių sankryžos. Vilnius, 2001.
25. Tollazzi, T., Jovanović, G., Renčelj, M. 2013. New Type of Roundabout: Dual One-Lane Roundabouts on Two Levels with Right-Hand Turning Bypasses – ''Target Roundabout'', in *Promet – Traffic&Transportation Vol. 25, 2013, No. 5.* Split: 475–481.
26. Tollazzi, T., Renčelj, M. 2014. Modern and Alternative Types of Roundabouts – State of The Art, in *Environmental Engineering. Proceedings of the International Conference on Environmental Engineering. ICEE.* Vilnius.
27. *Transportation Research Board.* 2000. Highway Capacity Manual 2000. Washington, DC.
28. *Transportation Research Board.* 2010. Highway Capacity Manual 2010. Washington, DC.
29. *U. S. Depertment of Transportation Federal Highway Administration.* 2000. Roundabouts: An Informational Guide. Virginia.
30. *UK Goverment.* 1980. Highways Act. London.
31. *UK Goverment.* 2017. The Design Manual for Roads and Bridges. London.
32. *World Bank, The Dutch Ministery of Transport, Public Works and Water Management.* 2005. Sustainable safe road design. A practical manual. Amersfoort.
33. Žiedinių sankryžų projektavimo metodiniai nurodymai MN ŽSP 12. Vilnius, 2012.