



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

KELIŲ KATEDRA

Svaja Gilytė

**ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ PROJEKTAVIMO METODAI IR JŲ LAIDUMO
TYRIMAI**

**METHODS OF ROUNDABOUTS DESIGN AND RESEARCH OF
PRACTICABILITY**

Baigiamasis magistro darbas

Civilinės inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 62402T105

Kelių specilizacija

Statybos inžinerijos (02T) studijų kryptis

Vilnius, 2011

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

KELIŲ KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Alfredas Laurinavičius

(Data)

Svaja Gilytė

ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ PROJEKTAVIMO METODAI IR JŲ LAIDUMO

TYRIMAI

**METHODS OF ROUNDABOUTS DESIGN AND RESEARCH OF
PRACTICABILITY**

Baigiamasis magistro darbas

Civilinės inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 62402T105

Kelių specilizacija

Statybos inžinerijos (02T) studijų kryptis

Vadovas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė) (Parašas)

(Data)

Vilnius, 2011

UŽDUOTIS

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Aplinkos inžinerijos fakultetas
Kelių katedra

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

Pagrindinės studijų **Civilinės inžinerijos** programos baigiamasis darbas

Pavadinimas **Žiedinių sankryžų projektavimo metodai ir jų laidumo tyrimas**

Autorius **Svaja Gilytė** Vadovas **doc. dr. Audrius Vaitkus**

Kalba

☒ lietuvių
☐ užsienio

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe apžvelgiami Lietuvos automobilių kelių susikirtimų tipai. Nagrinėjami pagrindiniai žiedinių sankryžų projektavimo metodai užsienyje ir Lietuvoje. Atskleidžiamas žiedinių sankryžų naudojimo poreikis, projektavimo kriterijai. Išnagrinėti pagrindiniai projektavimo principai, kuriais remiantis projektuojamos žiedinės sankryžos.

Vienas svarbiausių rodiklių, nurodančių žiedinės sankryžos efektyvumą, yra jos laidumas. Tyrimo tikslas yra panaudojant Vokiečių HBS kelių eismo įrenginių vadovo metodiką įvertinti Vilniaus apylinkėse pasirinktų trijų žiedinių sankryžų pralaidumą eismo proceso kokybės atžvilgiu. Pagrindiniu eismo proceso kokybės kriterijumi laikomas vidutinis transporto priemonių srautų laukimo laikas.

Išnagrinėjus teorinius ir praktinius projektavimo metodus, pateikiamos baigiamojo darbo išvados ir siūlymai.

Darbo apimtis – 98 p. teksto be priedų, 57 iliustr., 28 lent., 41 bibliografiniai šaltiniai. Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: efektyvumas, eismo proceso kokybės kriterijus, intensyvumas, laidumas, moderni sankryža.

VilniusGediminasTechnicalUniversity
VGTU faculty of Environmental Engineering
DEPARTMENTOF ROADS

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

Civil engineering study programme bachelor (master) thesis.

Title: **Methods of Roundabouts Design and Research of Practicability**

Author **Svaja Gilytė** Academic supervisor **doc. dr. Audrius Vaitkus**

Thesis language

☐ Lithuanian

☒ Foreign (English)

Annotation

The thesis gives an overview of the Lithuanian road intersections types. To the main roundabout design methods in Lithuania and abroad. Reveals the need for the use of roundabouts, the design criteria. The main design principles, which designed the roundabout.

One of the key indicators, indicating the effectiveness of the roundabout is its conductivity. The study is using the German road HBS Facilities methodology to assess the Vilnius district selected three traffic roundabouts in the process of capacity in terms of quality. The main traffic process quality criterion is the average flow of vehicles waiting time.

An examination of the theoretical and practical design methods, the conclusions and recommendations.

Thesis consist of: 98 p. text without appendixes, 57 pictures, 28 tables, 41 bibliographical entries.

Appendixes included.

Keywords: efficiency, traffic process quality criteria, intensity, conductivity, a contemporary crossroads.

TURINYS

UŽDUOTIS	3
LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	7
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	9
IVADAS.....	11
1. ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ NAUDOJIMO POREIKIS	12
1.1. Automobilių kelių transporto eismo srautų reguliavimas.....	12
1.1.1. Lietuvos automobilių kelių tinklas	12
1.1.2. Automobilių kelių sankryžos.....	13
1.1.3. Lietuvos automobilių kelių transporto priemonių eismo intensyvumo apžvalga.....	14
1.2.1. Automobilių kelių susikirtimų rūšys.....	17
1.2.2. Žiedinių sankryžų tipai	21
1.2.3. Žiedinės sankryžos Lietuvos keliuose	30
1.2. Mokslo darbų, susijusių su žiedinių sankryžų projektavimu, apžvalga	32
1.4. Darbo tikslas ir uždaviniai	41
2. ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ PROJEKTAVIMO KRITERIJAI	42
2.1. Žiedinių sankryžų elementai	42
2.2. Žiedinių sankryžų naudojimo kriterijai	55
2.3. Žiedinių sankryžų projektavimo principai.....	59
2.4. Žiedinių sankryžų dangos konstrukcijos	62
2.5. Pėsčiųjų ir dviračių eismas žiedinėmis sankryžomis	63
2.6. Transporto eismo orientavimas žiedinėse sankryžose.....	67
2.6.1. Horizontalus ir vertikalus ženklinimas	67
2.6.2. Maršrutinis orientavimas.....	68
2.6.3. Apšvietimas	69
2.6.4. Kraštovaizdis	72
2.7. Antrojo skyriaus išvados.....	75
3. ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ LAIDUMO TYRIMAS.....	77
3.1. Tyrimo objektas ir metodika	77
3.2. Žiedinių sankryžų laidumo tyrimas.....	79
3.2. Tyrimo rezultatai ir jų vertinimas.....	93
3.3. Trečiojo skyriaus išvados.....	97
BENDROSIOS IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS.....	98
PRIEDAI	103

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. 2009 m. kiekvienos transporto priemonių klasės VMPEI kelių grupėse.....	15
2 lentelė. VMPEI pokyčiai transporto srauto grupėse 2009 m./2008 m.....	15
3 lentelė. Žiedinių sankryžų pagrindiniai parametrai gyvenamojoje teritorijoje (R ISEP 10)	47
4 lentelė. Žiedinių sankryžų pagrindiniai parametrai užmiestyje (R ISEP 10).....	48
5 lentelė. Dvarčionių žiedinės sankryžos eismo intensyvumo rezultatai	80
6 lentelė. Koeficientai, naudojami perskaičiuoti eismo intensyvumo rodiklius į lengvųjų automobilių q_{PE} vienetus.....	81
7 lentelė. Dvarčionių žiedinės sankryžos eismo intensyvumo duomenys perskaičiuoti į q_{PE} vienetus	81
8 lentelė. Dvarčionių žiedinės sankryžos parametrai	81
9 lentelė. Dvarčionių žiedinės sankryžos pagrindinio laidumo perskaičiavimo rezultatai.....	82
10 lentelė. Dvarčionių sankryžos C_i pralaidumo skaičiavimo rezultatai	85
11 lentelė. Dvarčionių sankryžos pralaidumo rezervas R_i	85
12 lentelė. Dvarčionių sankryžos vidutinio laukimo laikas w_i	86
13 lentelė. Keturšalės žiedinės sankryžos eismo intensyvumo duomenys, Liepkalnio ir Sodybų gatvių sankirtoje	87
14 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis eismo intensyvumo duomenys perskaičiuoti į q_{PE} vienetus(q_{ZI} ir q_{KI} stulpeliai)	88
15 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis parametrai.....	88
16 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis pagrindinio laidumo G_i perskaičiavimas.....	88
17 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis C_i pralaidumo skaičiavimo rezultatai	89
18 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis pralaidumo rezervas R_i	89
19 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis vidutinio laukimo laikai w_i	89
20 lentelė. Žiedinės sankryžos Trakuose eismo intensyvumo duomenys	90
21 lentelė. Žiedinės sankryžos Trakuose eismo intensyvumo duomenys perskaičiuoti į q_{PE} vienetus.....	91
22 lentelė. Žiedinės sankryžos Trakuose parametrai.....	91
23 lentelė. Žiedinės sankryžos Trakuose pagrindinio laidumo G_i perskaičiavimas	91
24 lentelė. Žiedinės sankryžos Trakuose C_i pralaidumo skaičiavimo rezultatai	91
25 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis rezervas I_r	92
26 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis vidutinio laukimo laikai	92
25 lentelė. Kokybės lygiui nustatyti naudojamos ribinės vidutinio laukimo laiko reikšmės	93
26 lentelė. Dvarčionių sankryžos eismo proceso kokybės lygiai.....	94
27 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis eismo kokybės lygiai	95

28 lentelė. Trakų žiedinės sankryžos eismo kokybės lygiai	95
--	----

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. EI kitimas valstybinės reikšmės keliuose nuo 2000-ųjų iki 2009-ųjų metų	16
2 pav. Vieno lygio sankryžos su elementais: a) trišalė, b) keturšalė	17
3 pav. Pagrindinės skirtingų lygių sankryžų formos.....	18
4 pav. „Sukamoji sistema“, Londonas, Didžioji Britanija	21
5 pav. Mini – žiedinė sankryža, Didžioji Britanija	22
6 pav. „Lietaus lašo“ formos žiedinė sankryža, Šiaurės Karolina.....	23
7 pav. „Turbo“ žiedinė sankryža, Olandija	23
8 pav. „Turbo“ žiedinių sankryžų tipai	24
9 pav. Žiedinė sankryža „Greitkelių žiedai“, Didžioji Britanija.....	26
10 pav. Šviesaforis reguliuojama žiedinė sankryža, Didžioji Britanija	26
11 pav. „Stebuklinga“ žiedinė sankryža, Didžioji Britanija.....	27
12 pav. Žiedinė sankryža su tramvajaus linija, Lenkija.....	27
13 pav. Vidinėje saloje įrengta sustojimo stotelė, šviesoforis valdomas eismas, Alikantė, Ispanija.....	28
14 pav. Žiedinę sankryžą kerta geležinkelio bėgiai, Jensenopaplūdimys, Florida.....	28
15 pav. „Mėsainio“ tipo žiedinė sankryža.....	29
16 pav. „Dvigubosios“ žiedinės sankryžos	29
17 pav. Konfliktinių taškų skaičius vieno lygio sankryžose	32
18 pav. „Įprastinės“ dviejų juostų žiedinės sankryžos rekonstravimas į „gėlės žiedinę sankryžą“	34
19 pav. Pirmoji vokiška „Turbo“ sankryža pastatyta 2006 m. Baden-Badeno mieste	35
20 pav. Eismo saugumo atžvilgiu nėra tokia saugi.....	36
21 pav. Pirminis žiedinės sankryžos projekto variantas.....	37
22 pav. Projektas po žiedinių sankryžų ekspertų patikrinimo	37
23 pav. Netinkamas vairuotojų elgesys nesilaikant savo važiavimo juostos	38
24 pav. Eismo juostų atskyrimas iškiliosiomis salelėmis, Olandija	38
25 pav. Lenkijos pirmoji turbo žiedinė sankryža „Opolė“	39
26 pav. Betono dangos konstrukcija, Australija.	40
27 pav. Žiedinės sankryžos elementai.....	42
28 pav. Žiedinių sankryžų skermuo gyvenamojoje teritorijoje	45
30 pav. „Sunkvežimio prijuostė“, JAV	46
31 pav. Vidinis žiedas JAV ir Didžiojoje Britanijoje	46
32 pav. Važiuojamosios dalies pločio (kartu su grįšta dalimi) priklausomybė nuo žiedo išorinio skersmens.....	49
33 pav. Trikampio formos (piltuvo formos) skiriančioji salelė su pėsčiųjų ir dviračių perėja	51
34 pav. Lašo formos skiriančioji salelė be praėjimo nenumotorizuotiems eismo dalyviams	51
35 pav. Žiedinėje sankryžoje besikertančių kelių ašių išsidėstymas centrinės salelės atžvilgiu.....	52

36 pav. Iškilios saugaus eismo salelės, Olandija	52
37 pav. Važiavimo juostų atskyrimo salelė, pritaikyta sniego valymui.....	53
38 pav. Žiedinės sankryžos su apvažiavimo keliu (bypass).....	54
39 pav. Žiedinės sankryžos su apvažiavimo keliu (bypass) (Olandija)	54
40 pav. pėsčiųjų ir dviračių eismas įrengtas skirtingame lygyje, Estija	64
41 pav. Dviračių perėjros rokiruotė (pastūmimas), esantis visai šalia pėsčiųjų perėjros	64
42 pav. Jorko „Stebuklinga žiedinė sankryža“(prieiga per internetą.....	65
43 pav. Rampa užvažiuoti dviratininkams prieš žiedinę sankryžą, Oregonas	66
44 pav. Kelio ženklų pavyzdžiai.....	67
45 pav. Turbininių žiedinių sankryžų rodyklių, naudojamų Slovėnijoje, formos	68
46 pav. Sankryža be maršrutinio orientavimo pav. a ir su maršrutinio orientavimo ženklais pav. b.....	69
47 pav. Vidinės salos kraštuose įrengtas apšvietimas, Olandija.....	70
48 pav. Šveicarų rekomenduojamos šviestuvų vietos.....	71
49 pav. Žiedinės sankryžos gerinančios miesto vaizdą	73
50 pav. Augalų sodinimo schema	74
51 pav. Trišalė žiedinė sankryža važiuoti link Dvarčionių, Vilnius.....	79
52 pav. Transporto srautai žiedinėje sankryžoje.....	80
53 pav. Žiedinės sankryžos įvažų pralaidumas	82
54 pav. Mažėjimo koeficientai f_f kelių kertančių pėsčiųjų poveikio įvertinimui vienos eismo juostos įvažose į žiedinių sankryžas su vienos eismo juostos važiuojamąja dalimi.....	84
55 pav. Vidutinio laukimo laiko priklausomybė nuo pralaidumo rezervo R_i ir pralaidumo C_i	86
56 pav. Ketursalė žiedinė sankryža Šalčininkai-Vilnius-Salinkai-Nemėžis	87
57 pav. Trakų ketursalė žiedinė sankryža	90

IVADAS

Sparčiai besikeičiantys gyvenimo ir automobilizacijos augimo tempai kelia įvairiausių problemų, kurių svarbiausios yra oro tarša, avaringumas ir transporto priemonių gaištis laikas. Ypatingai dideli teršalų kiekiai yra išmetami transporto priemonėms važiuojant per sankryžas. Sankryžose yra stabdoma, greitėjama, stovima ir pan. Lietuvos keliuose, žuvusių žmonių skaičius, tenkantis vienam milijonui gyventojų, yra pats didžiausias tarp Europos Sąjungos šalių. Daugiau nei 34 % visų eismo įvykių įvyksta sankryžose.

Šių problemų sankryžose sprendimui gali būti naudojamos modernios žiedinės sankryžos, kurios itin sėkmingai yra naudojamos daugelyje pasaulio šalių. Sankryžos dažniausiai rekonstruojamos į žiedines sankryžas itin avaringose vietose, kur susiformavusios „juodosios dėmės“ ar kituose pavojinguose ruožuose. Įvykių analizė parodė, kad tose vietose avaringumas sumažėja 95%.

Svarbus sankryžų parametras – sankryžos pralaidumas. Jei palyginsime vienos juostos žiedinę sankryžą su keturšale šviesoforu reguliuojama sankryža, tai žiedinėje sankryžoje pralaidumas didesnis net 3,6 karto ir transporto prastovų laikas žymiai mažesnis.

Baigiamajame magistro darbe apžvelgiami Lietuvos automobilių kelių susikirtimų tipai, jų naudojimo kriterijai, žiedinės sankryžos Lietuvoje. Nagrinėjami pagrindiniai žiedinių sankryžų projektavimo metodai užsienyje ir Lietuvoje. Atskleidžiamas žiedinių sankryžų naudojimo poreikis, projektavimo kriterijai. Išnagrinėti pagrindiniai projektavimo principai, kuriais remiantis projektuojamos žiedinės sankryžos.

Vienas svarbiausių rodiklių, nurodančių žiedinės sankryžos efektyvumą, yra jos laidumas. Tyrimo tikslas - panaudojant Vokiečių HBS kelių eismo įrenginių vadovo metodiką įvertinti Vilniaus miesto apylinkėse pasirinktų trijų žiedinių sankryžų pralaidumą eismo proceso kokybės atžvilgiu. Pagrindiniu eismo proceso kokybės kriterijumi, laikomas vidutinis transporto priemonių srautų laukimo laikas.

Atlikta kitų šalių norminių dokumentų analizė susideda iš : Jungtinių Amerikos valstijų; Olandijos; Vokietijos; Danijos; Latvijos; Estijos; Austrijos; Belgijos; Čekijos; Prancūzijos; automobilių kelių projektavimo normų, taisyklių bei mokslinių straipsnių. Lietuvoje suprojektuotų žiedinių sankryžų patirtis remtasi mokslinė ataskaita „Žiedinių sankryžų konstrukcinių pažaidų ir jų priežasčių tyrimai bei rekomendacijų pateikimas“ (Juzėnas ir kt. 2009) ir UAB „Kelprojektas“ patirtimi projektuojant „Turbo“ žiedines sankryžas (Čibirka 2010).

1. ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ NAUDOJIMO POREIKIS

1.1. AUTOMOBILIŲ KELIŲ TRANSPORTO EISMO SRAUTŲ REGULIAVIMAS

1.1.1. Lietuvos automobilių kelių tinklas

Automobilių keliai – viena reikšmingiausių sričių, turinčių didžiulės įtakos ekonomikos, tarptautinių mainų, turizmo, kultūros santykių plėtrai. Ypač tai aktualu dabar, kai plečiantis Europos Sąjungai atsiveria sienos, gausėja partnerystės ryšių ir bendrų projektų.

Lietuva turi išplėtotą kelių tinklą, kurio ilgis siekia apie 70 tūkst. km. 2010 m. sausio 1 d. duomenimis Lietuvos Respublikoje valstybinės reikšmės kelių, už kuriuos atsako Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos, sudaro apie 21,3 tūkst. km. Magistraliniai keliai sudarė 1738,5 km, krašto keliai 4939,3 km ir rajoninių kelių 14590,6 km. Vietiniai keliai sudaro 59,7 tūkst. km, beveik 3 kartus daugiau negu valstybinės reikšmės kelių ilgis.

Valstybinės reikšmės keliai skirstomi į magistralinius, krašto ir rajoninius.

Magistraliniai keliai – pagal kelių techninį reglamentą „Automobilių keliai“ 2008, skirti užtikrinti patogų susisiekimą tarp pagrindinių šalies miestų. Taip pat magistraliniai keliai skirti ir tranzitiniam eismui. Svarbiausiems magistraliniams keliams, kurie Jungtinių Tautų Europos ekonominės komisijos sprendimu yra įtraukti į tarptautinių kelių tinklą, suteikiamas indeksas E su atitinkamu numeriu.

Krašto keliai – pagal kelių techninį reglamentą „Automobilių keliai“ 2008, keliai, jungiantys magistralinius kelius, Lietuvos Respublikos teritorijos administracinių vienetų centrus arba besijungiantys vienas su kitu.

Rajoniniai keliai – pagal kelių techninį reglamentą „Automobilių keliai“ 2008, keliai, jungiantys stambesnes kaimo gyvenamąsias vietas ir magistralinius bei krašto kelius ir leidžiantys privažiuoti prie ūkinių ar kitos paskirties objektų.

Vietinės reikšmės keliai skirstomi į vietinius ir vidaus kelius.

Vietinės reikšmės keliai, pagal kelių techninį reglamentą „Automobilių keliai“ 2008, vadinami keliais jungiančiais rajoninius kelius, kaimus, taip pat kitus kelius, naudojami vietiniam susisiekimui ir privažiavimui prie ūkinių ar kitos paskirties objektų.

Vidaus keliai, pagal kelių techninį reglamentą „Automobilių keliai“ 2008, vadinami juridinių ir (ar) fizinių asmenų reikmėms naudojami keliai (miškų, nacionalinių parkų, valstybės saugomų teritorijų, pasienio, karjerų, privažiavimo prie hidrotechninių įrenginių, ribotų teritorijų – kiemų keliai ir visi kiti keliai, nepriskirti vietiniams keliams).

Pagal parametrus, eismo sąlygas ir eismo intensyvumą valstybinės reikšmės keliai skirstomi į AM (automagistrales) ir I-V kategorijos kelius, vietinės reikšmės keliai – į I_v - III_v kategorijos kelius. Lietuvos

automobilių kelių klasifikacija pagal kategorijas ir reikšmes pateikta KTR 1.01:2008 „Automobilių keliai“ 1 lentelėje.

AM kategorijos automagistralės –pagal kelių techninį reglamentą „Automobilių keliai“ 2008, tai specialiai nutiesti automobilių keliai, skirti automobiliams važiuoti dideliais greičiais, turintys tik skirtingų lygių sankryžas su bet kokios reikšmės keliais ir geležinkeliais, pėsčiųjų ir dviračių takais bei bandotakiais. Kelių sankryžose įvažiuojančio į automagistralę ir išvažiuojančio iš jos transporto srautai neturi kirstis viename lygyje. Priešingų krypčių eismo srautai automagistralėse turi atskiras važiuojamąsias dalis, atskirtas skiriamąja juosta.

I kategorijos keliai, pagal kelių techninį reglamentą „Automobilių keliai“ 2008, skiriami intensyviai autotransporto eismui, tačiau eismo patogumo ir aptarnavimo lygis juose žemesnis negu automagistralėse. Priešingų krypčių eismo srautai atskiriami skiriamąja juosta. Techniškai ir ekonomiškai pagrindus, kelių sankryžos ir susikirtimai su dviračių bei pėsčiųjų takais gali būti viename lygyje. Leidžiama stadijinė sankryžų statyba.

II kategorijos keliai, pagal kelių techninį reglamentą „Automobilių keliai“ 2008, sudaro pagrindinį magistralinių kelių tinklą.

III kategorijos keliai, pagal kelių techninį reglamentą „Automobilių keliai“ 2008, sudaro pagrindinį krašto kelių tinklą.

IV, V kategorijos keliai, pagal kelių techninį reglamentą „Automobilių keliai“ 2008, sudaro pagrindinį rajoninių kelių tinklą.

I_v kategorijos keliai, pagal kelių techninį reglamentą „Automobilių keliai“ 2008, jungia valstybinės reikšmės kelius ir kaimo tipo gyvenamąsias vietas, infrastruktūros objektus.

II_v kategorijos keliai, pagal kelių techninį reglamentą „Automobilių keliai“ 2008, jungia kaimus; jungiasi tarpusavyje arba su aukštesnės kategorijos keliais.

III_v kategorijos keliai, pagal kelių techninį reglamentą „Automobilių keliai“ 2008 - ūkių vidaus keliai; jungiasi tarpusavyje ir su aukštesnių kategorijų keliais; privažiavimai prie hidrotechninių įrenginių ir mažiau lankomų gamtos ir kultūros paminklų; nacionalinių parkų ir miškų keliai.

1.1.2. Automobilių kelių sankryžos

Sankryža – pagal statybos rekomendacijas R 36-01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001, kelių kirtimosi, jungimosi arba atsišakojimo viename lygyje vieta, įskaitant atvirus plotus, kuriuos sudaro minėti kelių susikirtimai, susijungimai arba atsišakojimai. Sankryžomis nelaikomos vietos, kur išvažiuojama iš kelio į esančias šalia jo teritorijas (įvažiuojama į kelią iš esančių šalia jo teritorijų).

Sankryža yra reguliuojama, jeigu eismą joje reguliuoja šviesoforai arba reguliuotojas. Skirtingo lygio sankryžos yra tos, kuriose keliai jungiasi ne viename aukštyje ir yra nuvažos, leidžiančios eismui judėti nuo vieno kelio prie kito.

Sankryžos būna vieno arba skirtingų lygmenų. Automobilių kelių vieno lygmens sankryžos būna paprastosios, žiedinės ir šakotinės (su paplatinta važiuojamąja dalimi, su papildomais keliais į šoną sukantiems automobiliams). Skirtingų lygmenų sankryžos būna dobilo lapo, žiedinės, linijinės, kilpinės, 3 lygmenų, turbininės ir 4 lygmenų.

Sankryžose statomi kelio ženklai, o prieš sankryžą – dar ir schemos, kuriose pažymimos važiavimo kryptys. Gatvių sankryžos mažai skiriasi nuo automobilių kelių sankryžų. Paprastai jos būna kompaktiškesnės ir paprastesnės. Skirtingų lygmenų sankryžose tiesiami viadukai.

1.1.3. Lietuvos automobilių kelių transporto priemonių eismo intensyvumo apžvalga

2009 metų statistiniais duomenimis, 1000 gyventojų teko 641 transporto priemonė (prieiga per internetą (www.lra.lt)). VĮ Transporto ir kelių tyrimo institutas, 2009 metų duomenimis, atliko automatizuotą eismo intensyvumo ir važiavimo greičio apskaitą magistraliniuose, krašto ir rajoniniuose keliuose. Magistraliniuose keliuose eismo apskaita buvo atlikta 67-iose stacionariuose nuolatiniuose postuose (nepertraukiamu režimu) ir 250-yje stacionarių periodinių postų (53-uose postuose po 1 savaitę 2 kartus metuose ir 197-uose postuose po 1 savaitę 4 kartus metuose). 18-oje postų atlikta eismo apskaita 1 kartą per metus 3 val. Rajoniniuose keliuose eismo apskaita buvo atlikta 22-ose stacionarių nuolatinių eismo apskaitos postų (nepertraukiamu režimu), 8-uose stacionariuose periodiniuose eismo apskaitos postuose (po 1 savaitę 4 kartus metuose), 130-yje eismo apskaitos vietų (po 1 savaitę 4 kartus metuose), 258-uose eismo apskaitos vietose (po 3 val. 2 kartus metuose) ir 309 -ose eismo apskaitos vietose (1 kartą per metus 3 val.).

Eismo intensyvumo analizei buvo naudojami eismo apskaitos, vykdytos nuo 2009 m. sausio 1 d. iki 2009 m. gruodžio 31 d., duomenys. Pagal šiuos duomenis pateikti Lietuvos valstybinės reikšmės kelių eismo intensyvumo, transporto srauto sudėties ir važiavimo greičio matavimų rezultatai bei jų analizė: Eismo intensyvumo analizė pateikta 1 lentelėje.

1 lentelė. 2009 m. kiekvienos transporto priemonių klasės VMPEI kelių grupėse

Kelių grupės	VMPEI, aut./p.													
	BENDRAS	MOTOC	LA	MINIAUT	BUS	LS	VS1	VS2	3AŠ	4AŠ	5AŠ	TRA	Lengvasis (MOTOC, LA,MINIAUT,LS)	krovininis (likusieji)
Magistraliniai keliai	7278	10	5520	265	56	332	79	174	68	99	660	15	6127	1151
Krašto keliai	1988	0	1616	61	17	95	23	45	18	17	83	13	1772	216
Rajoniniai keliai	357	2	283	16	4	16	8	8	6	4	7	3	317	40
Visi keliai	1301	2	1021	47	11	60	17	30	14	15	78	6	1130	171

Magistraliniuose keliuose lengvasis transportas sudarė 84,14% bendrojo transporto priemonių srauto, krovininis transportas – 15,86%.

Krašto keliuose lengvasis transportas sudarė 89,13% bendrojo transporto priemonių srauto, krovininis transportas – 10,87%.

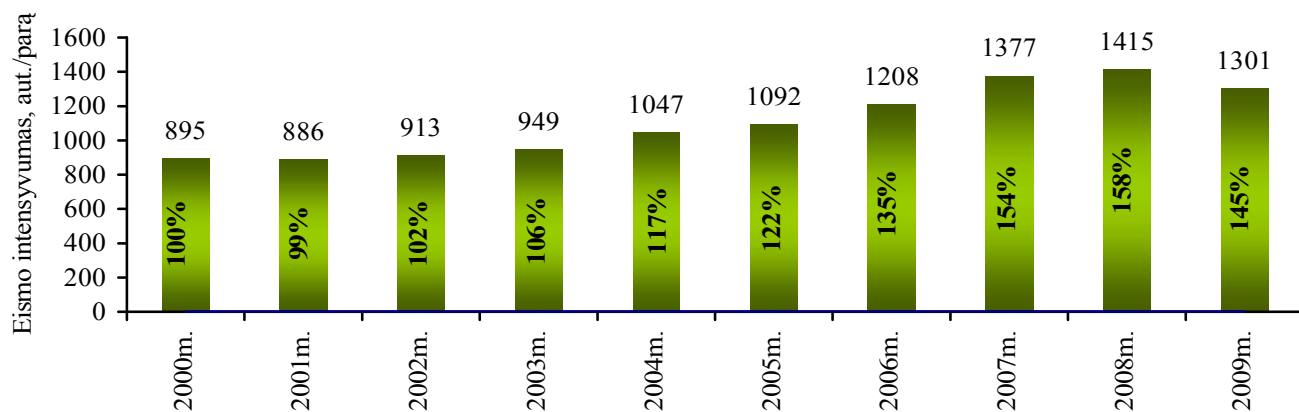
Rajoniniuose keliuose lengvasis transportas sudarė 88,8%, krovininis – 11,2% bendrojo transporto priemonių srauto.

Transporto srautų eismo intensyvumo pokyčiai kelių grupėse pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. VMPEI pokyčiai transporto srauto grupėse 2009 m./2008 m.

Kelių grupės	VMPEI pokytis 2009 m./2008 m.			
	Bendrojo transporto srauto	Lengvojo transporto	Krovininio transporto	Autotraukinių (krovumas > 12t)
Magistraliniai keliai	-10,15%	-7,96%	-20,24%	-32,23%
Krašto keliai	-4,97%	-4,01%	-12,20%	-15,79%
Rajoniniai keliai	-4,80%	-4,80%	-4,76%	0,00%
Visi keliai	-7,99%	-6,53%	-16,59%	-27,59%

1 paveiksle pateiktas bendras eismo intensyvumo kitimas valstybinės reikšmės keliuose nuo 2000-ųjų metų iki 2009 metų.



1 pav. El kitimas valstybinės reikšmės keliuose nuo 2000-jų iki 2009-jų metų

2009 m. eismo intensyvumas, lyginant su 2000 m., išaugo 45%.

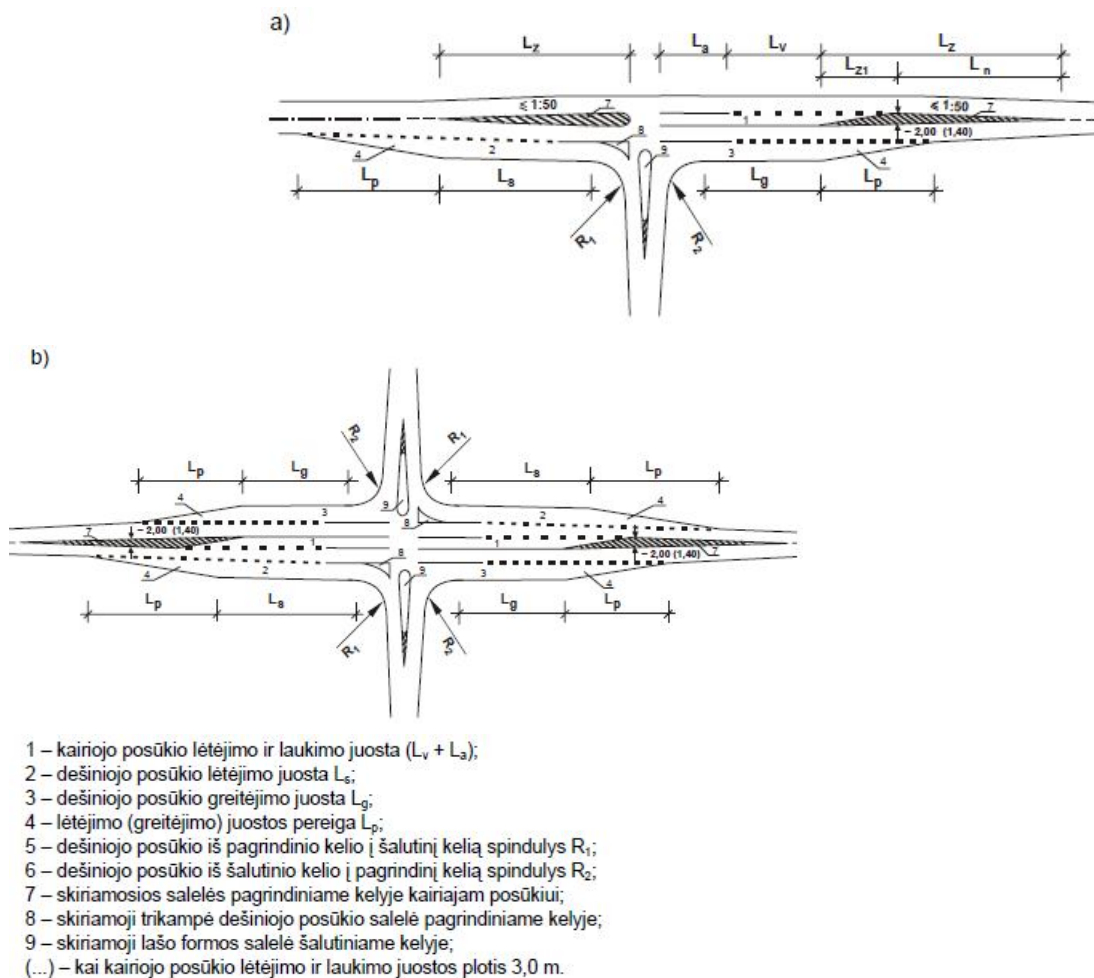
1.2. AUTOMOBILIŲ KELIŲ SANKRYŽŲ RŪŠYS

1.2.1. Automobilių kelių susikirtimų rūšys

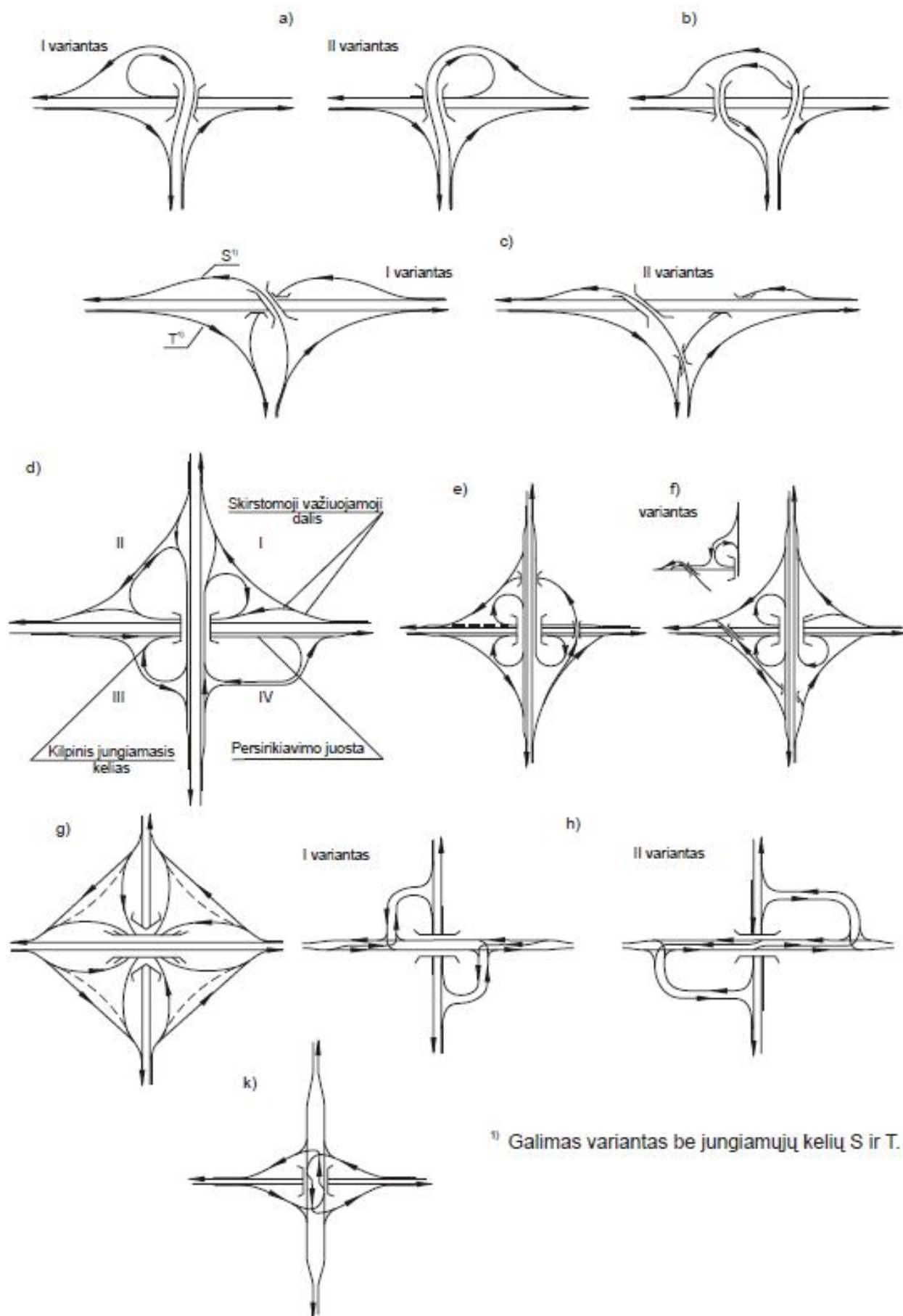
Sankryžos būna vieno arba skirtingų lygių. Pagal statybos rekomendacijas R 36-01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001, vieno lygio sankryžos rengiamos II-V ir Iv kategorijos keliuose. Numatytas vieno lygio sankryžų rengimas ir I kategorijos keliuose. Pagal individualius projektinius sprendinius rengiamos ir visose valstybinės reikšmės ir vietinės reikšmės Iv kategorijos bei sudėtingose IIv, IIIv kategorijų kelių sankryžose.

Vadovaujantis statybos rekomendacijomis R 36-01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001, skirtingų lygių sankryžos rengiamos AM kategorijos keliuose - visais atvejais. I kategorijos kelių susikirtimuose su I - III kategorijų keliais – visais atvejais. II ir III kategorijos keliuose – išimtiniais atvejais, techniškai ir saugaus eismo atžvilgiais pagrindus.

Automobilių kelių vieno lygmens sankryžos būna paprastosios (trišalės, keturšalės) (2 pav.), žiedinės ir šakotinės (su paplatinta važiuojamąja dalimi, su papildomais keliais į šoną sukantiems automobiliams). Skirtingų lygmenų sankryžos būna trimito, kriaušės, dobilo lapo, žiedinės, linijinės, kilpinės, 3 lygmenų, turbininės ir 4 lygmenų (3 pav.).



2 pav. Vieno lygio sankryžos su elementais: a) trišalė, b) keturšalė



3 pav. Pagrindinės skirtingų lygių sankryžų formos

Trimito formos sankryžos, pagal statybos rekomendacijas R 36-01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001, statybinių išlaidų atžvilgiu yra ekonomiškiausios (3 paveikslo a), b)). Kelio padėties suvokimui pagerinti taikytinos atvirkštinės kreivės. Jei dėl vietos sąlygų negalima pritaikyti kairiosios trimito formos (3 pav. a) schemos I variantas), tai išimtiniais atvejais taikoma dešinioji forma (a) schemos II variantas). Šios formos trūkumas yra tas, kad iš įsijungiančio kelio kairėn sukančios automobiliai turi važiuoti trasa, kurios kreivių seka turi mažėjančius spindulius. Dešinėsios trimito formos galima išvengti pritaikant kriaušės formą (3 pav. b) schema).

Trišalės trikampio formos sankryžoje (3 pav. c) schemos), pagal statybos rekomendacijas R 36 - 01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001, visi kairieji posūkiai ypač tiesioginiai. Plotų poreikis ir statybos išlaidos didesnės negu trimito formos sankryžos. Ypatingas trišalės sankryžos atvejis - kelių išsiskaidymas, kuriame atsisakoma dviejų mažai intensyvaus eismo krypčių (pvz., S ir T).

Keturšalės sankryžos Dobilo lapo formos sankryžos (3 pav. d) schema), pagal statybos rekomendacijas R 36 - 01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001, statybos išlaidų atžvilgiu yra ekonomiškiausia magistraliniams keliams sujungti. Ji tinkama, kai reikiamo ilgio persirikiavimo ruože eismo intensyvumas yra ne didesnis kaip 1500 aut./h. Įvairūs projektiniai sprendiniai taikomi atsižvelgiant į vietos sąlygas ir prognozuojamą eismą.

Patobulintos dobilo lapo formos sankryžos su sklandžiomis pusiau tiesioginėmis kairiųjų posūkių trasomis, pagal statybos rekomendacijas R 36 - 01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001, pasirenkamos tada, kai eismo intensyvumas persirikiavimo ruože didesnis kaip 1500 aut./h arba sankryžos zonoje reikia pagerinti eismo sąlygas (3 pav. e) ir f) schemos).

Maltos kryžiaus formos sankryža, pagal statybos rekomendacijas R 36 - 01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001, su centriniu 4 lygių viaduku tinka tais atvejais, kai yra didelis aukščių skirtumas tarp susikertančių automagistralių. Pakeitus kairiųjų posūkių trasas, galima suprojektuoti variantus su trimis lygiais (3 pav. g) schema).

Pusės dobilo lapo formos sankryžoje, pagal statybos rekomendacijas R 36 - 01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001, jungiamieji keliai išdėstomi dviejuose kvadrantuose (3 pav. h) schema). I variante pavaizduota sankryža laikoma tipine neužstatytose teritorijose, kai šalutinis valstybinės reikšmės kelias yra III, IV (ypatingais atvejais V) kategorijos. II variante jungiamieji sankryžos keliai ištęsti išilgai šalutinio kelio, kad kairiajam posūkiui būtų galima suformuoti atskiras juostas.

Rombo formos sankryžose (3 pav. k) schema), pagal statybos rekomendacijas R 36 - 01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001, abu susikertantys keliai kiekviename kvadrante susiejami tiesioginiais vienos krypties jungiamaisiais keliais. Dėl mažo plotų poreikio ir mažo sankryžos ištęsimo pagal šalutinį kelią rombo formos schemos ypač tinka gyvenvietėse, labai intensyvaus eismo sankryžose, kai eismas reguliuojamas šviesoforais.

1.2.2. Žiedinių sankryžų tipai

Žiedinės sankryžos yra tokios sankryžos, kuriose automobilių eismas vyksta ratu aplink centrinę salelę viena kryptimi, viena arba keliomis eismo juostomis. Pirmumo teisę turi automobiliai, važiuojantys žiedu.

Pasaulyje sutinkami žiedinių sankryžų tipai:

„Sukamoji sistema“ („Gyratory systems“)– sankryža yra didelė ir joje naudojamas nestandartinis horizontalus ženklavimas ar nestandartinis prioritetų nustatymas, centrinėje salelėje gali būti statinių (4 pav.). Tokiam žiedinės sankryžos tipui reikia apie 30 000 m² ploto. Toks žiedinės sankryžos tipas naudojamas JAV ir Didžiojoje Britanijoje (prieiga per internetą (<http://en.wikipedia.org/wiki/Roundabout>)).



4 pav. „Sukamoji sistema“, Londonas, Didžioji Britanija (prieiga per internetą (<http://en.wikipedia.org/wiki/Roundabout>))

„Mini“ – žiedinė sankryža („Mini-Roundabouts“) –tai ypač maža žiedinė sankryža (5 pav.), kurios vidinės salelės skersmuo nedidesnis kaip 4 m. Dažniausiai būna su iki 1 m pločio vidiniu žiedu, kitaip vadinamu „sunkvežimio prijuoste“. Ji skirta lengviesiems automobiliams kontroliuoti, nuo trumpesnio kelio pasirinkimo ir sunkvežimiams lengviau prisitaikyti prie apsisukimo spindulių. Tačiau šie mini žiedai

nēra patogūs autobusams ar kitom didžiagabaritēms transporto priemonēms (prieiga per internetu (<http://en.wikipedia.org/wiki/Roundabout>)). Pagal „R ISEP“ rekomendācijas mini žiedinē sankryža vadinama mažā žiedinē sankryža, kurios centrīnē salelē projektuoja tāp, kad jā būt galima pervažiūoti ant jos užvažiūojant. Dažniausiai īrengiamos 30 km/h greičio zonose.



5 pav. Mini – žiedinē sankryža, Didžioji Britanija (prieiga per internetu (<http://en.wikipedia.org/wiki/Roundabout>))

„Lietaus lašo“ („Raindrop Roundabouts“) –šiose žiedinēse sankryžose nesudaromas pilnas ratas ir yra „lietaus lašo“ formos (6 pav.). Magistraliū susikirtimuose suteikiamas nevaržomas posūkis į kairę ir eliminuojami posūkio ženklai, eismo juostų ženklīnimas. Iš įvažiavimo į žiedą ir išvažiavimo iš jo važiūojama viena žiedo puse, todėl pilnas ratas yra nereikalingas. Įvažiūojant į žiedą nesusidaro spūstys, nes vairuotojui nereikia duoti kelio prieš įvažiūojant į žiedą. Tokio tipo sankryžos dažniausiai īrenginėjamos Jungtinēse Amerikos Valstijose (prieiga per internetu (<http://en.wikipedia.org/wiki/Roundabout>)).



6 pav. „Lietaus lašo“ formos žiedinė sankryža, Šiaurės Karolina (prieiga per internetą

(<http://en.wikipedia.org/wiki/Roundabout>))

„Turbo“ žiedinė sankryža („Turbo Roundabouts“) (7 pav.) - tinkamas sprendimas neužstatytose teritorijose, kur susikerta didelio eismo intensyvumo kelias su mažesnio intensyvumo keliu. Turbo žiedinės sankryžos yra sąlygiškai tinkamas sprendimas ir užstatytose teritorijose. Norint įrengti turbo žiedinę sankryžą užstatytose teritorijose, pirmiausia reikia spręsti problemas, susijusias su nemotorizuotų eismo dalyvių eismo sauga (Tollazzi 2010).



7 pav. „Turbo“ žiedinė sankryža, Olandija (Tollazzi 2010)

Turbininių žiedinių sankryžų ypatumai (Wijk 2009):

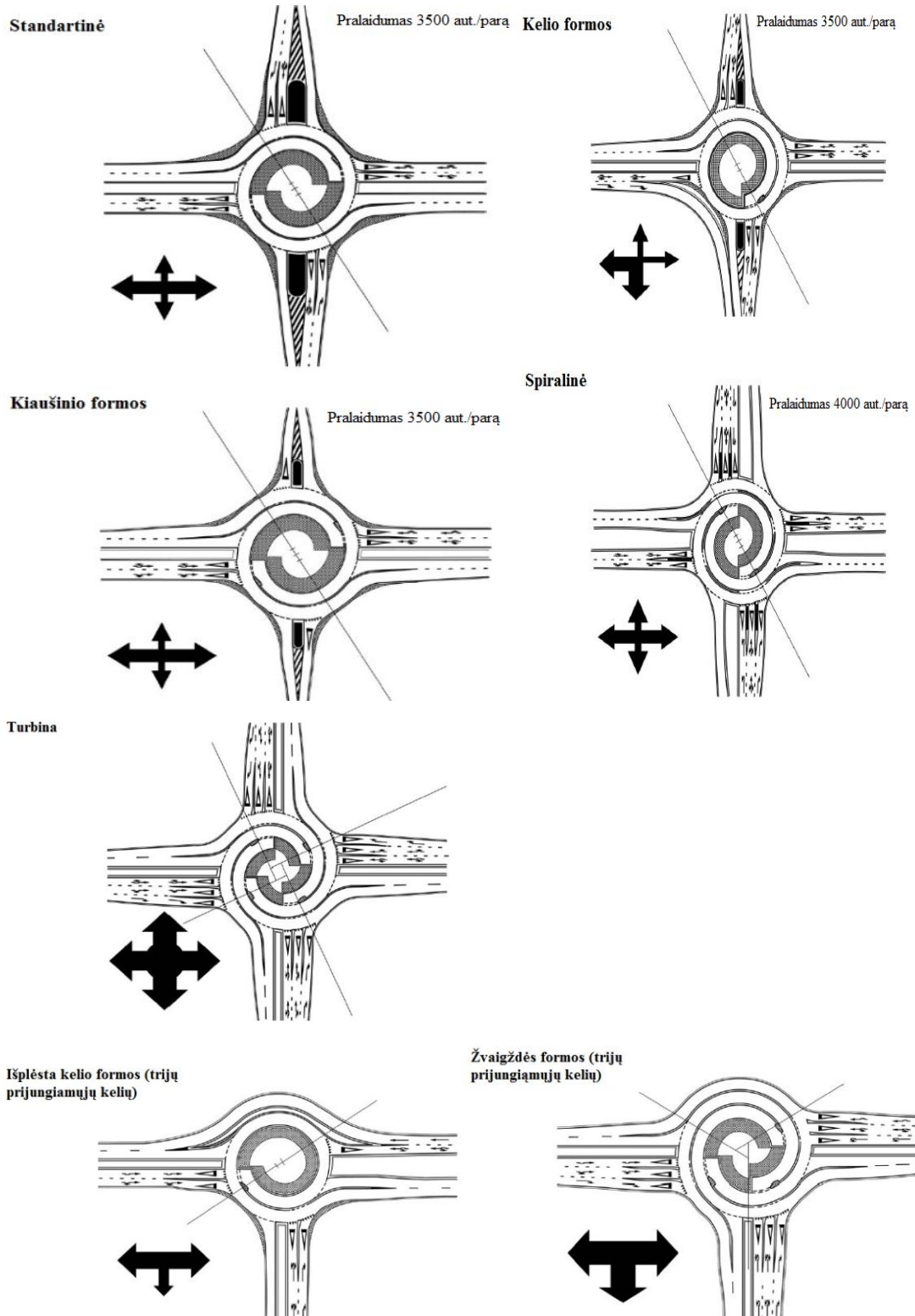
- ✓ daugiau nei viena važiavimo juosta žiedinėje dalyje;
- ✓ kelią eismui reikia duoti daugiausiai dvejose važiavimo juostose;
- ✓ nebėra persirikiavimo (persipynimo) žiedinės sankryžos važiuojamojoje dalyje;
- ✓ tinkama juosta turi būti pasirinkta dar prieš įvažiuojant į turbininę žiedinę sankryžą;
- ✓ išvažiuojama iš turbininės žiedinės sankryžos per pirmiau pasirinktą važiavimo juostą.

Turbininės žiedinės sankryžos yra sąlygiškai tinkamas sprendimas šiais atvejais (Tollazzi 2010):

- ✓ esančios perkrauto eismo vienos važiavimo juostos žiedinės sankryžos, kurių dydis (išorinis spindulys) leidžia įrengti papildomą važiavimo juostą viduje arba yra pakankamai vietos įrengti dar vieną važiavimo juostą išorėje;
- ✓ esančios perkrauto eismo dviejų važiavimo juostų žiedinės sankryžos;
- ✓ esančios mažiau saugaus eismo dviejų važiavimo juostų žiedinės sankryžos;
- ✓ klasikinės sankryžos su vyraujančia pagrindinio eismo kryptimi, kuriavyksta labai intensyvus eismo srautas, rekonstrukcija.

Visais šiais atvejais turbininės žiedinės sankryžos tipo pasirinkimas priklauso nuo vyraujančios pagrindinio eismo srauto krypties. Būtent, vyraujanti pagrindinio eismo srauto kryptis yra svarbiausias kriterijus pasirenkant turbininės žiedinės sankryžos tipą (Tollazzi 2010).

Įvairių tipų „turbo“ žiedinės sankryžos yra parodytos 8 pav.



8 pav. „Turbo“ žiedinių sankryžų tipai (Tollazzi 2010)

Turbininė žiedinė sankryža, lyginant su kitomis žiedinėmis sankryžomis (Wijk 2009):

- ✓ Didina sankryžos pralaidumą:
 - ✓ 1,5–2,5 karto didesnis nei vienos eismo juostos žiedinės sankryžos,
 - ✓ 1,0–1,5 karto didesnis nei dviejų eismo juostų žiedinės sankryžos,
 - ✓ sugaištama ir pralaukiama mažiau laiko nei reguliuojamoje sankryžoje.
- ✓ Didina kelio saugumą sankryžoje:
 - ✓ saugiau nei sankryžose su pirmumo ženklais ($\pm -70\%$),
 - ✓ saugiau nei sankryžose su šviesoforais ($\pm -50\%$),
 - ✓ tačiau mažiau saugios nei vienos juostos žiedas ($\pm +20\ldots 40\%$).
- ✓ Beveik toks pat ploto poreikis (m^2) kaip ir reguliuojamojoje sankryžoje.
- ✓ Investicinės sąnaudos:
 - ✓ konstrukcija kainuoja brangiau nei šviesoforai,
 - ✓ išlaikymas pigesnis.

Turbininių žiedinių sankryžų charakteristikos, susijusios su patogumu vairuotojams (Fortuijn 2007):

- ✓ Taikant apskritimus su kintamais centro taškais, eismas vyksta sklandžiai. Vairavimo patogumas yra optimizuojamas nustatant „slenkamosios ašies“ (tai yra ašis, apie kurią išdėstomi skirtingi centriniai taškai) padėtį taip, kad visų tiesiai važiuojančių transporto priemonių nuokrypis (taigi ir greitis) būtų maždaug toks pats.
 - ✓ Važiavimo juostos turi būti tokio pločio, kad 16,5 m ilgio sunkvežimis galėtų pravažiuoti žiedinę sankryžą nesinaudodamas paaukštintu vidiniu žiedu.
 - ✓ Naudodamiesi įrengtu paaukštintu vidiniu žiedu 28 m ilgio sunkvežimiai su valdomomis galinėmis ašimis taip pat galėtų pravažiuoti žiedinę sankryžą.
 - ✓ Maršrutinis orientavimas, kelių ženklinimas ir važiavimo juostų informacija turi būti nuosekli ir pasiūlyti artėjančiam prie žiedinės sankryžos vairuotojui optimalią informaciją, kad būtų galima pasirinkt teisingą važiavimo juostą.

„Greitkelių žiedai“ („Motorway Roundabouts“) nėra tinkami įsilieti į greitkelius ar į autostradas, tačiau jų tikslas sklandžiai suteikti nepertraukiamą eismą. Šie žiedai (9 pav.) dažniausiai naudojami kelių išsišakojimuose arba kelių susikirtimuose, sankryžose. Atskiras žiedas gali būt naudojamas tam, kad būtų galima atsiskirti nuo pagrindinio žiedo. Tokie žiedai dažniausiai įrengiami Didžiojoje Britanijoje. Arba atskiri žiedai, sujungti atsišakojusiais keliais, naudojami šiaurės Amerikoje, o Europoje - platiems ir sudėtingiems tiltams (prieiga per internetą (<http://en.wikipedia.org/wiki/Roundabout>)).



9 pav. Žiedinė sankryža „Greitkelių žiedai“, Didžioji Britanija (prieiga per internetą (www.skyscrapercity.com))

„Reguliuojama“ žiedinė sankryža (Controlled Roundabouts) – eismas žiedinėje sankryžoje reguliuojamas šviesoforų pagalba (10 pav.) (prieiga per internetą (<http://en.wikipedia.org/wiki/Roundabout>)).



10 pav. Šviesaforis reguliuojama žiedinė sankryža, Didžioji Britanija (prieiga per internetą (<http://uk.reuters.com>))

„Stebuklinga“ žiedinė sankryža („Magic“ Roundabout) – viename dideliame žiede daug mažų žiedų (11 pav.) Svindone įrengta garsiausia, vadinamoji *Magic Roundabouts* sankryža. Ši žiedinė sankryža sudaryta iš pagrindinio žiedo ir aplink jį įrengtų 5 mažesnių žiedų, į kuriuos įvažiuojama iš 6 gatvių (prieiga per internetą (<http://en.wikipedia.org/wiki/Roundabout>)).



11 pav. „Stebuklinga“ žiedinė sankryža, Didžioji Britanija (prieiga per internetą (www.skyscrapercity.com))

„Žiedinė sankryža su tramvajumi“ („Roundabouts with Trams“) tramvajaus bėgiai visada kerta centrinę žiedinės sankryžos salą (12 pav.). Automobilių vairuotojai privalo duoti kelią važiuojančiam tramvajui visada, ne tik važiuojančiam iš dešinės, bet ir iš kairės. Mažos vidinės salos nėra tokios problematiškos, kaip didelės. Didelių žiedinių sankryžų (13 pav.) vidinės salos yra labai didelės, dažniausiai viduryje būna įrengtos sustojimo stotelės, įrengti eismo valdymo signalai šviesaforai, kurie stabdo pėsčiųjų ir automobilių eismą, praleisti tramvajus, o po to ir pėsčiuosius (prieiga per internetą (<http://en.wikipedia.org/wiki/Roundabout>)).



12 pav. Žiedinė sankryža su tramvajaus linija, Lenkija (prieiga per internetą (www.swindonweb.com))



13 pav. Vidinėje saloje įrengta sustojimo stotelė, šviesoforais valdomas eismas, Alikantė, Ispanija (prieiga per internetą (www.polishforums.com))

„Žiedinė sankryža su geležinkeliu” („Roundabouts with Railways“) – centrinė sala yra kertama geležinkelio bėgiais (14 pav.), centrinė sala dalinama pusiau, automobilių transportas stabdomas/reguliuojamas išpėjamaisiais signalais ir užtvaros užkarda (prieiga per internetą (<http://en.wikipedia.org/wiki/Roundabout>)).



14 pav. Žiedinę sankryžą kerta geležinkelio bėgiai, Jensenopapludimys, Florida (prieiga per internetą (<http://www.tcrpc.org.com>))

„Mėsainio formos“ žiedinė sankryža („Hamburger / Cut-Through Roundabout“) – sankryža panaši į kitas, tačiau turi atskirą važiuojamąją dalį pagrindiniam keliui, kuris eina statmenai žiedinės sankryžos (15 pav.). Mėsainio pavadinimas kilęs dėl sankryžos formos, tiksliau jos skerspjuvio formos panašumo į mėsainį. Pažangesnė ir saugesnė „mėsainio“ tipo sankryža yra sankryža persimainanti, atskirianti tiesius važiuojamosios dalies kelius, kertant žiedinę sankryžą tuneliu arba viaduku (prieiga per internetą (<http://en.wikipedia.org/wiki/Roundabout>)).



a) Haydock Island in Merseyside, Anglija b) A580 East Lancashire Road in St Helens, Anglija

15 pav. „Mėsainio“ tipo žiedinė sankryža

„Dviguboji“ žiedinė sankryža („Double roundabout“) (16 pav.) dažniausiai įrengiama, kai norima sujungti du lygiagrečiuosius kelius, kuriuos skiria upė, geležinkelis ar kt. arba kai keliai susikerta tokiu kampu, kad neįmanoma įrengti vienos žiedinės ar kito tipo sankryžos; kai norima padidinti vienos žiedinės sankryžos laidumą, siekiama sujungti daugiau kelių (Juzėnas ir kt. 2009).



16 pav. „Dvigubosios“ žiedinės sankryžos (Juzėnas ir kt. 2009)

1.2.3. Žiedinės sankryžos Lietuvos keliuose

Lietuvoje pirmoji mažoji sankryža įrengta Kėdainiuose 1998 m. Žiedinės sankryžos, suteikiančios tinkamas darniojo saugaus eismo sąlygas, užmiesčio valstybiniuose keliuose su sunkiasvorio tranzitinio transporto eismu buvo pradėtos rengti 2001 m. Nuo 2001 iki 2010 m. įrengta 30 žiedinių sankryžų, artimiausiu metu planuojama įrengti dar apie 40. Tai priklausys nuo finansinių Lietuvos kelininkų galimybių. Tokio tipo sankryžų įrengimo kokybė labai aktuali Lietuvos kelių tinklo plėtotės ir pertvarkymo tendencijų aspektu, svarbi vertinant išskirtinę magistralinių ir krašto kelių, teikiančių mobilumo ir pasiekiamumo paslaugas, reikšmę, kurią nulemia tam tikri jų specifiniai bruožai, būdingi atitinkamo funkcionalumo keliams, reikalavimai eismo saugumui garantuoti įvairios paskirties keliuose. Nuo 2005 iki 2008 m. keliuose buvo rengiamos tik mažosios žiedinės sankryžos, kuriose vidinio žiedo (centrinės salelės) spindulio vidutinė reikšmė buvo 13,8 m, o atskirose sankryžose kitėja nuo 7 iki 20 m (Juzėnas ir kt. 2009).

Sankryžos statomos daugiausia itin avaringose vietose, kur susiformavusios „juodosios dėmės“ ir kiti pavojingi ruožai. Įvykių analizė parodė labai gerus rezultatus – tose vietose avaringumas sumažėjo beveik 95 %. Po įrengimo tik dviejose sankryžose įvyko 3 įskaitiniai eismo įvykiai, kurių metu niekas nežuvo, tik nesunkiai susižeidė. Analizuojant tokias avarijas paaiškėjo, kad jas dažniausiai sukelia ne infrastruktūros trūkumai, o tiesiog vairuotojų neatidumas (Skrodenis ir kt. 2010).

Lietuvos kelių tinklo plėtotės ir pertvarkymo tendencijų požiūriu, vertinant išskirtinę tranzitinių (magistralinių) ir skirstomųjų (krašto) kelių, teikiančių mobilumo ir pasiekiamumo paslaugas, reikšmę, kurią nusako tam tikri specifiniai jų bruožai, būdingi įvairaus funkcionalumo keliams. Lietuvos kelius įtraukiant į tarptautines tranzito arterijas būtina rekonstruoti įvairių tipų kelių sankryžas. Geriausias būdas, suteikiant tinkamas darniojo saugaus eismo sąlygas vieno lygio sankryžose, yra žiedinės sankryžos, kurios valstybiniuose užmiesčio keliuose su vyraujančiu sunkiasvorio tranzitiniu transportu įrengiamos vis dažniau nei prieš keletą metų (Juzėnas ir kt. 2009).

Pagal statybos rekomendacijas R 36-01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001, žiedinės sankryžos skirstomos į mažąsias ir didžiąsias žiedines sankryžas. Vadovaujantis inžinerinėmis saugaus eismo priemonių projektavimo ir naudojimo rekomendacijomis „R ISEP 10“ žiedinės sankryžos skirstomos į tris tipus: mažąsias, vienos eismo juostos ir dviejų eismo juostų žiedines sankryžas.

Lietuvoje pats populiariausias žiedinės sankryžos tipas yra vienos juostos žiedinė sankryža. Gyvenvietėse statomos mini žiedinės sankryžos. Tik pastaruoju metu pradėtos projektuoti ir statyti kintamo eismo juostų skaičiaus žiedinės sankryžos, tuose susikirtimose, kuriuose vienos juostos žiedai negali užtikrinti projekcinio eismo intensyvumo. Kadangi „turbo“ sankryžos sėkmingai funkcionuoja Vakarų Europoje, nutarta jas išmėginti ir mūsų šalyje. Tuo tarpu dviejų eismo juostų žiedinių sankryžų Lietuvoje šiuo metu neįrengta (Čibirka 2010).

Žiedinių sankryžų klasifikacija (Čibirka 2010):

1) Vienos eismo juostos žiedinė sankryža (standartinė). Vidutinis pralaidumas 25000 aut./parą;

2) Dviejų eismo juostų žiedinė sankryža, taikoma kuomet reikia didesnio pralaidumo. Saugumo užtikrinimui visada rengiami iš dviejų juostų žiedo vienos juostos išvažiavimai. Šio tipo sankryža užtikrina vidutinį 30000 aut./parą pralaidumą;

3) Žiedinės sankryžos su kintamu eismo juostų skaičiumi („turbo“). Naudojama kaip alternatyva dviejų eismo juostų sankryžoms.

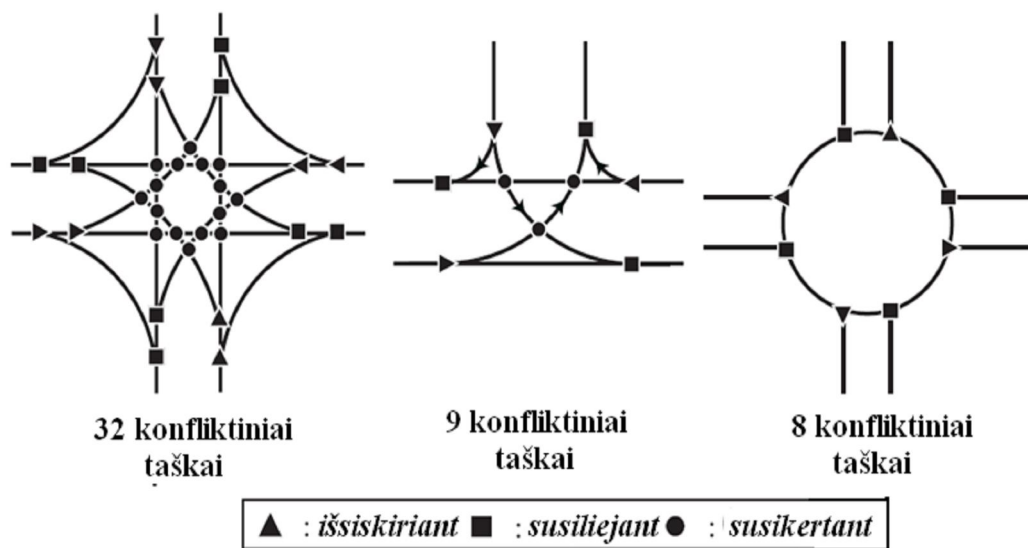
4) Mini žiedinė sankryža. Naudojama gyvenvietėje, 30 km/h greičio zonose.

Šiuo metu Lietuvoje yra įrengta viena „Turbo“ žiedinė sankryža prie Šiaulių ir dar dvi planuojama įrengti prie Trakų, kita prie Birštono. Lietuvos kelių specialistai bandys įvertinti, ar mūsų šalies sąlygomis sankryžos su kintamu eismo juostų skaičiumi bus tokios pat efektyvios kaip ir Vakarų Europoje. Jeigu pavyks išvengti didesnių problemų, neabejojama, kad „turbo“ tipo sankryžų skaičius Lietuvoje augs. Eismo juostų atskyrimui naudojami betoniniai ar granitiniai blokėliai pakelti virš dangos arba frezuotos raudonais dažais dažytas asfaltas.

1.2. MOKSLO DARBŲ, SUSIJUSIŲ SU ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ PROJEKTAVIMU, APŽVALGA

Modernių sankryžų saugumas lyginant su kitų tipų sankryžomis

Paprasta trišalės formos sankryža turi 9 taip vadinamus konfliktinius taškus, kuriuose susikerta eismo srautai. Paprasta keturšalė sankryža (nesvarbu, ar šviesoforais, ar ženklais reguliuojama) turi 32 tokius taškus. O šiuolaikinė moderni keturšalė žiedinė sankryža su viena juosta įvažiavimui ir viena – išvažiavimui (viena juosta žiede) turi tik 8 konfliktinius taškus (17 pav.). Moderni trišalė žiedinė sankryža turi tik 6 konfliktinius taškus. Dėl mažesnio konfliktinių taškų skaičiaus eismo įvykio tikybė žiedinėje sankryžoje yra kelis kartus mažesnė (Skrodenis ir kt. 2010).



17 pav. Konfliktinių taškų skaičius vieno lygio sankryžose (Skrodenis ir kt. 2010)

Įvairiais tyrimais nustatyta, kad moderniose žiedinėse sankryžose optimalus greitis turėtų būti ne didesnis nei 16-30 km/h. Jei važiuojant nurodytu greičiu įvyktų eismo įvykis, toks eismo įvykis dažniausiai būtų tik techninis – niekas nesusižeistų ir nežūtų. Tuo tarpu paprastose trišalėse, keturšalėse ir šviesoforais reguliuojamose sankryžose nėra jokių fizinių kliūčių priveršiančių vairuotojus sumažinti greitį, netgi jei dega ir raudonas šviesoforo signalas (Skrodenis ir kt. 2010).

Modernios žiedinės sankryžos nuo įprastų žiedinių sankryžų skiriasi savo dydžiu ir geometriniais parametrais (įvažiavimo ir išvažiavimo trajektorijos, eismo juostų pločiai). Modernios žiedinės sankryžos yra žymiai mažesnės ir kompaktiškesnės. Moderniose žiedinėse sankryžose gatvių, įsijungiančių į žiedą, ašys įsikerta kiek įmanoma statesniu kampu, o seno tipo žieduose gatvės į žiedą įsilieja smailiu kampu. Kai ašys įsikerta statesniu kampu vairuotojas geriau mato žiedu atvažiuojančius automobilius, taip pat užtikrinamas mažesnis įvažiavimo į sankryžą greitis. Tokioms sankryžoms įrengti reikalingas gerokai mažesnis žemės plotas, o tai pastaruoju metu labai aktualu, ypač miestuose. Seno tipo sankryžų

įvažiavimų ir išvažiavimų eismo juostos yra itin plačios, todėl jose laisvai gali tilpti ne vienas, o keli automobiliai, dėl to padaugėja pavojingų situacijų. Maža to, dėl didelio skersmens ir sklendaus įvažiavimo į seno tipo žiedą, jame gali būti išvystomas didelis greitis, siekiantis net iki 70 km/h. Taip nukenčia ne tik saugumas, bet ir sankryžos pralaidumas, nes vienam automobiliui važiuojant tokiu greičiu kiti vairuotojai bijo įvažiuoti į sankryžą (Skrodenis ir kt. 2010).

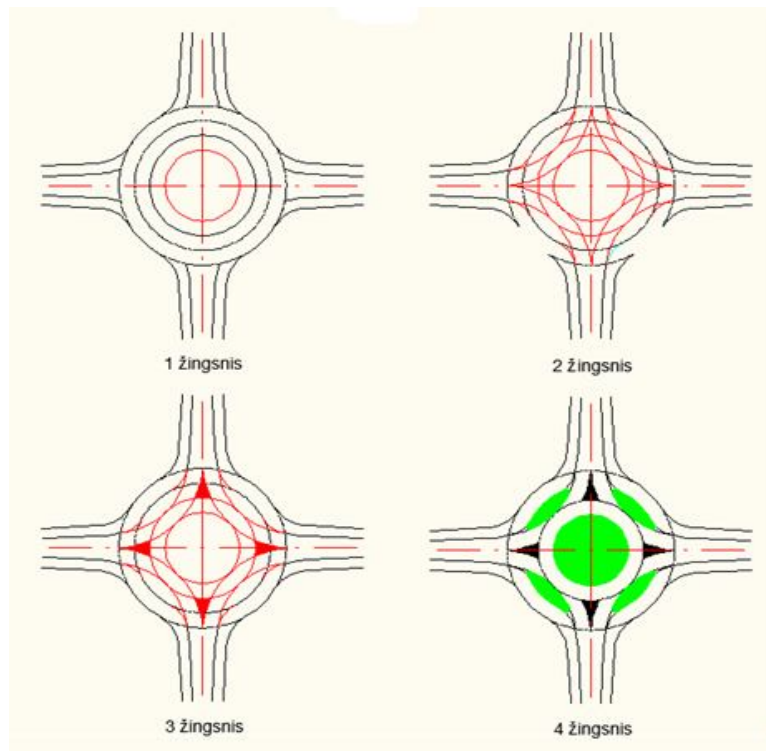
Slovėnų sprendimas įrengti žiedinę sankryžą su atskirtomis dešiniojo posūkio juostomis

Norint sumažinti eismo saugumo problemas „įprastose“ žiedinėse sankryžose su dviem važiavimo juostomis, vienas iš būdų yra mažinti konfliktinių taškų kiekį. Vienas sprendimų yra turbininė žiedinė sankryža. Tačiau, nepaisant mažesnio konfliktinių taškų skaičiaus, jose vis tiek lieka susikertantys konfliktiniai taškai (Tollazzi 2010).

Slovėnijoje įdiegtos turbininės žiedinės sankryžos pasiteisino dėl didelio pralaidumo ir ypač aukštos eismo saugos. Nepaisant to, pastebimas vairuotojų neryžtingumas, kai jie įvažiuoja į turbininę žiedinę sankryžą iš vidinės įvažiavimo juostos. Šitame eismo manevre vairuotojai kerta labai stiprų eismo srautą ir įvažiuoja į antrą, panašaus stiprumo eismo srautą. Todėl susikertančių konfliktinių taškų poveikis yra žymiai didesnis, nei buvo tikėtasi (Tollazzi 2010).

Slovėnų sprendimas įrengti žiedinę sankryžą su atskirtomis dešiniojo posūkio juostomis, pavadintas „gėlės žiedine sankryža“. Viena šios sankryžos ypatybių, tokia pat kaip ir turbininės žiedinės sankryžos – fiziškai atskirtos važiavimo juostos. Kita ypatybė, kad sukantieji į dešinę turi atskirtas savo eismo juostas (18 pav., 4 žingsnis) (Tollazzi 2010).

Fiziškai atskiriant dešiniojo posūkio srautus, gaunama vienos važiuojamosios dalies žiedinę sankryžą, kur (skirtingai nuo turbininės žiedinės sankryžos) nėra susikertančių konfliktinių taškų, tačiau (skirtingai nei „įprastinėje“ dviejų juostų žiedinėje sankryžoje) taip pat nėra ir persirikiavimo konfliktinių taškų (Tollazzi 2010).



18 pav. „Įprastinės“ dviejų juostų žiedinės sankryžos rekonstravimas į „gėlės žiedinę sankryžą“ (Tollazzi 2010)

Lygindami „gėlės žiedinę sankryžą“, „įprastinę“ dviejų juostų žiedinę sankryžą bei turbininę žiedinę sankryžą, slovėnų inžinierai atliko mikro-modeliavimą. Rezultatai parodė, kad nėra jokių reikšmingų skirtumų tarp šių žiedinių sankryžų, esant nedideliems eismo srautams. Grūsties ir laukimo eilės ilgis yra maždaug toks pat. Esant didesniems eismo srautams, „gėlės žiedinė sankryžą“ yra pranašesnė, kai sukančiųjų į dešinę procentas pasiekia pagrindinės eismo srauto krypties transporto priemonių 60% bendro kiekio. T.y. lyginant su kitais dviem žiedinių sankryžų tipais, „gėlės žiedinės sankryžos“ privalumai matyti, kai pagrindinės krypties srauto didžiąją dalį sudaro sukančieji į dešinę. Bet ši žiedinė sankryžą praranda pranašumus tuo atveju, kai yra viršijamas vienos važiavimo juostos žiedinės sankryžos pralaidumas (Tollazzi 2010).

Vokiečių „Turbo“ žiedinė sankryžą be iškilių salelių

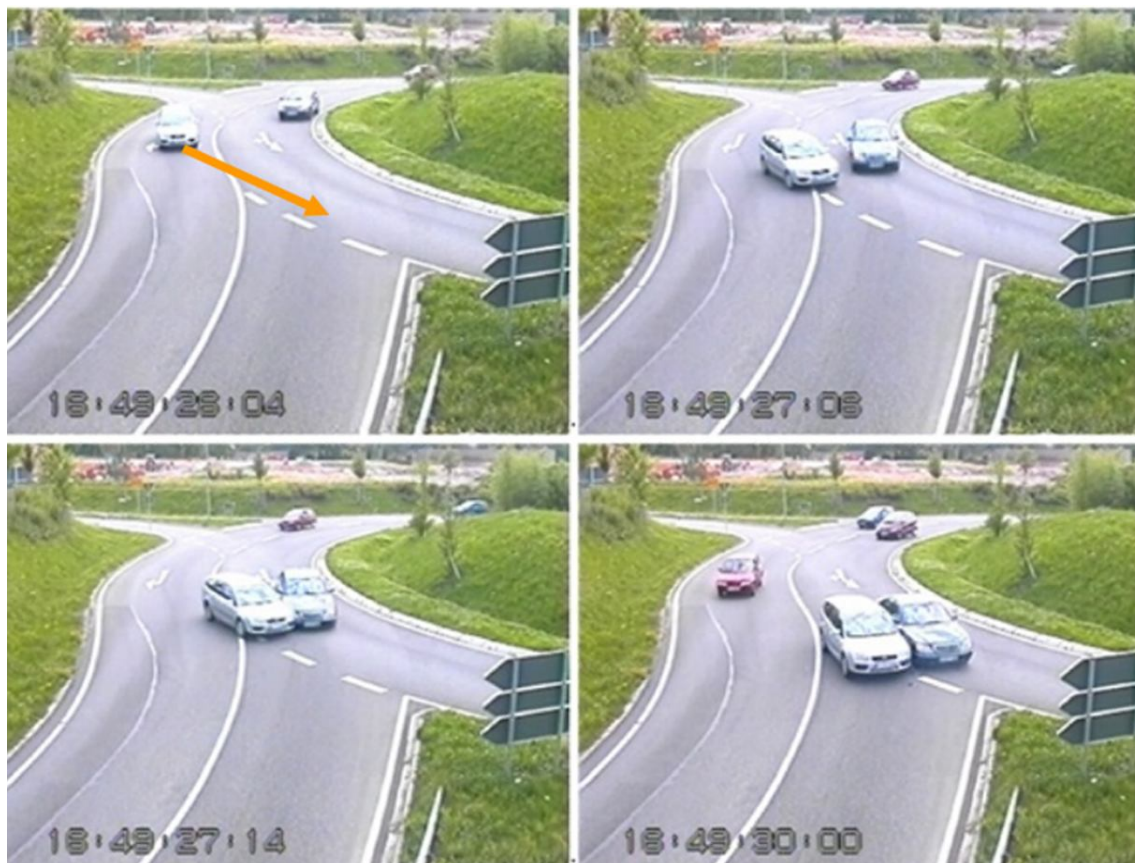
Pirmoji vokiška „Turbo“ sankryžą (19 pav.) pastatyta 2006 m. Baden-Badeno mieste. Eismo intensyvumas sankryžoje 31000 aut./parą (Čibirka 2010)



19 pav. Pirmoji vokiška „Turbo“ sankryža pastatyta 2006 m. Baden-Badeno mieste (Čibirka 2010)

Baden-Badeno „Turbo“ žiedinės sankryžos bruožai(Čibirka 2010):

- ✓ Baden-Badeno žiedas jungia du didelio intensyvumo kelius (keliai iš vakarų į rytų pusę) su dviem mažo intensyvumo keliais;
- ✓ Eismo juostos nėra atskirtos iškilėmis salelėmis;
- ✓ Sankryžoje nevyksta pėsčiųjų ir dviratininkų eismas;
- ✓ Sankryža užtikrina reikiamą pralaidumą, tačiau eismo saugumo atžvilgiu pranašesnė yra olandų „Turbo“ sankryža;
- ✓ Vidutinis eismo įvykių skaičius $1,9 \text{ eism.įv./}10^6$ pravažiuotų automobilių (20 pav.).

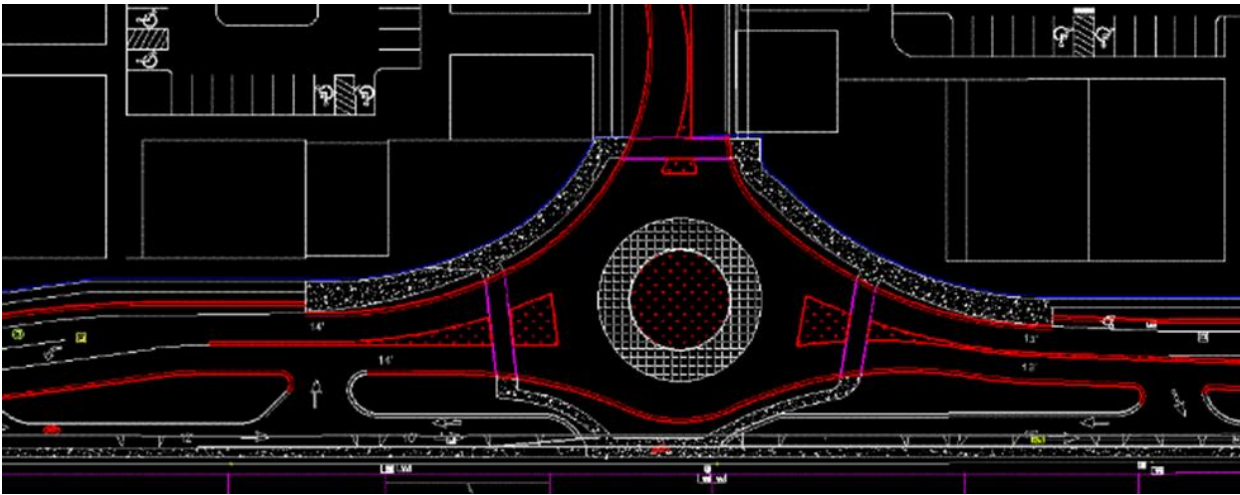


20 pav. Eismo saugumo atžvilgiu nėra tokia saugi (Čibirka 2010)

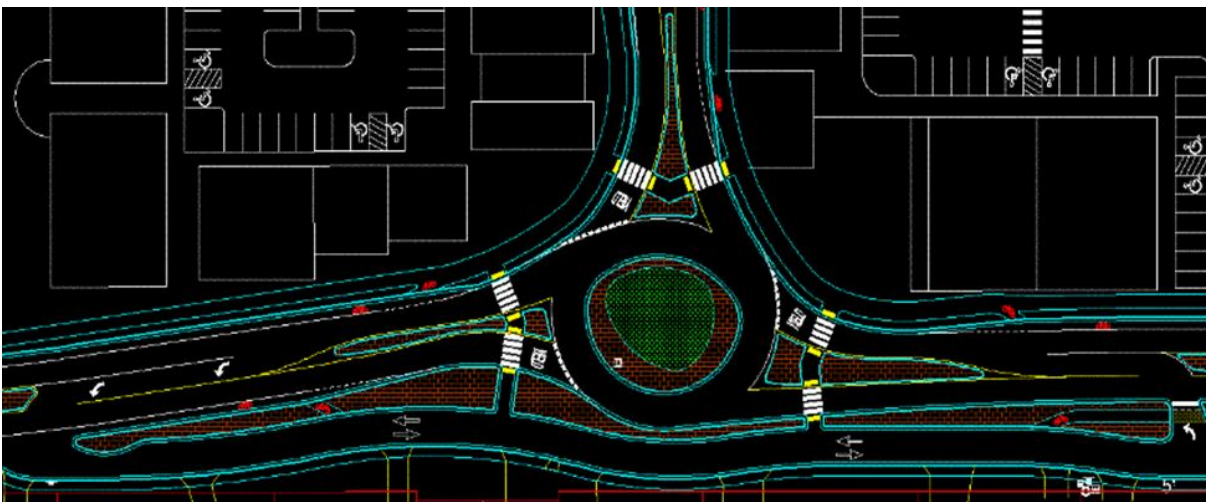
Esant dviem važiavimo juostoms žiedinėje sankryžoje, konfliktinių taškų daugėja, nes daugėja persirikiavimo (persipynimo) taškų. Tai yra viena pagrindinių priežasčių, dėl kurių žiedinėse sankryžose su dviem važiavimo juostomis įvyksta daugiau eismo įvykių nei vienos važiavimo juostos žiedinėje sankryžoje. Kita svarbi avaringumo priežastis yra didesnis važiavimo greitis (Čibirka 2010).

Suprojektuotų žiedinių sankryžų pritaikymas prie vietovės poreikių

Dėl projektuojamų žiedinių sankryžų gausos Didžiojoje Britanijoje ir JAV veikia specialios žiedinių sankryžų projektų patikrinimo įstaigos (roundabout engineering and traffic engineering services). Nuotraukose 21 pav. ir 22 pav. pateiktas pavyzdys kuomet suprojektuota standartinė žiedinė sankryža patikrinama šio tipo sankryžų ekspertų ir žiedas pritaikomas prie vietovės poreikių (saugumo, eismo pralaidumo ir t.t.) (Čibirka 2010).



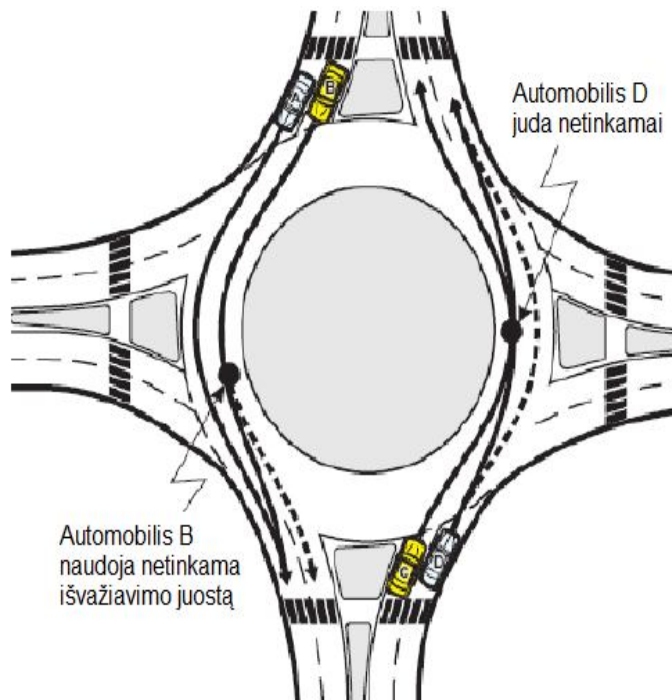
21 pav. Pirminis žiedinės sankryžos projekto variantas (Čibirka 2010)



22 pav. Projektas po žiedinių sankryžų ekspertų patikrinimo (Čibirka 2010)

Olandų patirtis projektuojant „Turbo“ žiedines sankryžas

Didžiojoje Britanijoje ir JAV „Turbo“ žiedinės sankryžos nėra taip paplitusios kaip Olandijoje. Olandai „Turbo“ žiedinių sankryžų pradininkai. Olandijoje dėmesys sutelkiamas tobulinant dviejų eismo juostų žiedus. Keletos važiavimo juostų žiedinėse sankryžose su dviem įvažiavimo išvažiavimo juostomis, eismo saugumo sąlygos nėra tokios geros, kaip „turbo“ žiedinių sankryžų. Paprastose, dviejų eismo juostų žiedinėse sankryžose, konfliktiniai taškai atsiranda kertant žiedinės sankryžos važiavimo juostas įvažiuojant, tai pat persirikiuojant pačioje žiedinės sankryžos važiuojamojoje dalyje, bei patys pavojingiausi – išvažiuojant iš žiedinės sankryžos. Dažniausiai pasitaikančios vairuotojų klaidos dviejų eismo juostų žiedinėse sankryžose pateiktos 23 paveiksle (Čibirka 2010).



23 pav. Netinkamas vairuotojų elgesys nesilaikant savo važiavimo juostos (Čibirka 2010)

Atsisakyta 2-jų eismo juostų žiedinių sankryžų įrengimo. „Turbo“ sankryžose eismo juostos visada atskirtos iškilėmis salelėmis (24 pav.). Skiriamas didelis dėmesys pėstiesiems ir dviratininkams (Čibirka 2010).

Turbininės žiedinės sankryžos privalumas yra tai, kad jos važiuojamojoje dalyje, trumpose atkarpose tarp vieno įvažiavimo ir kito išvažiavimo, nevyksta persirikiavimo procesai. Tai pagerina vairavimo patogumą bei sumažina konfliktinių taškų kiekį (Čibirka 2010).



24 pav. Eismo juostų atskyrimas iškiliosiomis salelėmis, Olandija (Čibirka 2010)

Turbininių žiedinių sankryžų saugumo charakteristikos (Fortuijn 2007):

- ✓ Naudojant spiralines juostas nebelieka susikirtimo, išvažiuojant iš žiedinės sankryžos antros juostos, konfliktų;
- ✓ Žiedinėje sankryžoje nėra daugiau kaip 2 besitęsiančių važiavimo juostų;
- ✓ Naudojant nedideli diametrą žiedinėje sankryžoje užtikrinami maži greičiai;
- ✓ Įrengus eismo juostų atskyrimo salelę, išvengiama susidūrimų, persirikiuojant iš vienos važiavimo juostos į kitą;
- ✓ Siekiant sumažinti važiuojančių tiesiai per žiedinę sankryžą greičius, reikėtų taikyti tinkamą skiriančiosios salelės (prisijungimo keliuose) plotį ir žiedinės sankryžos spindulio santykį.

Lenkų patirtis projektuojant Opolės „Turbo“ žiedinę sankryžą

Pirmoji Lenkijos „Turbo“ žiedinė sankryža Opolė pradėjo funkcionuoti 2009 metais (25 pav.). Žiedinė sankryža įrengta krašto kelyje su aukštu eismo intensyvumu. Iki rekonstrukcijos per metus įvykdavo 80-150 eismo įvykių. Po įrengimo jų skaičius sumažėjo 80%, nei vieno mirtino eismo įvykio. Sankryžos pralaidumas iki 6000 aut./val., įrengimo kaina apie 4 mln. zlotų (Čibirka 2010).



25 pav. Lenkijos pirmoji „turbo“ žiedinė sankryža „Opolė“ (Čibirka 2010)

Lenkijoje pirmoji turbininė žiedinė sankryža buvo įrengta be važiavimo juostos atskyrimo salelių, eismas joje organizuojamas tik ženklinimu. Po rekonstrukcijos šioje sankryžoje 80 % sumažėjo eismo įvykių skaičius, visgi pastebėta, kad žiemos metu eismas šioje sankryžoje vyksta netvarkingai bei esant neintensyviai eismui vairuotojai pasirenka trumpiausią sankryžos pravažiavimo kelią, sukeldami avaringas situacijas (Čibirka 2010).

Australų Naujojo Pietų Velso kelių ir eismo institucija rekomenduoja betono dangas žiedinėse sankryžose

Betono dangas rekomenduoja naudoti didelio eismo intensyvumo sankryžose, kuriose didelis judėjimas, daug posūkių (manevrų) (26 pav.). Vietose, kuriose eismo sauga yra prioritetinė, turi būti užtikrintas geras matomumas tiek dienos, tiek nakties metu. Eismo sutrukdymas būtų minimalus, danga nereikalautų daug priežiūros (Walkes 2005).

Betono dangų kokybė priklauso nuo naudojamų medžiagų, betono mišinio projekto, kelio dangos projekto, kelio dangų įrengimo (Walkes 2005). Betono dangas įrengti žymiai sudėtingiau nei asfaltbetonio, atsižvelgiant į kokybę ir patį įrengimą.



26 pav. Betono dangos konstrukcija, Australija (Walkes 2005).

Tačiau eksploatacijos metu jos turi daugiau privalumų (Walkes 2005):

Atsparumas ir ilgaamžiškumas: dangų atsparumas paviršiaus deformacijoms, provėžoms, atspari slydimui;

Lengva statyba: lengvaformuoti ir lieti, vieno sluoksnio konstrukcija, nereikalauja būtintankinama;

Eksplotavimo išlaidos: minimalus priežiūros reikalavimas; eksploataavimo metu nereikalingas naujo sluoksnio liejimas;

Apšvietimas: sumažina apšvietimo reikalavimus; didina matomumą žiede;

Saugumas: didina matomumą; ilgai išliekanti dangos paviršiaus struktūra;

Draugiškumas aplinkai: naudojamos perdirbtos, vietinės medžiagos; vėsesnė paviršiaus temperatūra negu asfalto dangų.

1.4.DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

Darbo tikslas – atlikti užsienio šalių bei Lietuvos žiedinių sankryžų projektavimo metodikos apžvalgą.

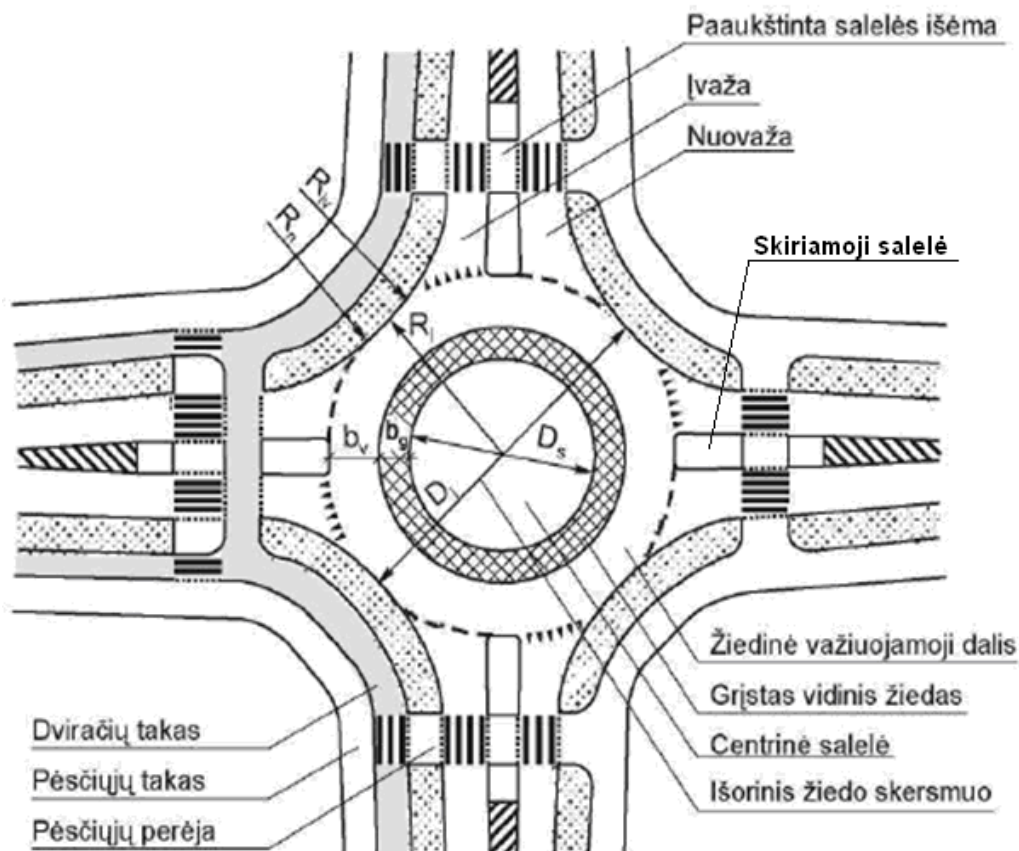
Darbo tikslui pasiekti keliama uždaviniai:

- ✓ Apžvelgti automobilių kelių transporto eismo srautų reguliavimą, automobilių kelių sankryžų rūšis;
- ✓ Apžvelgti Lietuvos bei užsienio šalių projektavimo norminius dokumentus;
- ✓ Atlikti mokslo darbų susijusių su žiedinių sankryžų projektavimu apžvalgą;
- ✓ Išnagrinėti žiedinių sankryžų elementus;
- ✓ Išanalizuoti žiedinių sankryžų naudojimo kriterijus;
- ✓ Išanalizuoti žiedinių sankryžų projektavimo principus;
- ✓ Atlikti žiedinių sankryžų laidumo tyrimą;
- ✓ Pateikti išvadas ir rekomendacijas.

2. ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ PROJEKTAVIMO KRITERIJAI

2.1. ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ ELEMENTAI

Žiedinės sankryžos yra tokios sankryžos, kuriose automobilių eismas vyksta ratu aplink centrinę salelę viena kryptimi, viena arba keliomis eismo juostomis. Pirmumo teisę turi automobiliai, važiuojantys žiedu. Pagrindiniai žiedinės sankryžos elementai pateikti 27 pav.



27 pav. Žiedinės sankryžos elementai: D_s – centrinės salelės skersmuo; D_i – išorinio žiedo skersmuo; R_i – išorinio žiedo spindulys; b_g – grįsto vidinio žiedo plotis; b_v – važiuojamosios dalies plotis; R_j – įvažos į žiedą spindulys; R_n – nuvažos spindulys

Projektuojamoje žiedinėje sankryžoje kai kurių elementų gali ir nebūti, taip pat gali būti koreguojami parametrai atsižvelgiant į eismo intensyvumą ir sudėtį.

Vidinė (centrinė) salelė

Vidinė salelė yra žiedo centre, kurią apvažiuoja transporto priemonės. „Mini“ žiedinėje sankryžoje salelė gali būti pervažiuojama. Vidinė salelė yra eismo kliūtis ir todėl svarbu, kad ji būtų atpažįstama iš būtino sustojimo matomumo atstumo. Daugelyje šalių rekomenduojama tyčia trukdyti matomumą per vidinę salelę, pvz., apželdinant ją.

Olandijoje, siekiant padidinti žiedinės sankryžos išsiskyrimą iš aplinkos, patariama iškelti vidinę salelę. Artėjantiems vairuotojams nebūtina matyti priešpriešinį eismą per vidinę žiedinės sankryžos salą. Minimalus salelės aukštis turėtų būti daugiau nei 1,10 m (t.y. vairuotojo akių lygyje) bei ji turi būti suprojektuota „draugiška susidūrimams“ (Royal Haskoning 2009).

Vokietijoje siekiant gerinti žiedinės sankryžos atpažinimą, žiedinių sankryžų vidinė salelė neužstatytose teritorijose projektuojama taip, kad būtų pertraukiamas netrukdomas vaizdas nuo sankryžos įvažiavimo į priešais esantį išvažiavimą iš žiedinės sankryžos. Tai galima padaryti tinkamai ją apželdinus arba įrengus kaip nedidelį iškilimą. Vokietijoje dėl eismo saugos žiedinių sankryžų vidinėje salelėje priešais sankryžos įvažiavimus, neleidžiama statyti jokių stacionarių kliūčių (t.y. medžiai, mūro sienelės, statūs ir aukšti įrėminimai ar supylimai, apšvietimo atramos ar meno objektai), nes transporto priemonės atsitrenkimas į jas gali sukelti sunkias avarijas. Žiedinių sankryžų vidinė salelė atibojama įstrižaisiais bordiūrais ar kitais įstrižaisiais įrėminimais. Mažiausias mini žiedinės sankryžos salelės diametras – 4 m (FGSV, 2006).

Didžiojoje Britanijoje mini žiedinės sankryžos diametras 1-4m. Minižiedinių sankryžų vidinė salelė projektuojama taip, kad būtų matoma sankryžos viduryje ir nepervažiuojama lengvųjų automobilių arba pervažiuojama retai. Kita vertus, ji turi būti taip suprojektuota, kad sunkusis transportas ir autobusai be didesnių problemų galėtų ją mažu greičiu pervažiuoti. Mini žiedinės sankryžos salelė įrengiama su 4-5 cm aukščio bordiūru, kuris salelę aiškiai išskiria nuo asfaltuotos žiedinių sankryžų važiuojamosios dalies. Be to, sala, kaip važiuojamosios dalies apribojimas, ženklinama ištisine linija. Dėl žemesnių bordiūru salelė gali tapti nuolat pervažiuojama ir lengvųjų automobilių. Papildomas salos išgaubimas netaikomas (Royal Haskoning 2009).

Lietuvoje, pagal statybos rekomendacijas R 36-01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001, centrinės salelės skersmuo priklauso nuo žiedinių sankryžų tipo: mažųjų žiedinių sankryžų centrinės salelės skersmuo 10-40 m, didžiųjų žiedinių sankryžų centrinės salelės skersmuo daugiau nei 40 m. Vadovaujantis R ISEP 10, mažųjų žiedinių sankryžų skersmuo – 7–20 m. Neužvažiuojama žiedo centrinė salelė atskiriama nuo važiuojamosios žiedo dalies bortais, apsėjamos žole, apsodinama krūmais, gali būti grįstos trinkelėmis ar tašytais akmenimis.

Išorinis diametras

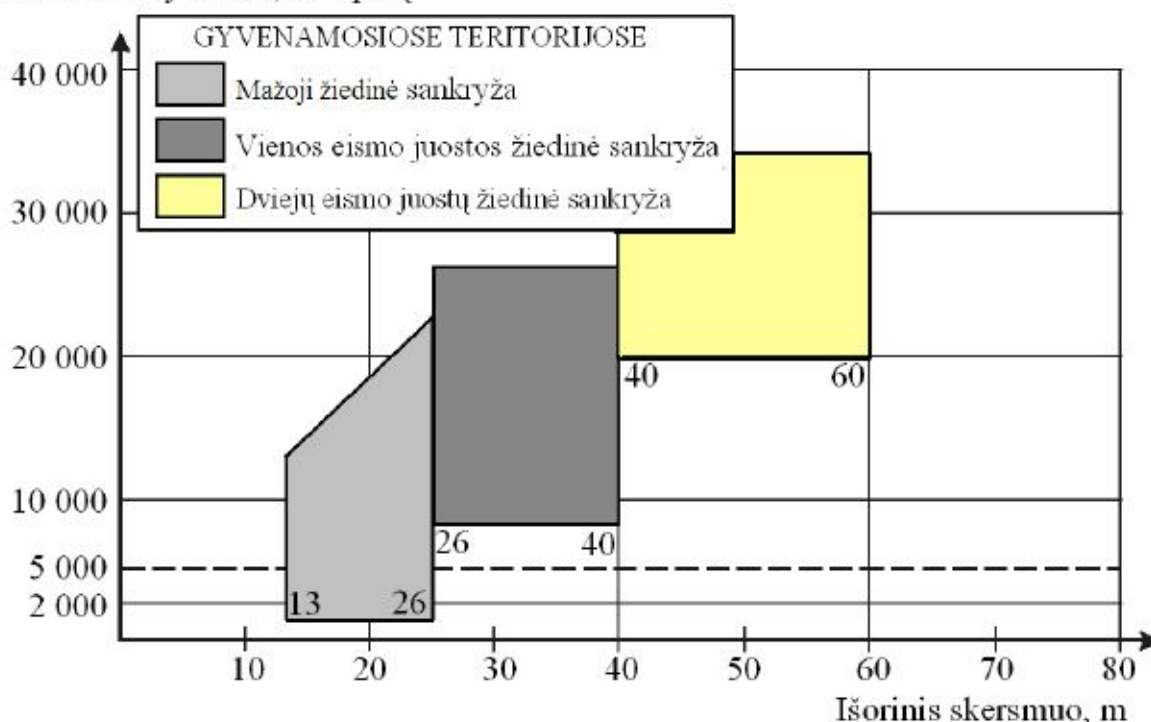
Išorinis spindulys – atstumas tarp žiedinės sankryžos centro ir dangos išorinės pusės. Tai yra didžiausias apskritimas, kuris galimas sankryžos kontūro viduje („įbrėžtas diametras“). Spindulys priklauso nuo projektinės transporto priemonės judėjimo kelio. Standartas remiasi sujungta transporto priemone. Olandijoje „įbrėžtas diametras“ yra 36 m panašus kaip Vokiečių standarte – 40 m (tipinis užmiestyje) ir neoficialiuose JAV nurodymuose – 30–40 m. Didžiojoje Britanijoje numatomas minimalus 28 m ir maksimalus 100 m „įbrėžtas diametras“ (Royal Haskoning 2009).

Olandijoje žiedinės sankryžos išorinis sankryžos diametras pageidautinas ne didesnis nei 40 m; maksimalus – 50 m. Minimalus žiedinės sankryžos išorinis spindulys – apie 28 m. Tai būtų mažiausia žiedinė sankryža, kurioje tilptų sujungtos 15,5 m (projektinė transporto priemonė) ilgio transporto priemonės, judėjimo kelias (FGSV, 2006).

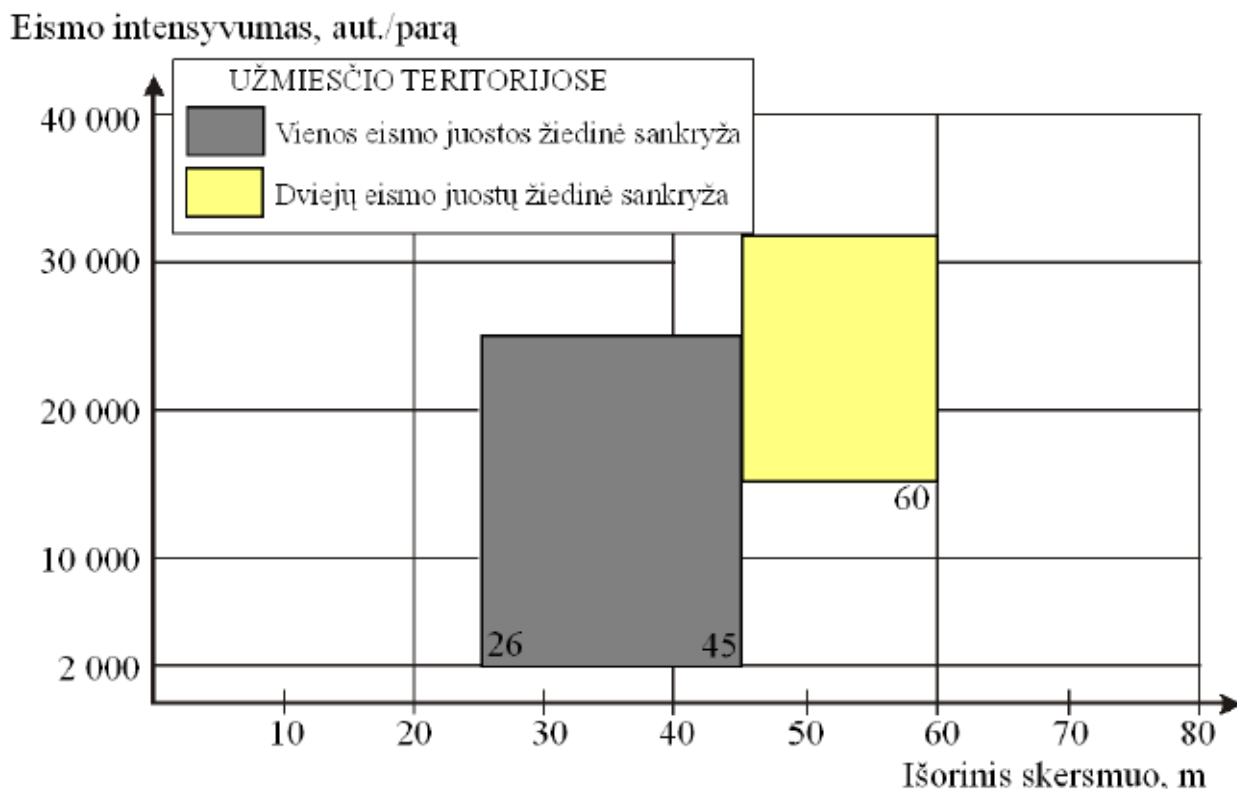
Vokietijos normatyviniuose dokumentuose taip pat rekomenduojama vengti naudoti žiedinių sankryžų su viena važiavimo juosta didesnius išorinius diametrus nei 40 m užstatytose teritorijose arba 50 m neužstatytose teritorijose. Mini žiedinėse sankryžose mažiausias išorinis diametras turi sudaryti 13 m, kad žiedinių sankryžų vidinė sala nebūtų per maža. Didesni išorinio diametro palengvina sunkiojo transporto važiavimą. Žiedinių sankryžų su dviejų eismo juostų žiedinių sankryžų važiuojamąja dalimi mažiausias išorinis diametras – 40 m užstatytose teritorijose bei 45 neužstatytose teritorijose. Viršutinė, 60 m riba tiek mieste, tiek užmiestyje neturėtų būti peržengiama (FGSV, 2006).

Lietuvoje išorinis žiedinės sankryžos diametras, pagal R ISEP 10 rekomendacijas, priklauso nuo to ar sankryža yra gyvenamoje teritorijoje ar ne (28 pav., 29 pav.).

Eismo intensyvumas, aut./parą



28 pav. Žiedinių sankryžų skersmuo gyvenamojoje teritorijoje (R ISEP 10)



29 pav. Žiedinių sankryžų skersmuo užmiesčio teritorijoje (R ISEP 10)

Vidinis žiedas („Sunkvežimių prijuostė“)

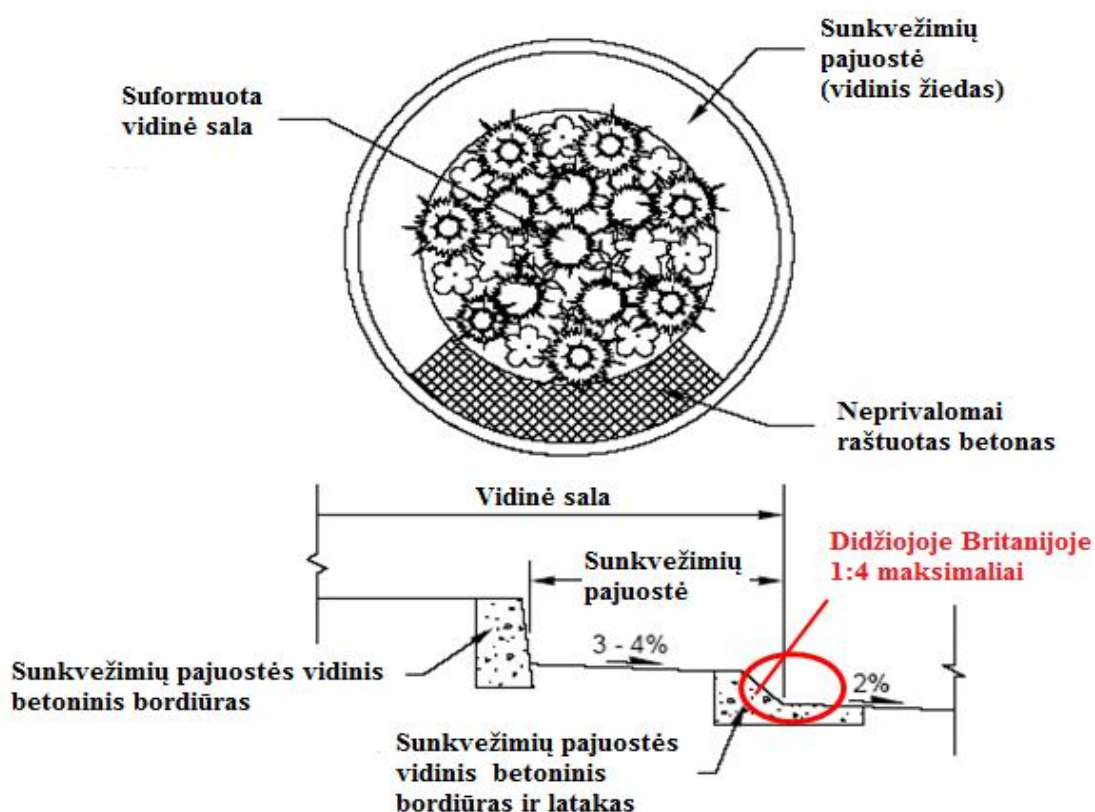
Vokietijoje vidinis žiedas įrengiamas su 2,5 % nuolydžiu į išorę arba su tokiu pat nuolydžiu, kaip ir žiedinių sankryžų važiuojamoji dalis. Nuo žiedinių sankryžų važiuojamosios dalies jis turi būti aiškiai atitveriamas 4-5 cm aukščio bordiūru, kad juo negalėtų važiuoti transporto priemonės. Vokietijos normatyviniuose dokumentuose reglamentuojamas žiedo plotisravažiuojamosios dalies ir vidinio žiedo plotis 3:1. Pagal Vokietijos eismo teisę vidiniu žiedu draudžiama važiuoti automobiliams ir kitoms transporto priemonėms, kurių eismui pakanka žiedinių sankryžų važiuojamosios dalies. Neužstatytose teritorijose vidinis žiedas Vokietijoje nėra naudojamas (FGSV, 2006).

Vidiniuose žieduose („sunkvežimių prijuostėje“) reikia bordiūrų, kad per juos nevažiuotų lengvųjų automobilių vairuotojai. Gali būti formuojamas pašiurkštintas plotas tam, kad nereikėtų statyti bordiūro, kurio šlaitas Didžiojoje Britanijoje neturėtų būt didesnis, nei 1:4 (Sawers 2008).

JAV vidinius žiedus („sunkvežimių prijuostes“) siūloma daryti 1-4 m pločio su 3-4 proc. skersiniu nuolydžiu į išorę (30 pav.). Siekiant atbaidyti lengvuosius automobilius nuo važiavimo juo, siūloma išorinį vidinio žiedo kraštą pakelti mažiausiai 30 mm (3 cm) virš žiedinės sankryžos važiuojamosios dalies (31 pav.). Siūloma vidinį žiedą daryti iš spalvotos ir/arba šiurkštintos dangos (U.S. Department of Transportation, 2000).



30 pav. „Sunkvežimio prijuostė“, JAV(U.S. Department of Transportation, 2000)



31 pav. Vidinis žiedas JAV ir Didžiojoje Britanijoje(U.S. Department of Transportation, 2000)

Olandijoje vidinės salos plotis priklauso nuo projektinės transporto priemonės ir kitų projektinių elementų matmenų derinio. Vidinis žiedas turi būti įrengtas taip, kad tiktų sujungtai transporto priemonei, ir būtų nepatogus lengviesiems automobiliams. Vidinio žiedo nuolydis yra 1 %, kartu su pereinamuoju betono elementu (specialus bordiūras) su švelniu nuolydžiu (maksimalus pakilimo skirtumas 0,05 m), kad

krovininiai automobiliai neapsiverstų. Šio vidinio žiedo paviršius turi būti tekstūrinis(Royal Haskoning 2009).

Lietuvoje, pagal R ISEP 10 rekomendacijos, vidinio žiedo parametrai priklauso nuo žiedinės sankryžos tipo, išorinio skersmens ir ar ji yra gyvenamojoje teritorijoje, ar už miesto ribų (3 ir 4 lentelė).

3 lentelė. Žiedinių sankryžų pagrindiniai parametrai gyvenamojoje teritorijoje (R ISEP 10)

		Mažoji žiedinė sankryža		Vienos eismo juostos žiedinė sankryža				Dviejų eismo juostų žiedinė sankryža ¹
Išorinis skersmuo, D_b , m	Mažiausia riba	13		26				40
	Rekomenduojamos ribos	15–22		30–35				50
	Viršutinė riba	26		40				60
Išorinis skersmuo D_b , m		13–22	26	26	30	35	≥ 40	40–60
Važiuojamosios dalies plotis b_v+b_g , m		4,00–6,00 ²	9,00	9,00	8,00	7,00	6,50	8,00–10,00
Įvažiavimo plotis B_Z , m		3,25–3,75		3,25–3,75				6,50
Grįstas vidinis žiedas b_g , m		–		2,00–2,50		1,50–2,00		1,50–2,00
Išvažiavimo plotis B_A , m		3,50–4,00		3,50–4,00				3,50–4,00
Įvažiavimo posūkio spindulys R_{iv} , m		8,00–10,00		10–14				12–16
Išvažiavimo posūkio spindulys R_n , m		8,00–10,00		12–16				12–16
Skiriamosios salelės ilgis L_s , m		10–15 ³		10–15				10–15
Skiriamosios salelės plotis B_s , m		0,50–1,50 ³		1,50–3,00				1,50–3,00

¹ – įvažiavimas į sankryžą – dviejų eismo juostų, išvažiavimas – vienos eismo juostos;

² – didesnę važiuojamosios dalies plotį b_v+b_g taikyti esant mažesniui išoriniam skersmeniui D_i ;

³ – mažojoje žiedinėje sankryžoje, priklausomai nuo situacijos, skiriamosios salelės gali ir nebūti, užtenka horizontaliojo ženklinimo (pavyzdžiai prieduose).

4 lentelė. Žiedinių sankryžų pagrindiniai parametrai užmiestyje (R ISEP 10)

		Vienos eismo juostos žiedinė sankryža				Dviejų eismo juostų žiedinė sankryža ¹
Išorinis skersmuo, D_i , m	Mažiausia riba	26				45
	Rekomenduojamos ribos	35–45				55
	Viršutinė riba	50				60
Išorinis skersmuo D_i , m		26	30	35	≥ 45	45–60
Važiuojamosios dalies plotis b_v+b_g , m		9,00 ²	8,00	7,00	6,50	8,00–10,00 ³
Grįstas vidinis žiedas b_g , m		1,50–2,00 ³				1,00–2,00 ³
Įvažiavimo plotis B_z , m		3,50–4,00				6,50–7,00
Išvažiavimo plotis B_A , m		3,75–4,50				3,75–4,50
Įvažiavimo posūkio spindulys R_{iv} , m		14–16				14–16
Išvažiavimo posūkio spindulys R_n , m		16–18				16–18
Skiriamosios salelės ilgis L_s , m		10–15				10–15
Skiriamosios salelės plotis B_s , m		3,00				3,00

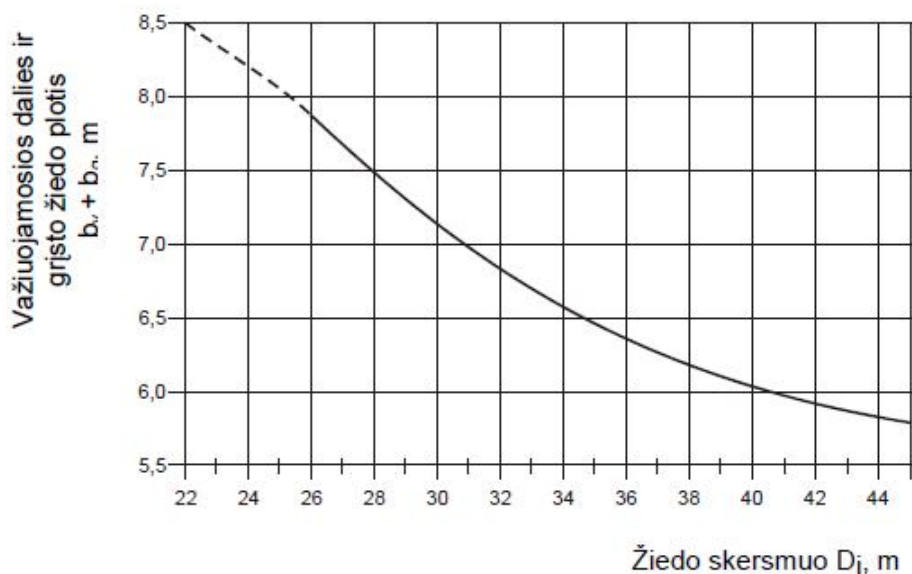
¹ – įvažiavimas į sankryžą – dviejų eismo juostų, išvažiavimas – vienos eismo juostos;
² – didesnę važiuojamosios dalies plotį b_v+b_g taikyti esant mažesniai išoriniam skersmeniui D_i ;
³ – dviejų juostų žiedinei sankryžai pateiktas žiedo važiuojamosios dalies plotis b_v . Didesnę b_v plotį taikyti esant mažesniai išoriniam skersmeniui D_i . Esant dideliui krovininio transporto srautui, taip pat rekomenduojamas didesnis b_v plotis. Grįsto vidinio žiedo plotis b_g parenkamas individualiai (didesnę b_g plotį taikyti esant mažesniai išorinio žiedo skersmeniui D_i).

Žiedinių sankryžų važiuojamoji dalis

Pasak olandų, žiedinės važiuojamosios dalies plotis turi būti toks, kad pravažiuotų projektinė transporto priemonė. Kita vertus – ji neturi būti tokia plati, jog skatintų pernelyg didelius greičius.

Vokietijos norminiuose dokumentuose žiedo plotis (žiedinės sankryžos važiuojamosios dalies plotis + vidinio žiedo plotis) priklauso nuo išorinio diametro dydžio (mini žiedinėse sankryžose – 4,0-6,0; mažosiose su 1 eismo juosta – 6,5-9,00; mažosiose su 2 eismo juostom – 8,0-10,00). Neužstatytose teritorijose ir dėl intensyvaus sunkiojo eismo esant didesniai išoriniam diametrai gali būti tikslingi ir didesni pločiai, nei duotieji standarte. Tačiau kadangi didelės transporto priemonės pasitaiko rečiau, gali būti tikslinga žiedinę sankryžą užstatytose teritorijose suskirstyti į žiedinių sankryžų važiuojamąją dalį ir vidinį žiedą maždaug tokiu santykiu 3:1. Vidinis žiedas mažo išorinio diametro žiedinėje sankryžoje su atitinkamo pločio žiedinės sankryžos važiuojamąja dalimi padeda užkirsti kelią nepageidaujamam greičio padidėjimui kertant žiedinių sankryžų važiuojamąją dalį, lenkiant žiedinių sankryžų važiuojamojoje dalyje ir dviračių išstūmimui iš kelio. Todėl, pirmiausia dviračių eismo žiedinių sankryžų važiuojamąja dalimi atveju, nereikia atsisakyti vidinio žiedo įrengimo. Siekiant užtikrinti žiedinių sankryžų važiuojamosios dalies nusausinimą, ji turi būti su 2,5 proc. skersiniu nuolydžiu į išorę (Royal Haskoning 2009).

Lietuvoje, pagal statybos rekomendacijas R 36-01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001, pateikta važiuojamosios dalies pločio priklausomybė nuo žiedo išorinio skersmens (32 pav.).



32 pav. Važiuojamosios dalies pločio (kartu su grįsta dalimi) priklausomybė nuo žiedo išorinio skersmens

Važiuojamosios dalies pločiai, pagal R ISEP 10 rekomendacijas, gyvenvietėje ir už gyvenvietės ribų pateikti 3-ioje ir 4-oje lentelėje.

Įvažiavimai ir išvažiavimai

Olandijoje įvažiavimus siūloma prijungti radiališkai, sukuriant apie 90° nuokrypį tarp įvažiavimų. Tai apribotų įvažiavimo į žiedinę sankryžą greičius ir įtvirtintų važiuojančių žiedinės sankryžos važiuojamąją dalimi pirmumo teisę. Dėl tų pačių priežasčių įvažiavimo ir išvažiavimo spinduliai turi būti kuo mažesni. Neužstatytose teritorijose žiedinės sankryžos siūloma statyti 3-6 prijungiamųjų kelių. Tačiau pirmiausia vertėtų gerai išanalizuoti, ar visos numatomos jungtys yra būtinos. Esant reikalui, geriau suformuoti papildomą žiedinės sankryžos prijungiamąjį kelią, nei netoliese išlaikyti arba statyti naują antrinę sankryžą. Priimtinesni vienodi tarpai tarp prijungiamųjų kelių. Gerai suprojektuotas žiedinės sankryžos prijungiamųjų kelių išsidėstymas gali ženkliai pagerinti infrastruktūros suprantamumą. Įvažiavimo kampas – konfliktinis kampas tarp įvažiuojančio eismo ir važiuojančio žiedinėje važiuojamąją dalimi. Rekomenduojamas jo diapazonas yra 80°-110°, o geriausias 90° (Royal Haskoning 2009).

Svarbiausias tikslas, projektuojant žiedinę sankryžą – pasiekti tinkamą transporto priemonių važiavimo per ją greitį. Geriausias variantas, kai visų privažiavimų ašies linijos praeina per vidinės salos centrą. Šiuo atveju, geometriją galima suprojektuoti taip, kad transporto priemonės greitis būtų mažas tiek

įvažiavimuose, tiek išvažiavimuose. Be to, radialinė projekcija daro vidinę salą labiau pastebimą artėjantiems vairuotojams. Jei tai neįmanoma, yra galimas nedidelis ašies pastūmimas į kairę (ašies linija eis centro kairėje pusėje). Bet kokių atveju, kai įvažiavimo ašis yra pastumta kairėn, transporto priemonės gali išvažiuoti iš žiedinės sankryžos didesniais greičiais, todėl šis sprendimas tinkamas, tik tada, kai nėra dviratininkų ar pėsčiųjų perėjų. Įvažiavimo postūmis į dešinę dažniausiai yra nepriimtinas: transporto priemonės gali įvažiuoti į žiedinę sankryžą pernelyg greitai, sukeliant daugiau avarių. Taip pat dėl tokio pastūmimo susidaro per smailus kampas ($<90^\circ$) sukeliantis vairuotojams įvažiavime sunkumų pamatant konfliktinį eismą žiedinėje važiuojamojoje dalyje (Royal Haskoning 2009).

Vokietijoje siūloma daryti taip, kad įvažiavimų ir išvažiavimų prie žiedinės sankryžos kryptis turi būti kuo vertikalesnė žiedinių sankryžų važiuojamosios dalies atžvilgiu, t. y. gatvės ašys turi būti nukreiptos tiesiai į žiedinės sankryžos centrą. Dėl eismo saugumo reikia vengti liestinių ar smailiakampių sankryžos įvažiavimų. Sankryžos išvažiavimai iš žiedinės sankryžos taip pat turi būti kuo didesniu kampu. Sankryžos išvažiavimų labai stačiu kampu reikia vengti, jei žiedinės sankryžos išvažiavimus kerta pėstieji ar dviratininkai (FGSV, 2006).

Įvažiavimų ir išvažiavimų spinduliai, pagal R ISEP 10 rekomendacijas, pateikti 3-ioje ir 4-oje lentelėje.

Važiuojamosios dalies skiriančiosios salelės

Važiuojamosios dalies skiriančiosios salelės teigiamai veikia tiek motorizuotų transporto priemonių, tiek nemotorizuotų eismo dalyvių saugą, o taip pat didina žiedinės sankryžos pralaidumą. Skiriančioji salelė transporto priemones įvažiavime nukreipia į žiedinę sankryžą, tuo pačiu metu, ji apsaugo pėsčiuosius, kertančius žiedinės sankryžos prijungiamąjį kelią. Todėl jos naudojimas yra privalomas ir turbininėse žiedinėse sankryžose (Tollazzi 2010).

Skiriančioji salelė gali būti trikampio formos (piltuvo formos) (33 pav.) ar lašo formos (34 pav.). Trikampio formos skiriančiųjų salelių mažiausius matmenis lengva užtikrinti, nes jos naudojamos didelėse žiedinėse sankryžose (didelis skiriančiosios salelės paviršius). Lašo formos skiriančiųjų salelių mažiausi matmenys susiję su tuo, kokie eismo dalyviai, žiedinėje sankryžoje kerta skiriančiąją salelę: pėstieji ir dviratininkai, tik pėstieji, nėra nemotorizuoto eismo dalyvių (Tollazzi 2010).



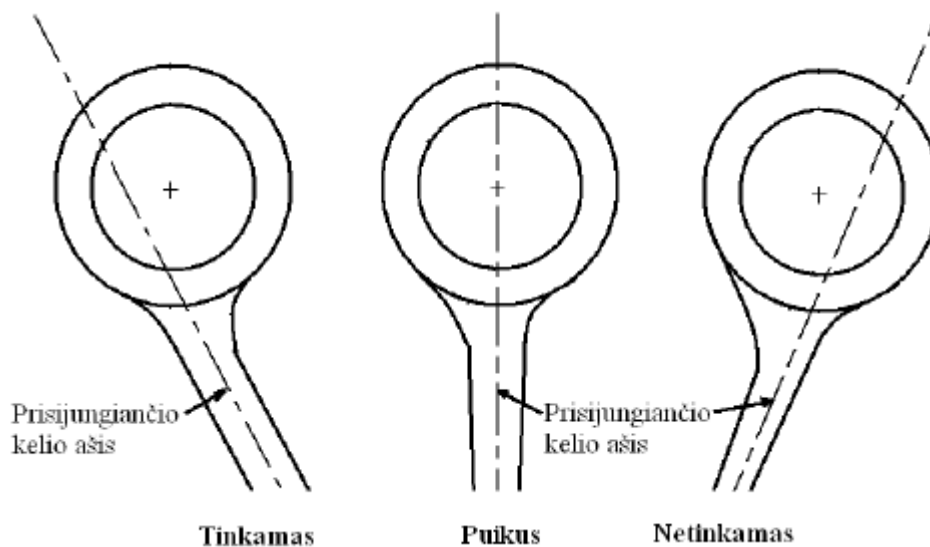
33 pav. Trikampio formos (piltuvo formos) skiriančioji salelė su pėsčiųjų ir dviračių perėja (Tollazzi 2010)



34 pav. Lašo formos skiriančioji salelė be praėjimo nenumotorizuotiems eismo dalyviams (Čibirka 2010)

Dažniausiai žiedinių sankryžų su dviejų eismo juostų važiuojamąja dalimi, važiuojamosios dalies skiriančiosios salelės įrengiamos visada. Skiriančiosios salelės naudingos ir mini žiedinėje sankryžoje. Tačiau dėl ypatingai siauro ploto ne visada jas galima įrengti. Jeigu abejojama dėl sunkiojo transporto pravažiuojamumo, svarstytinas dalinio pravažiavimo skiriančiųjų salelių įrengimas arba skiriančiųjų salelių atitraukimas keliais metrais. Todėl skiriančiųjų salelių būtinybė tikrinama kiekvienu atskiru atveju (FGSV, 2006).

Pagal R ISEP 10 rekomendacijas, rekomenduojama žiedinių sankryžų skiriamąsias saleles projektuoti taip, kad jų ašys būtų statmenos išoriniam žiedo kraštui. Žiedinės sankryžos projektuojamos taip, kad besikertančių kelių ašys su centrinės salelės centru sudarytų kampą, artimą 90° kampui (35 pav.).



35 pav. Žiedinėje sankryžoje besikertančių kelių ašių išsidėstymas centrinės salelės atžvilgiu (R ISEP 10)

Važiavimo juostų atskyrimo salelės

Ne tik modernios žiedinės sankryžos pasaulyje padeda užtikrinti saugų eismą. Daugelyje šalių, sankryžose įrengiamos iškilios važiavimo juostų atskyrimo saugaus eismo salelės (36 pav.). Tokia praktika pasaulyje taikoma 30–40 metų.

Salelės neleidžia vairuotojams atlikti draudžiamo manevro – lenkti sankryžos zonoje. Įrengtos iškilios saugos salelės vairuotoją veikia ir psichologiškai. Matydamas susiaurėjusią važiuojamąją dalį, jis nevalingai mažina greitį, tuo pačiu sumažėja eismo įvykio tikimybė, o jam įvykus sušvelnėja pasekmės.



36 pav. Iškilios saugaus eismo salelės, Olandija

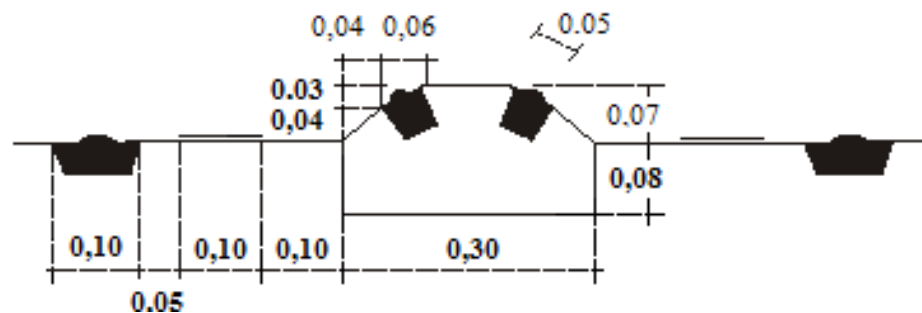
Atlikta analizė rodo, kad pertvarkius buvusias sankryžas ir jose pastačius iškilius saleles, avaringumas sumažėja apie 80 proc. Avarijos tokiose vietose dažniausiai kyla tik tuomet, kai vairuotojas nepaiso kelio ženklų, viršija leistiną greitį, išvažiuoja į priešpriešinę eismo juostą ar daro kitas panašaus pobūdžio klaidas.

Vengrų specialistai siūlo eismo juostų atskyrimo saleles daryti tinkamas užvažiuoti didžiagabaritėms transporto priemonėms, kad palengvintų jų pravažiuojamumą.

Važiavimo juostų atskyrimo salelė (Wijk 2009):

- ✓ nedraugiška motociklams,
- ✓ su atšvaitais pagerint matomumą,
- ✓ tinkama sniego valymui.

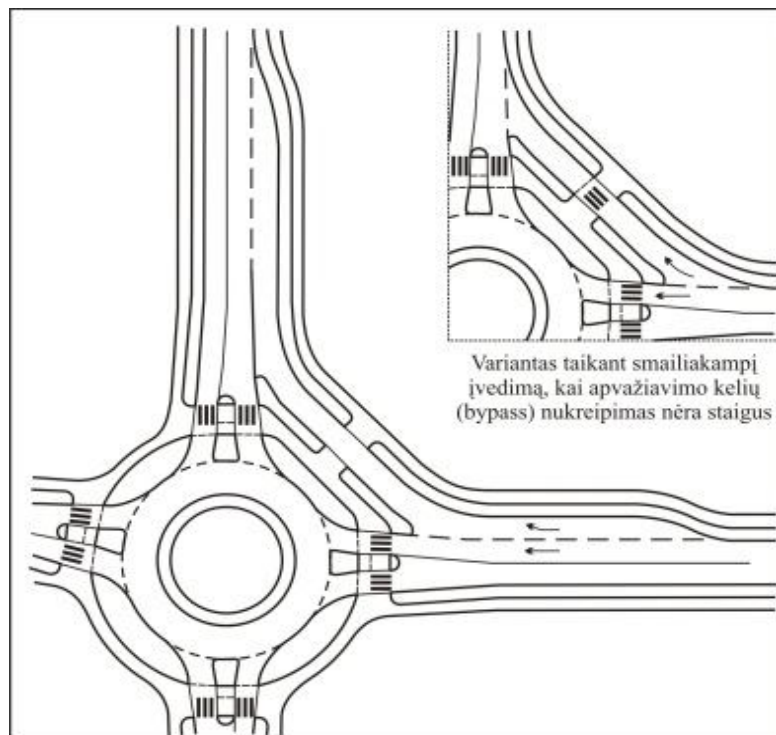
Vengrai siūlo naudoti važiavimo juostų atskyrimo salelę, kuri pritaikyta sniego valymui (37 pav.).



37 pav. Važiavimo juostų atskyrimo salelė, pritaikyta sniego valymui (Vengrija) (Wijk 2009)

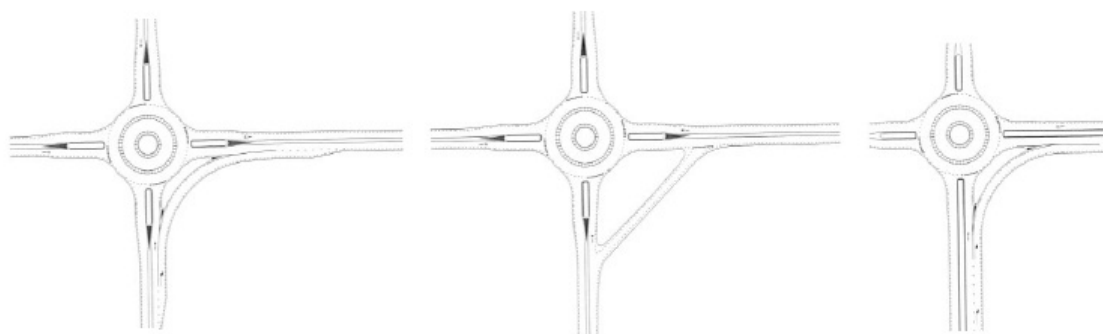
Apvažiavimo kelias (bypass)

Apvažiavimo kelias (bypass) rengiamas, kai pagrindinio eismo srauto kryptį sudaro sukantieji į dešinę (38 pav.) Vokietijos normatyviniuose dokumentuose teigiama, kad reikia rūpestingai įvesti apvažiavimo kelią į žiedinės sankryžos išvažiavimą. Pasiteisino trumpos, 30-50 m ilgio, greitėjimo juostos įrengimas. Apvažiavimo kelio įrengimas į sankryžos išvažiavimą smailiu kampu tinkamas tik tada, kai apvažiavimo kelių nukreipimas nėra staigus. Apvažiavimo keliai nuo žiedinių sankryžų važiuojamosios dalies atskiriami ne tik eismo juostos apribojimu horizontaliu ženklinimu, bet ir statybinio būdu. Jei per saleles vyksta pėsčiųjų ir dviračių eismas, sustojimo plotai įrengiami mažiausiai 2,50 m pločio (FGSV, 2006).



38 pav. Žiedinės sankryžos su apvažiavimo keliu (bypass) (Vokietija) (FGSV, 2006)

Olandijoje rekomenduojami žiedinių sankryžos apvažiavimo kelių modeliai pateikti 39 pav.



39 pav. Žiedinės sankryžos su apvažiavimo keliu (bypass) (Olandija) (CROW 2002)

UAB „Kelprojekto“ patirtis projektuojant „turbo“ žiedines sankryžas, nerekomenduoja projektuoti apvažiavimo kelio (bypass) be greitėjimo juostos.

2.2. ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ NAUDOJIMO KRITERIJAI

Žiedinės sankryžos tinkamos įrengti, pagal R ISEP 10 rekomendacijas, kai susikerta panašaus eismo intensyvumo keliai. Žiedinės sankryžos įrengiamos saugaus eismo gerinimui sankryžose, siekiant supaprastinti sankryžos schemą, siekiant sumažinti eismo įvykių skaičių arba eismo įvykių prevencijai. Taip pat, kai pagrindinis kelias sankryžoje keičia kryptį, sankryžų pralaidumui gerinti. Sankryžos gali būti įrengiamos norint sumažinti greitį ar palaikyti esamą.

Lietuvoje eismo žiedai, pagal statybos rekomendacijas R 36-01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001, dėl skirtingų įrengimo kriterijų ir iš dalies skirtingų projektavimo principų skirstomi pagal tai, ar jie yra gyvenvietėje ar už jos ribų. Taip pat jie skirstomi pagal savo dydį. Žiedinės sankryžos skirstomos į mažąsias ir didžiąsias:

- ✓ Mažosios žiedinės sankryžos su viena eismo juosta žiede (centrinės salelės skersmuo nuo 10 m iki 40 m) rekomenduojama rengti gyvenamųjų vietovių prieigose, kai keičiasi eismo sąlygos. Mažosios žiedinės sankryžos yra saugesnės, ir priklausomai nuo eismo intensyvumo nuvažose ir įvažose, gali būti laidesnės negu susikertančių kelių sankryžos;

- ✓ Didžiosios žiedinės sankryžos (centrinės salelės skersmuo didesnis kaip 40 m) gali būti rengiamos tais atvejais, kai į transporto mazgą sueina keletas kelių (lygiareikšmių ir šalutinių), didelis eismo intensyvumas, keičiasi eismo sąlygos (kelių reikšmės ir pločiai, leidžiami greičiai), sankryžos forma neprieštaruoja gyvenamosioms vietovėms, transporto ir ūkinės plėtros planams. Žiedinė važiuojamoji dalis dažniausiai rengiama su dviem eismo juostomis. Dvi juostos leidžia persiskirstyti eismo srautams, tačiau tik ribotai padidina sankryžos laidumą, lyginant su vienos eismo juostos žiedu. Todėl sankryžos su specialiomis persirikiavimo juostomis rečiau naudojamos.

Pagal, R ISEP 10 rekomendacijas, žiedinės sankryžos skirstomos į mažąsias (užstatytoje teritorijoje), vienos eismo juostos ir dviejų eismo juostų žiedines sankryžas:

- ✓ Vienos eismo juostos žiedinė sankryža turi vieną eismo juostą važiuojamojoje dalyje ir vieną eismo juostą įvažiavimui į žiedinę sankryžą ir išvažiavimui iš jos. Centrinė salelė yra iškili, neužvažiuojama. Vidutinis sankryžos pralaidumas 20 000 aut./parą.

- ✓ Dviejų eismo juostų žiedinė sankryža su viena įvažiavimo ir viena išvažiavimo eismo juosta. Centrinė salelė yra iškili, neužvažiuojama. Vidutinis sankryžos pralaidumas 30 000 aut./parą.

- ✓ Žiedinė sankryža su kintamu eismo juostų skaičiumi („turbo“). Šio tipo žiedinė sankryža yra didesnio pralaidumo nei standartinė vienos eismo juostos žiedinė sankryža ir alternatyva dviejų eismo juostų žiedinei sankryžai.

- ✓ Mažoji žiedinė sankryža, kurios centrinė salelė projektuojama taip, kad ją būtų galima pervvažiuoti ant jos užvažiuojant. Dažniausiai įrengiama 30 km/h greičio zonose.

Pagrindiniai mažųjų, vienos eismo juostos ir dviejų eismo juostų žiedinių sankryžų parametrai, pagal R ISEP 10 rekomendacijas, pateikti 3-ioje ir 4-oje lentelėje.

Žiedinių sankryžų rengimo kriterijai Lietuvoje, pagal statybos rekomendacijas R 36-01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001:

- ✓ Vienos eismo juostos įvažos rengiamos, kai eismo intensyvumas žiede ties įvažą yra iki 1000 aut./h ir įvažoje iki 500 aut./h.
- ✓ Esant intensyviui eismui rengiamos dviejų juostų įvažos.
- ✓ Sankryžos nuovažos, vyraujant eismui žiedu, dėl saugumo rengiamos vienos juostos, nes kitu atveju gali pavojingai kirstis eismo srautai.
- ✓ Dviejų eismo juostų nuovažos naudotinos, kai:
 - ✓ pastoviai vyrauja išvažiuojančių automobilių srautas;
 - ✓ tarp nuovažos ir įvažos yra ne mažesnis kaip 20 m - 30 m atstumas;
 - ✓ intensyviui pėsčiųjų eismui numatomos skirtingų lygių perėjos.
- ✓ Įvažų į žiedą posūkių spinduliai rengiami tokie pat kaip mažosiose žiedinėse sankryžose, o nuovažų - 12 m ir didesni, atsižvelgiant į sankryžos schemą bei vietos sąlygas.
- ✓ Sankryžos laidumas priklauso nuo jos įvažų laidumo. Atskirais atvejais laidumą reikia apskaičiuoti vadovaujantis atitinkama normatyvine literatūra.

Vokietijoje žiedinės sankryžos skirstomos pagal tai, ar jos yra užstatytose teritorijose, ar už jos ribų. Taip pat jos skirstomos pagal savo dydį: mini žiedinės sankryžos, mažosios žiedinės sankryžos su viena važiavimo juosta, mažosios žiedinės sankryžos su dviem važiavimo juostomis bei didžiosios žiedinės sankryžos, kuriose eismas reguliuojamas šviesoforu (FGSV- 2006).

Vokietijoje yra tokie žiedinių sankryžų tipai (FGSV- 2006):

- ✓ Mini žiedinė sankryža;
- ✓ Mažoji žiedinė sankryža su viena važiavimo juosta;
- ✓ Mažoji žiedinė sankryža su dviem važiavimo juostomis;
- ✓ Didžioji šviesoforu reguliuojama žiedinė sankryža.

Pagal kelių ir tiltų projektavimo vadovą, kuris pirmą kartą pristatytas buvo 1992 m. Anglijoje ir Velse, o vėliau Škotijoje ir Šiaurės Airijoje, žiedinės sankryžos skirstomos į šiuos tipus (Great Britain Department for Transport, Highways Agency, 2007):

- ✓ Įprasta žiedinė sankryža: vidinė sala su bordiūrais, mažiausias vidinis diametras 4,0 m. Jos privažiavimai gali būti tiek vienos, tiek dviejų važiavimo juostų. Paprastai įvažiuoti į žiedinę sankryžą ir išvažiuoti iš jos per išplatintą dalį gali vienu metu dvi ar trys transporto priemonės. Jei taip, tai žiedinės sankryžos važiuojamoji dalis turi būti pakankamai plati, kad dvi ar trys transporto priemonės galėtų važiuoti viena šalia kitos. Jei įprasta žiedinė sankryža turi daugiau nei 4 prijungiamuosius kelius, ji tampa

didele, kurioje didelių važiavimo greičių tikimybe. Esant tokioms aplinkybėms, galimas sprendimas yra dviguba arba reguliuojama žiedinė sankryža;

- ✓ Kompaktiška žiedinė sankryža: visuose prijungiamuose keliuose po vieną įvažiavimą ir išvažiavimą. Žiedinės sankryžos važiuojamosios dalies plotis turi būti toks, kad du automobiliai negalėtų pravažiuoti vienas šalia kito. Kompaktiškų žiedinių sankryžų įvažiavimo ir išvažiavimo spinduliai gali būti maži. Nors jų konstrukcija sąlygoja mažesnę pralaidumą nei įprastų žiedinių sankryžų, bet užtat tinkama, pritaikant pėstiesiems ir dviratininkams. Neišplatinti įvažiavimai ir išvažiavimai projektuotojui suteikia daugiau lankstumo parenkant pėsčiųjų perėjos vietą;

- ✓ Mini žiedinė sankryža: nėra vidinės salos su bordiūrais. Vietoje jos yra 1,0-4,0m diametro iškili salelė, pažymėta horizontaliuoju ženkliniu, reikalui esant gali būti pervažiuojama;

- ✓ Skirtingų lygių žiedinės sankryžos: jose bent vienas prijungiamasis kelias ateina iš skirtingo lygio kelio. Šio tipo žiedinė sankryža dažniausiai naudojama kaip greitkelių jungtys, bet taip pat gali būti naudojama sujungti su tuneliais, viadukais ar kitomis kelių lygių sankryžomis;

- ✓ Reguluojamos žiedinės sankryžos;

- ✓ Dvigubos žiedinės sankryžos: ją sudaro dvi žiedinės sankryžos, atskirtos trumpa jungtimi. Sujungtos gali būti mini, kompaktiškos ar įprastinės žiedinės sankryžos.

Pasirenkant sankryžos tipą Olandijoje svarbiausi kriterijai, į kuriuos reikia atsižvelgti, yra šie (Royal Hoskining 2009):

- ✓ kelio kategorija (kelio funkcija) kelių tinkle,
- ✓ reikalingas pralaidumas, atsižvelgiant į prognozuojamus eismo srautus,
- ✓ reikalaujamas saugos lygis keliuose,
- ✓ eismo organizavimo strategija,
- ✓ vietos galimybės ir apribojimai,
- ✓ kapitalinių investicijų ir priežiūros išlaidos.

Olandų rekomenduojamas žiedinių sankryžų paros laidumas, pagal sankryžos tipą:

- ✓ Vienos važiavimo juostos su vienu įvažiavimu bei išvažiavimu vidutinis laidumas 25000 aut./parą;
- ✓ Dviejų važiavimo juostų su vienu įvažiavimu bei vienu išvažiavimu vidutinis laidumas 30000 aut./parą;
- ✓ Dviejų važiavimo juostų su dviem įvažiavimais ir dviem išvažiavimais vidutinis 40000 aut./parą.

Olandų rekomenduojamas žiedinių sankryžų vienos valandos laidumas, pagal sankryžos tipą:

- ✓ Vienos važiavimo juostos su vienu įvažiavimu bei išvažiavimu vidutinis laidumas 1500 aut./h;
- ✓ Dviejų važiavimo juostų su vienu įvažiavimu bei vienu išvažiavimu vidutinis laidumas 1800 aut./h;

- ✓ Dviejų važiavimo juostų su dviem įvažiavimais ir dviem išvažiavimais vidutinis 2100-2400 aut./h.

Žiedinės sankryža nėra įrenginėjama, kai (FGSV, 2006).:

- ✓ dėl intensyvaus eismo susidaro ilgi laukimo laikai, kurių galima išvengti pritaikius kitą sankryžos tipą;
- ✓ dėl ploto trūkumo negalima užtikrinti tinkamo eismo žiedo suformavimo;
- ✓ reikalingas pirmumo teisę turintis judėjimas kelyje;
- ✓ susikertančių kelių apkrova yra labai skirtinga;
- ✓ dėl netolygios topografijos atsirastų per didelis nuožulnus žiedinės gatvės nuolydis arba per didelis gatvių reljefo sutrikdymas. Kai žiedinės gatvės nuolydis yra daugiau nei 6 proc., paprastai eismo žiedas neįrengiamas.

2.3. ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ PROJEKTAVIMO PRINCIPAI

Saugiam važiavimui sankryžose, yra labai svarbu, kad vairuotojai laiku ir aiškiai pasiruoštų tinkamai vairuoti. Dėl to, sankryžos turi būti taip suplanuotos, kad jos sudarytų sąlygas nenutrūkstamam vairavimo keitimuisi, prisitaikant prie kintančių kelio charakteristikų, ir būtinam greičio sumažinimui. Todėl sankryžų elementai turi būti (Royal Hoskining, 2009):

- ✓ laiku atpažįstami atsiskyrimo ir susijungimo elementuose;
- ✓ iš anksto pranešti kelrodžiuose;
- ✓ aiškūs ir suvokiami;
- ✓ saugūs ir priimtini;
- ✓ pakankamai efektyvūs.

Modernių žiedinių sankryžų įrengimas Lietuvoje ir užsienyje, atsižvelgus į UAB „Kelprojektas“ patirtį, tipas ir parametrai parenkami pagal:

- ✓ sankryžos intensyvumą;
- ✓ eismo srautų kryptis;
- ✓ sankryžos vietą (užmiestyje ar mieste);
- ✓ sankryžos paskirtį (miesto vartų įrengimui, greičio slopinimui, greičio palaikymui);
- ✓ sunkiasvorio transporto eismo intensyvumą;
- ✓ pėsčiųjų eismo dalyvių bei dviratininkų poreikius.

Nuo šių kriterijų priklauso sankryžos forma, tipas, eismo srautų pralaidumas, inžinerinių elementų parametrai (saugumo salelės, žiedo įvažiavimo/išvažiavimo juostų pločiai, išorinis žiedo skersmuo).

Jeigu du sujungiamieji keliai kertasi viename lygyje (vieno lygio sankryža), tai žiedinė sankryža nėra įrenginėjama. Projektuotojas turi pasirinkt kuris iš tų dviejų kelių turi būti pagrindinis. Pasirinkimo kriterijai (Čibirka, 2010):

- ✓ aukštesnė kelio kategorija;
- ✓ didesnis eismo intensyvumas;
- ✓ viešojo transporto maršrutas;
- ✓ eismo srautų kriterijai pėstiesiems ir dviratininkams.

UAB „Kelprojekto“ rekomenduojami pagrindiniai 3 projektavimo principai:

- 1) Saugaus eismo projektavimo principai:
 - ✓ Kuo statesnis mazgo įvažiavimų privedimas prie žiedinės sankryžos;
 - ✓ Aiškiai išreikšta centrinė salelė ir eismo judėjimas žiedu;
 - ✓ Saugumo požiūriu pirmenybė teikiama vienos eismo juostos išvažiavimams.
- 2) Žiedinės sankryžos matomumo ir atpažinimo projektavimo principai:

✓ Eismo dalyviai bet kuriuo paros metu turi būti laiku informuoti apie žiedinę sankryžą. Privalomas suprantamas horizontalusis ir vertikalusis kelio ženklavimas bei geras sankryžos apšvietimas tamsiu paros metu;

✓ Užtikrintas matomumo ryšys tarp vairuotojų, dviratininkų ir pėsčiųjų.

3) Žiedinės sankryžos elementų projektavimas principai:

✓ Nerekomenduojama sumažinti minimalaus dydžio;

✓ Tipinis dydis reiškia įprastais atvejais geriausią variantą;

✓ Maksimali riba gali būti peržengiama tik išsamiai pagrindus.

L.G.H. Fortuijni išskiria kelis svarbiausius turbininių žiedinių sankryžų projektavimo principus:

✓ Bent viename (bet gali būti ir keturiuose) žiedinės sankryžos segmente (priešais įvažiavimą), turi būti dvi važiavimo juostos ir atitinkamai dvi išvažiavimo juostos (**pralaidumo charakteristika**);

✓ Žiedinėje sankryžoje nebelieka automobilių persirikiavimo (persipynimo) ir susikirtimo, išvažiuojant iš žiedinės sankryžos antros juostos, konfliktų (**saugos charakteristika**);

✓ Įvažiuojantys vairuotojai privalo suteikti pirmenybę ne daugiau kaip dvejose važiavimo juostose (**saugos charakteristika**);

✓ Sklandi važiavimo juostų kreivė (**komforto charakteristika**).

✓ Šias charakteristikas galima papildyti dar viena **saugumo charakteristika**:

✓ nedideli greičiai.

Turbininių žiedinių sankryžų charakteristikos, susijusios su patogumu vairuotojams (Fortuijni, 2007):

✓ Taikant apskritimus su kintamais centro taškais, eismas vyksta sklandžiai. Vairavimo patogumas yra optimizuojamas nustatant „slenkamosios ašies“ (tai yra ašis, apie kurią išdėstomi skirtingi centriniai taškai) padėtį taip, kad visų tiesiai važiuojančių transporto priemonių nuokrypis (taigi ir greitis) būtų maždaug toks pats;

✓ Važiavimo juostos turi būti tokio pločio, kad 16,5 m ilgio sunkvežimis galėtų pravažiuoti žiedinę sankryžą nesinaudodamas paaukštintu vidiniu žiedu;

✓ Naudodamiesi įrengtu paaukštintu vidiniu žiedu 28 m ilgio sunkvežimiai su valdomomis galinėmis ašimis taip pat galėtų pravažiuoti žiedinę sankryžą;

✓ Maršrutinis orientavimas, kelių ženklavimas ir važiavimo juostų informacija turi būti nuoseklūs ir pasiūlyti artėjančiam prie žiedinės sankryžos vairuotojui optimalią informaciją, kad būtų galima pasirinkti teisingą važiavimo juostą;

„Turbo“ žiedinių sankryžų saugumo charakteristikos (Fortuijni, 2007):

✓ Naudojant spiralines juostas nebelieka susikirtimo, išvažiuojant iš žiedinės sankryžos antros juostos, konfliktų;

- ✓ Žiedinėje sankryžoje nėra daugiau kaip 2 besitęsiančių važiavimo juostų;
- ✓ Naudojant nedidelį diametrą žiedinėje sankryžoje užtikrinami maži greičiai;
- ✓ Įrengus eismo juostų atskyrimo salelę, išvengiama susidūrimų, persirikiuojant iš vienos važiavimo juostos į kitą;
- ✓ Siekiant sumažinti važiuojančių tiesiai per žiedinę sankryžą greičius, reikėtų taikyti tinkamą skiriančiosios salelės (prisijungimo keliuose) plotį ir žiedinės sankryžos spindulio santykį.

2.4. ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ DANGOSKONSTRUKCIJOS

Dėl eismo reguliavimo ir transporto priemonių pravažiavimo sudėtingumo, transporto srautų pralaidumo sumažėjimo atliekant remonto, rekonstrukcijos darbus žiedinėse sankryžose nustatomi padidinti reikalavimai žiedinių sankryžų projektiniam naudojimui laikotarpiui, sankryžų kelio ir kelio dangų konstrukcijų stabilumui ir tvarumui garantuoti. Žiedinių sankryžų su asfalto danga projektinis naudojimo laikotarpis yra 30 metų. Eksploatuojant jas pirmaisiais 15 metų būtina išsiversti be remonto darbų, didelių išlaidų sankryžų elementų taisymui. Per sekantį projektinio naudojimo laikotarpio ciklą galimas asfalto dangos dėvimojo sluoksnio pakeitimas, mažos apimties iki $0,5 \text{ m}^2$ trinkelų dangos pataisymas atskirose vietose (Juzėnas ir kt.2009).

Žiedinėms sankryžoms su betono danga rekomenduojamas projektinis naudojimo laikotarpis turi sudaryti ne mažiau kaip 40 metų.

Pagrindinės kelio konstrukcinių pažeidimų atsiradimo priežastys: normavimo ir normų taikymo netikslumai dėl kurių priimami neteisingi projektiniai sprendimai parenkant nepakankamo stiprumo (klasės) dangos konstrukciją, jų neatitikimas eismui, neracionalus laidžių ir nelaidžių vandeniui dangos konstrukcijų, surištų ir nesurištų trinkelų dangos naudojimas, sunkiasvorio transporto priemonių eismo poveikio nepakankamumas vertinamas, technologiniai pažeidimai žiedinės sankryžos konstrukcijos įrengimo metu, betoninių kelio bortų pažeidimas dėl jų netinkamo įrengimo, kokybės (Juzėnas ir kt.2009).

Žiedinėms sankryžoms kelio konstrukcijos projektuojamos išpildant reikalavimus jų tvarumui ir stabilumui. Vertinant klimato, geologinių ir hidrogeologinių veiksnių, lėtaeigio sunkiasvorio transporto priemonių poveikį. Kelio dangos konstrukcija su asfalto danga projektuojama ir rengiama, kai vidutinis sunkiojo transporto eismo intensyvumas ($VPI^{(SV)}$) yra iki 5000 aut/parą. Kai $VPI^{(SV)}$ kitėja ribose nuo 5000 iki 8000 aut/parą galima projektuoti ir rengti dangos konstrukciją su asfalto arba su betono danga. Esant didesniai nei 8000 aut/parą sunkiojo transporto eismui projektuojamos dangų konstrukcijos su betono danga (Juzėnas ir kt.2009).

Žiedinės sankryžos važiuojamojoje dalyje gali būti projektuojamos dangų konstrukcijos su trinkelų danga (išplatintoje važiuojamojoje dalyje prieš nuovažas, vidiniame žiede, šaligatviuose, salelėse, pėsčiųjų ir dviračių takuose).

Kelio konstrukcijų eksploatacinis patikimumas žiedinėse sankryžose gali būti pakankamas garantavus suprojektuotų kelio konstrukcijos elementų (žemės sankasos, apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio, kitų pagrindo ir dangos sluoksnių) stabilumą eksploatuojamu laikotarpiu (Juzėnas ir kt.2009).

Žiedinių sankryžų dangos konstrukcijos klasė, pagal Automobilių kelių dangos konstrukcijos asfalto sluoksnių įrengimo taisyklės „IT Asfaltas 08“, parenkama 1 pakopa aukštesnė, negulabiliausiai apkrautai šios sankryžos važiuojamosios dalies juostai priskirta dangos konstrukcijos klasė.

2.5. PĖSČIŲJŲ IR DVIRAČIŲ EISMAS ŽIEDINĖMIS SANKRYŽOMIS

Norint užtikrinti pėsčiųjų saugą ir komfortą, žiedinėse sankryžose yra būtina įrengti pėsčiųjų perėjas. Modernios žiedinės sankryžos yra labai draugiškos pėstiesiems. Kadangi jose greitis būna nedidelis, tai labai patogu įrengti perėjas ar praėjimus (priklausomai nuo to, kokioje vietovėje pastatytos sankryžos: jei gyvenamojoje teritorijoje, tai įrengiamos perėjos, jei užmiestyje – praėjimai pėstiesiems).

Pėsčiųjų perėjos turėtų būti įrengiamos kiek atokiau nuo žiedinės sankryžos išvažiavimų, kurie sukelia konfliktus tarp pėsčiųjų ir vairuotojų poreikių. Jei pėsčiųjų perėja yra per toli nuo žiedinės sankryžos išvažiavimų, pėstieji gali nesinaudoti ja. Daugeliu atvejų, rekomenduojama, kad atstumas tarp žiedinės sankryžos išvažiavimo ir pėsčiųjų perėjos būtų nuo vieno iki trijų automobilių ilgio (Tollazzi, 2010).

Ypač svarbu yra teisingai įrengti pėsčiųjų ir dviračių perėjas turbininėse žiedinėse sankryžose. Dažniausiai dėl to, kad jose paprastai būna dviejų juostų įvažiavimai ir/arba išvažiavimai, kuriuose pagal slovėnų rekomendacijas, negali būti įrengiamos pėsčiųjų perėjos be reguliavimo šviesoforu (Tollazzi, 2010).

Minėta problema gali būti sprendžiama taip (Tollazzi, 2010):

- ✓ atskiriant įvažiavimo važiavimo juostas tarpine skiriančiąja salele arba
- ✓ nukreipiant nemotorizuoto eismo dalyvius į kitą lygį.

L.G.H. Fortuijn teigia, kad, kai reikia kirsti daugiau nei vieną važiavimo juostą, neabejotinai būtų pageidaujama, kad dviračių eismas kirstų skirtingame lygyje (40 pav.). Tačiau tai ne visada pasiteisina, jei omenyje turime socialinę kainą. Tokiais atvejais geriau įrengti turbininės žiedinės sankryžos su dviračių perėjomis.

Savaime suprantama, kad dvigubų važiavimo juostų kirtimas yra pavojingesnis nei vienos važiavimo juostos. Todėl yra svarbu, kad vairuotojas, dviratininkus, kertančius dvi eismo juostas, pastebėtų ir apsispręstų, ką daryti per >2 sekundžių, o dviratininkas prieš antrąjį kirtimą gerai matytų motorizuotą eismą. Todėl Pietų Olandijos provincijoje šios perėjos įrengiamos su rokiruote (41 pav.). Dėl šios konstrukcijos dviejų dvigubų įvažiavimo ir išvažiavimo juostų kirtimas tampanepavojingu, kai dvigubos įvažiavimo juostos kirtimas derinamas su viena išvažiavimo juosta nedarant rokiruotės (Fortuijn, 2007).



40 pav. pėsčiųjų ir dviračių eismas įrengtas skirtingame lygyje, Estija



41 pav. Dviračių perėjos rokiruotė (pastūmimas), esantis visai šalia pėsčiųjų perėjos (Fortuijn 2007)

Visos šalys turi savo pėsčiųjų perėjų planavimo ir projektavimo normas. Kai kuriose šalyse šios normos gali skirtis nuo valstybinių ir rajoninių normų. Taip pat planavimo ir projektavimo kriterijai gali skirtis nuo užstatytų ir neužstatytų teritorijų. Pavyzdžiui, Austrijoje ir Ispanijoje, neužstatytose teritorijose automobilių srauto greitis įtakoja šviesaforų įrengimą pėsčiųjų perėjoje. Norvegijoje, neužstatytose teritorijose, pėsčiųjų perėjos neturi jokių dryžių ar vertikalaus ženklinimo, tačiau pas juos yra „draugiškumas pėstiesiems“ taisyklė. Vokietijoje, neužstatytose teritorijose, pėsčiųjų perėjos neturi jokių linijų, dažniausiai pėsčiųjų perėja yra atribota balta ir skersa linija su šviesaforu (Pucci ir kt. 2008).

Vertikalus ženklinimas, kuris parodo pėsčiųjų perėją, yra privalomas Austrijoje, Belgijoje, Vokietijoje, Ispanijoje, Suomijoje, rekomenduojamas Didžiojoje Britanijoje, Norvegijoje, Švedijoje ir Olandijoje (Pucci ir kt. 2008).

Dviračių eismas žiedinėse sankryžose gali būti organizuojamas įvairiai: gali būti leidžiama važiuoti žiedinių sankryžų važiuojamąja dalimi greta motorizuoto transporto; važiuoti atskira dviračių juosta;

atskirais dviračių takais arba bendrais pėsčiųjų–dviračių takais. Projektuojant žiedines sankryžas yra svarbu parinkti tinkamus dviračių eismo organizavimo būdus, kad būtų saugu eismo dalyviams.

Yra svarstoma, ar įrenginėti žiedinėse sankryžose dviračių eismo juostas. Siūloma jas daryti spalvotas, stengiantis atkreipti vairuotojų dėmesį į tai, jog šalia jų važiuoja dviratininkai, ir taip sumažinti susidūrimų su jais bei sumažinti susidūrimų pasekmes (NottinghamshireCountyCouncil, 2006).



42 pav. Jorko „Stebuklinga žiedinė sankryža“(prieiga per internetą (<http://www.dft.gov.uk>))

Jorko „Stebuklingoje žiedinėje sankryžoje“ (42 pav.) yra plati dviračių eismo juosta, įrengta toliau nuo žiedinės sankryžos krašto, sumažintas žiedinės sankryžos važiuojamosios dalies plotis, griežta geometrija. Šiuo atveju, dviratininkai, važiuodami dviračių eismo juosta, priartėja prie krašto, tik kai jie ketina išvažiuoti sekančiame išvažiavime. Kitu atveju, dviratininkas važiuoja atokiau nuo krašto. Nors tai sumažino nelaimingų atsitikimų skaičių, gali būti, jog jos projektiniai sprendimai veikia sėkmingai, dėl to, jog sankryža naudojasi daug dviratininkų, o vairuotojai įprato sąveikauti su jais (prieiga per internetą (<http://www.dft.gov.uk>)).

Dviratininkų eismas žiedinėje sankryžoje organizuojamas važiuojamojoje dalyje tuo atveju, kai eismo intensyvumas yra iki 15000 aut/parą. Nerekomenduojama įrenginėti dviračių eismo juostos važiuojamojoje dalyje (Haller 2006).

Užstatytose teritorijose siūloma dviračių eismą leisti važiuojamąją dalimi ir tada, kai sankryžos prijungiamuosiuose keliuose jis vyksta dviračių takais. Tačiau būtina paisyti šių principų (FGSV, 2006):

- ✓ Dviračių eismo juostasankryžos įvažiavimuose turi baigtis prieš žiedinę sankryžą, o toliau tęstis kaip saugos juosta iki važiuojamosios dalies skiriančiosios salelės pradžios (43 pav);
- ✓ Dviračių eismas šalia gatvės nutiestais dviračių takais, kuris žiedinėje sankryžoje turi būti vykdomas važiuojamąją dalimi, dar sankryžos įvažiavimuose turi būti vykdomas važiuojamąją dalimi.



43 pav. Rampa užvažiuoti dviratininkams prieš žiedinę sankryžą, Oregonas

Neužstatytose teritorijose dviračių eismo organizavimas važiuojamąja dalimi yra tinkamas, kai sankryžų prijungiamuosiuose keliuose nėra dviračių takų, o eismas nėra intensyvus. Jeigu dviračių takai sankryžų įvažiavimuose nutiesti link žiedinės sankryžos, dviračių takų pratęsimas už žiedinių sankryžų važiuojamosios dalies ribų yra saugus ir daugeliui dviratininkų priimtinas sprendimas (FGSV, 2006).

L.G.H. Fortuijn atliko tyrimus, kurie parodė, kad esant mažiems intensyvumams (mažiau kaip 6000 aut./parą visuose įvažiavimuose), teigia, kad nėra akivaizdaus saugos skirtumo tarp žiedinių sankryžų su dviračių takais ir žiedinių sankryžų be jų.

2.6. TRANSPORTO EISMO ORIENTAVIMAS ŽIEDINĖSE SANKRYŽOSE

2.6.1. Horizontalus ir vertikalus ženklavimas

Kad sankryža būtų tvarkinga, informatyvi, saugi ir patogi, turi būti užtikrintas aiškus (ypač esant kelioms eismo juostoms) žymėjimas kelio ženklais, dangos ženklavimu, informaciniais skydais. Tuo siekiama, kad vairuotojas, prieš įvažiuodamas į sankryžą, galėtų pasirinkti tinkamą eismo juostą. Judėjimas turi būti sutvarkytas taip, kad vairuotojui nereikėtų pulti persirikiuoti pačioje sankryžoje arba prieš pat ją. Likus ne mažiau kaip 200 metrų iki sankryžos jis jau turi būti informuotas apie tai, kurią juostą reikia pasirinkti priklausomai nuo tolimesnės važiavimo krypties.

Pagal Lietuvos kelių eismo taisykles, Europoje naudojami įvairūs ženklai ar jų deriniai, nurodantys žiedinę sankryžą (su išpėjamaisiais ženklais, arba be jų). Lietuvoje toks išpėjamasis ženklas būtų 111 „Žiedinė sankryža“ (44 pav.).



44 pav. Kelio ženklų pavyzdžiai

Austrijoje, Prancūzijoje ir Airijoje nenaudojamas privalomasis ženklas „priverstinė žiedinė sankryža“, nurodantis posūkio kryptį (VTT Technical Research Centre of Finland, 2004). Lietuvoje toks ženklas, pagal Kelių eismo taisykles, būtų nukreipiamasis ženklas 410 „Eismas ratu“.

Turbininėse žiedinėse sankryžose WimvandenWijk žiedinės važiuojamosios dalies nesiūlo ženklinti rodyklėmis, kurios nurodo važiavimo kryptis juostose. Tik įvažiuimuose, padedant pasirenkant tinkamą važiavimo juostą žiedinėje sankryžoje.

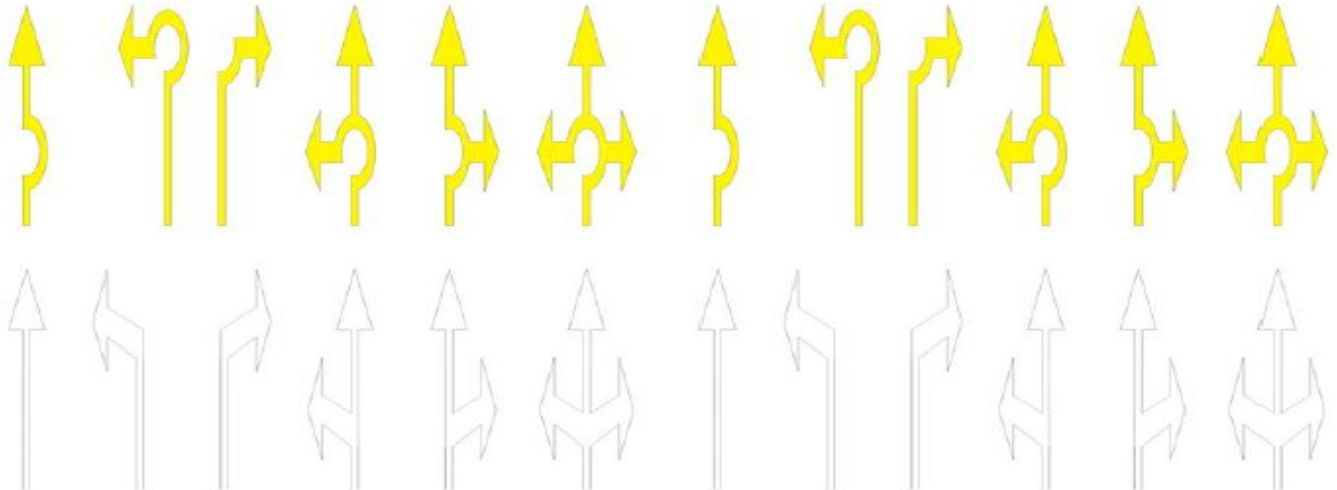
Kitose šalyse, pvz., Slovėnijoje naudojamas važiuojamosios dalies ženklavimas rodyklėmis, kurios nurodo važiavimo kryptis juostose.

Turbininėse žiedinėse sankryžose važiavimo juostos žiedinėje važiuojamojoje dalyje yra fiziškai atskirtos, o tai reiškia, kad neįmanoma pakeisti žiedinėje važiuojamojoje dalyje važiavimo juostos, t.y. persirikiuoti. Todėl vairuotojas remdamasis tinkamu kelio ženklavimu, dar prieš įvažiuodamas į žiedinę sankryžą, turi apsispręsti dėl tinkamos važiavimo krypties (tinkamos važiavimo juostos). Be to, šiose žiedinėse sankryžose neleidžia apsisukti (grįžti į atvykimo kryptį), todėl yra labai svarbus kelio vertikalus ir horizontalus ženklavimas (Tollazzi, 2010).

Be to, priklausomai nuo žiedinės sankryžos paskirties (ar tai yra gatvių, ar vietinių kelių, ar valstybinių kelių sankryžos) turi būti įrengtos važiuojamosios dalies skiriančiosios salelės vidinėje pusėje

– krypties rodyklės, bei išankstinės krypčių rodyklės (taip pat ir pakabinamos virš įvažiavimų važiuojamosios dalies, kuriose iš anksto transporto priemonių vairuotojai būtų informuojami apie būsimą turbininę eismo sankryžą, kokiomis juostomis galima pasiekti nurodytas gyvenvietes (Tollazzi, 2010).

Turbininių žiedinių sankryžų įvažiavimuose naudojamos rodyklės, sukurtos specialiai šioms sankryžoms. Slovėnijoje naudojamų rodyklių formas matome 45 pav. 45 pav. viršutinėje eilėje parodytos rodyklės naudojamos turbininės žiedinės sankryžos įvažiavimuose, o apatinėje eilėje – žiedinėje važiuojamojoje dalyje (Tollazzi, 2010).



45 pav. Turbininių žiedinių sankryžų rodyklių, naudojamų Slovėnijoje, formos (Tollazzi, 2010)

2.6.2. Maršrutinis orientavimas

Maršrutinio orientavimo sistema- informacinių ženklų visuma, informuojanti vairuotojus apie tai, kur jie yra (kelių numeriai, artimieji objektai) ir apie judėjimo kryptį (tolimieji objektai).

Maršrutinis orientavimasskirtas vairuotojams nežinantiems kelio.

Kiekvienas maršrutas, pagal kelių „Maršrutinio orientavimosi taisyklės“ 2007, informaciniame ženkle (krypčių, atstumų rodyklėje) parodytas objektas turi būti nurodomas visuose toliau statomuose šio maršruto informaciniuose ženkluose ir rodomas iki pat objekto. Maršrutinio orientavimo principams įgyvendinti yra naudojami Kelių eismo taisyklėse numatyti informaciniai ženklai ir kelių ženklinimas:

- ✓ Informaciniuose ženkluose kiekviena kryptimi nurodomi ne daugiau kaip du objektai. Išimtiniais atvejais gali būti nurodyti trys objektai;
- ✓ Informaciniuose ženkluose gali būti nurodomas tarpinio miesto pavadinimas, tačiau šis miestas turi būti tame pačiame kelyje arba nuo jo nutolęs ne daugiau kaip 3 km;
- ✓ Informaciniuose ženkluose pirma nurodomas arčiausiai esančio objekto pavadinimas (pirmas nuo viršaus), toliau – tolimesnio objekto pavadinimas ir galiausiai – tolimiausio objekto pavadinimas;

✓ Gerinant maršrutinį orientavimą, keliuose, važiavimo kryptimi turinčiuose daugiau negu viena eismo juosta, prieš sankryžą su keliu, turinčiu numerį, rekomenduojama ženklinti važiuojamąją dalį horizontaliuoju ženklinimu Nr.1.20.

Visi šie patobulinimai skirti automobilių vairuotojams suteikti informaciją apie tinkamą juostos pasirinkimą prieš įvažiuojant į žiedinę sankryžą, ir geriau orientuotis žiedinėje sankryžoje, kad nesukelti konfliktų tarp transporto priemonių. Vairuotojai dabar gali pervaziuoti sankryžą nuo įvažiavimo į žiedą iki jo išvažiavimo be persirikiavimo (46 pav.).



46 pav. Sankryža be maršrutinio orientavimo pav. a ir su maršrutinio orientavimo ženklais pav. b

2.6.3. Apšvietimas

Vokietijoje žiedines sankryžas užstatytose teritorijose siūloma apšviesti, jei yra apšviestos į jas vedančios gatvės. Apšviestos žiedinės sankryžos būna lengviau atpažįstamos. Be to, apšviečiamos

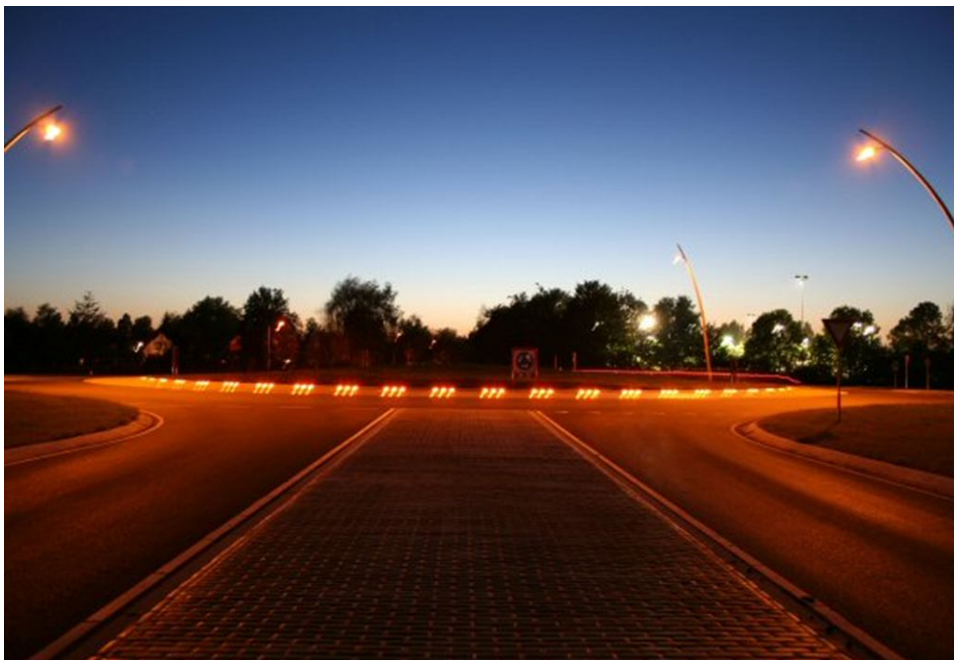
dviračių ir pėsčiųjų perėjos. Taip pat, siekiant didesnio dviratininkų ir pėsčiųjų saugumo, rekomenduojama apšviesti pėsčiųjų ir dviratininkų takus, vedančius iki sankryžos ir už jos. Sankryža turi būti apšviečiama iš išorės, t.y. ne iš vidinės salos. Apšvietimo atramų vidinėje saloje nerekomenduojama statyti, nes transporto priemonių atsitrenkimas į juos gali sukelti skaudžių eismo įvykių (FGSV, 2006).

Vokietijoje pasiteisino toks stulpų išsidėstymas (FGSV, 2006):

- ✓ kiekvienos perėjos šonuose,
- ✓ tarp sankryžos prijungiamųjų kelių,
- ✓ važiuojamosios dalies skiriančiojoje salelėje.

Žiedinės sankryžos, esančios neužstatytose teritorijose, dažniausiai neapšviečiamos. Jeigu užstatytų teritorijų prieigose esančios žiedinės sankryžos aplinkoje pasitaiko klaidinančių šviesos šaltinių, tai ją vertėtų apšviesti, nes tai pagerintų žiedinės sankryžos atpažinimą (FGSV, 2006).

Vienas iš Olandijoje naudojamų metodų geriau atpažinti sankryžą tamsoje, tai vidinės salos dalyje įrengtos lemputės (47 pav.)



47 pav. Vidinės salos kraštuose įrengtas apšvietimas, Olandija

JAV Transporto departamentas išnagrinėjo šių šalių patirtį: Suomijos, Šveicarijos, Prancūzijos, Belgijos ir Olandijos. Šių šalių specialistai vadovaujami specialiomis žiedinių sankryžų apšvietimo rekomendacijomis. Jose pabrėžiama, kad žiedinių sankryžų apšvietimas turėtų būti aukštesnio lygio, nei įeinančių į jas gatvių apšvietimo lygis.

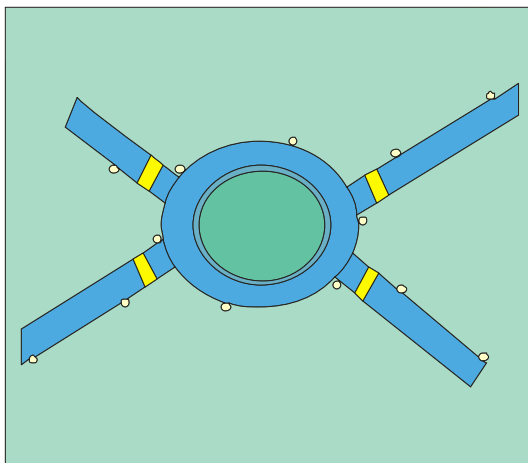
Prancūzijoje žiedinės sankryžos skirstomos į tris kategorijas (U.S. Department of transportation, 2001):

- ✓ užstatytose teritorijose → sistemingas apšvietimas;
- ✓ priemiestyje → apšvietimas rekomenduojamas;

- ✓ neužstatytose teritorijose → neapšviesta, nebent greta jau yra įrengtas apšvietimas.

Prancūzijoje yra leidžiama įrengti šviestuvus tiek išoriniame žiedinės sankryžos krašte, tiek vidinėje salelėje. Suomijoje, Belgijoje ir Šveicarijoje, žiedinės sankryžos yra apšviečiamos nuo išorinio krašto. Šveicarijos ir Belgijos projektuotojai anksčiau žiedinės sankryžas apšviesdavo nuo jos centro, tačiau nustatė, jog šis būdas turi trūkumų, nes toks apšvietimo būdas sudaro „neigiamą kontrastą“ pėsčiųjų perėjose ir žiedinėse sankryžose. Šveicarai suprojektavo šviesos srauto tikslus nukreipimus į pėsčiųjų perėjas ir žiedines sankryžas, suteikiant „teigiamą kontrastą“. Šveicarijos ir Belgijos ekspertai mano, kad tinkamas šviestuvų išdėliojimas (48 pav.) suteiks „teigiamą kontrastą“ pėstiesiems ir automobiliams, taip pagerinant atpažinimą. Be to, gerai matomų (šviesą atspindinčių) medžiagų naudojimas ant vidinės salelės bordiūrų (ar pakraščio), sustiprina pastebimumą (U.S. Department of transportation, 2001).

Suomijoje projektuotojai vadovaujasi požiūriu, kad žiedinė sankryža turi būti apšviesta 30 % stipriau, nei privažiavimai. Šveicarijoje žiedinėse sankryžose yra projektuojamas homogeninis apšvietimas, kuris yra apie 50 % stipresnis už geriausio privažiavimo kelio apšvietimą. Belgijoje laikomasi nuomonės, kad žiedinės sankryžos įvažiavimai (120-150 m prieš žiedinę sankryžą) taip pat turėtų būti apšviesti (U.S. Department of transportation, 2001).



48 pav. Šveicarų rekomenduojamos šviestuvų vietos (U.S. Department of transportation, 2001)

CEDR pateikia europos narių apibendrinimus dėl sankryžų apšvietimo:

- ✓ Austrija. Užstatytose teritorijose apšvietimas privalomas visuose keliuose. Neužstatytose teritorijose apšvietimas nerengiamas, išskyrus pavojingiausias kelio ruožus (pvz., sankryžos ar pėsčiųjų perėjos), kurie nustatomi kiekvienu atveju atskirai;

- ✓ Danija. Neužstatytose teritorijose galioja tokia pagrindinė taisyklė: keliai neapšviečiami, išskyrus šviesoforu reguliuojamas sankryžas ir pėsčiųjų perėjas (kuriose apšvietimas būtinas). Tačiau, neužstatytose teritorijose, kur galėtų būti apšviestos, pvz., žiedinės sankryžos, pagrindinės sankryžos, taip pat ir juodosios dėmės. Šiuos klausimus, susijusius su apšvietimu, sprendžia įvairios kelių institucijos. Užstatytose teritorijose galioja ši pagrindinė taisyklė: visi keliai turėtų būti apšviesti. Tačiau, klausimus,

susijusius su apšvietimu, išskyrus šviesoforu reguliuojamas sankryžas ir pėsčiųjų perėjas (kurios privalo būti apšviestos), sprendžia vietinės reikšmės kelių institucija;

✓ Suomija. Apšvietimas užstatytose teritorijose numatomas visose gatvėse ir keliuose. Neužstatytose teritorijose žiedinės sankryžos dažniausiai yra apšviečiamos. Jos yra apšviečiamos kaip dalis apšviestos kelio atkarpos; dėl pavienių sankryžų yra svarstoma atskirai;

✓ Islandija. Bendrai apšvietimas numatomas: užstatytose teritorijose – visuose valstybinės reikšmės keliuose; Neužstatytose teritorijose – numatomas tik šiose vietose: žiedinėse sankryžose, sankryžose su pakeltomis salomis, o kitose sankryžose, tik jei yra tam tikros sąlygos, pvz., bloga geometrija arba joje įvyksta daug eismo įvykių;

✓ Airija. Įprastai apšvietimas turėtų būti numatomas šiose vietose: užstatytose teritorijose, kai didžiausias leistinas greitis 60 km/h ir mažiau; skirtingo lygio sankryžose; žiedinėse sankryžose; sankryžose su pakelta sala ir kt;

✓ Italija. Naujame standarte, pagal kurį projektuojamos naujosios sankryžos, nurodoma, kad privaloma apšviesti visas skirtingų lygių sankryžas;

✓ Graikija. Apšvietimas yra privalomas: pagrindinėse valstybinių kelių sankryžose; visose greitkelių ir dviejų važiuojamųjų dalių sankryžose; daugumoje atkarpų, jungiančių užstatytas teritorijas. Provincijų kelių tinklo ir miesto vietovių apšvietimo sprendimus priima vietos valdžios institucijos;

✓ Norvegija. Užstatytose teritorijose, kai didžiausias leistinas greitis 60 km/h ir mažiau, apšvietimas numatomas šiose vietose: pėsčiųjų perėjos, žiedinės sankryžos ir kt. Apšvietimas taip pat turėtų būti numatomas šiuose keliuose: dviejų eismo juostų keliuose su centrine rezervine juosta (vidutinis metinis paros eismas 8000-12000; greičio apribojimas iki 90 km/h); keturių eismo juostų keliuose (vidutinis metinis paros eismas daugiau nei 20000; greičio apribojimas iki 80 km/h) bei greitkeliuose, kuriuose greičio ribojimas yra 100 km/h;

✓ Didžioji Britanija. Standarte „Kelių eismo apšvietimas“ („TrafficRouteLightning“) rašoma, kad pagrindinis strateginių kelių tinklo apšvietimo tikslas – sumažinti eismo įvykių, kuriuose nukenčia žmonės. Apšvietimo nauda nustatoma kiekybiniu metodu. Siekiant kelių apšvietimą pagrįsti ekonomiškai, reikia įvertinti prognozuojamas eismo įvykio sąnaudas, kurios turi būti didesnės nei apšvietimo sistemos išlaidos. Kelių apšvietimo įtaka eismo saugumui nėra esminė. Todėl jis neturėtų būti naudojamas, kaip atskiras saugumo gerinimo elementas, nebent kelių saugos inžinieriai detalai išnagrinėjo įvykį, jį įvertino ir padarė išvadą, kad kelių apšvietimas būtų geriausias sprendimas.

2.6.4. Kraštovaizdis

Gyvenvietės ribose žiedinės sankryžos dažniausiai yra pagrindiniai miesto užstatymo elementai. Kaip erdvę dalinantieji arba užbaigiantieji elementai, jie gali pertraukti linijines gatvių erdves ir gatvių tinkle išryškinti tam tikras vietas. Todėl žiedinės sankryžos pirmiausia įrengiamos ten, kur miesto

statybiniu požiūriu galima pateisinti ypatingą vietos išryškinimą. Tinkamai priderinant galima pasiekti miesto statybos kokybės ir žiedinės sankryžos ir jo apylinkių vaizdo pagerinimo. Miesto statybos požiūriu problemiškos žiedinės sankryžos yra ten, kur ypatingas vietos paryškinimas nėra pateisinamas, o gatvių išplanavimo apribojimas dėl miesto užstatymo labai nesiderina susankryžos žiedo forma. Eismo žiedai už gyvenvietės ribų dažniausiai prisiderina prie kraštovaizdžio. Išskyrus sankryžas su tilto statiniais, kurių nuolydis nukrypsta nuo natūralaus teritorijos reljefo (FGSV, 2006).

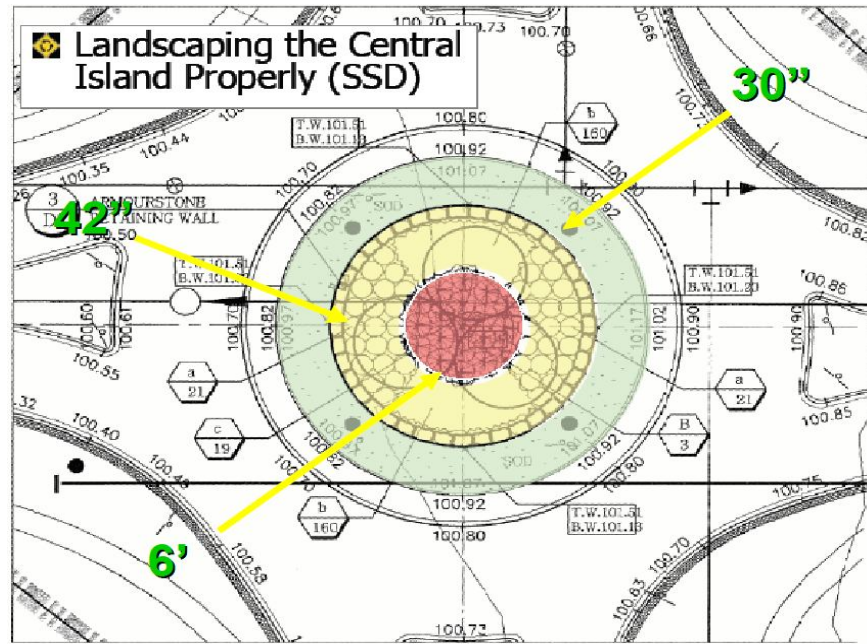
Moderni žiedinė sankryža, pakeičia vietovės estetinį vaizdą. Kitų šalių sankryžose, kad būtų gražiau, taip pat kuriama floros biologinė įvairovė, ten žydi gėlės, auga medeliai (49 pav.).



49 pav. Žiedinės sankryžos gerinančios miesto vaizdą (prieiga per internetą (www.travelpod.com; www.skyscrapercity.com))

Augalai negali užstoti kelio ženklų. Apželdinta vidinė salelė aiškiai vairuotojui nurodo, kad negalima tiesiai kirsti per vidinę salą. Pėsčiųjų eismas per vidinę salą draudžiamas. Augalai turi būti tokio aukščio, kad netrukdytų vairuotojų pastabumui, bei palaikytų žvilgsnio atstumą.

Scott Ritchie augalų sodinimą žiedinėje sankryžoje siūlo tokia aukštėjimo tvarka: salelės centre augalų aukštis $\geq 1,83$ m (6'), artėjant link vidinės salos krašto $\geq 1,07$ m (40") ir vidinėje salos dalyje sodinti augalus neaukštesnius kaip $\geq 0,76$ m (30") (50 pav.).



50 pav. Augalų sodinimo schema (Ritchie 2008)

2.7. ANTROJO SKYRIAUS IŠVADOS

1. Sankryžos dažniausiai rekonstruojamos į žiedines sankryžas itin avaringose vietose, kur susiformavusios „juodosios dėmės“ ar kituose pavojinguose ruožuose. Įvykių analizė parodė, kad tose vietose avaringumas sumažėja 95 %.

2. Svarbus sankryžų parametras – sankryžos pralaidumas. Žiedinėje sankryžoje pralaidumas didesnis 3,6 karto ir transporto prastovų laikas žymiai mažesnis, negu šviesoforu reguliuojamoje sankryžoje.

3. „Turbo“ žiedinės sankryžos pralaidumas didesnis 1,5–2,5 karto nei vienos eismo juostos žiedinės sankryžos, 1,0–1,5 karto didesnis nei dviejų eismo juostų žiedinės sankryžos.

4. Žiedinėse sankryžose yra mažiau konfliktinių taškų nei kitose vieno lygio sankryžose. Keturšalėse sankryžose yra 32 konfliktiniai taškai, trišalėse sankryžose yra 9 konfliktiniai taškai, keturšalėse žiedinėse sankryžose – 8 konfliktiniai taškai.

5. Išanalizavus užsienio šalių patirtį „Turbo“ žiedinės sankryžos yra saugesnės nei dviejų važiavimo juostų žiedinės sankryžos, kadangi jų važiuojamojoje dalyje nevyksta persirikiavimas.

6. Moksliniai tyrimai Prancūzijoje, Vokietijoje ir Olandijoje išaiškino, kad didesnės žiedinės sankryžos yra avaringesnės nei mažesnės žiedinės sankryžos. Dėl to, jog didesnių žiedinių sankryžų žiedinėje važiuojamojoje dalyje ir įvažiavimuose važiuojama greičiau, mažėja jų pralaidumas bei įvyksta daugiau eismo įvykių.

7. Važiuojamosios dalies skiriančiosios salelė teigiamai veikia tiek motorizuotų transporto priemonių, tiek nemotorizuotų eismo dalyvių saugą, o taip pat didina žiedinės sankryžos pralaidumą. Todėl jos naudojimas yra privalomas turbininėse žiedinėse sankryžose.

8. Juostų atskyrimo salelės neleidžia vairuotojams atlikti draudžiamo manevro – lenkti sankryžos zonoje. Įrengtos iškilios saugos salelės vairuotoją veikia ir psichologiškai. Matydamas susiaurėjusią važiuojamąją dalį, jis nevalingai mažina greitį, tuo pačiu sumažėja eismo įvykio tikimybė, o jam įvykus sušvelnėja pasekmės.

9. Priklausomai nuo šalies žiedinės sankryžos yra skirstomos į skirtingus tipus pagal skirtingus veiksnius:

- ✓ Didžiojoje Britanijoje žiedinės sankryžos skirstomos pagal geometriją bei funkciją;
- ✓ Vokietijoje žiedinės sankryžos skirstomos pagal tai, ar jos yra užstatytose teritorijose, ar už jos ribų. Taip pat jos skirstomos pagal dydį;
- ✓ Lietuvoje žiedinės sankryžos skirstomos pagal, tai ar jos yra užstatytose ar ne užstatytose teritorijose ir dydį: į mažąsias ir didžiąsias žiedines sankryžas.

Išanalizavus užsienio šalių patirtį, galima teigti, kad „Turbo“ žiedinės sankryžos yra tinkamos, kur susikerta didelio eismo intensyvumo kelias su mažesnio intensyvumo keliu.

10. Žiedinių sankryžų su asfalto danga projektinis naudojimo laikotarpis yra 30 metų. Žiedinėms sankryžoms su betono danga rekomenduojamas projektinis naudojimo laikotarpis turi sudaryti ne mažiau kaip 40 metų.

11. Žiedinių sankryžų dangos konstrukcijos klasė parenkama 1 pakopa aukštesnė, negulabiliausiai apkrautai šios sankryžos važiuojamosios dalies juostai priskirta dangos konstrukcijos klasė.

12. Išanalizavus užsienio šalių žiedinių sankryžų apšvietimo patirtį, nustatyta, kad:

- ✓ užstatytose teritorijose yra rekomenduotina įrengti žiedinių sankryžų apšvietimą, nes:
 - ✓ pagerinamas žiedinių sankryžų atpažinimas;
 - ✓ apšviečiamos pėsčiųjų ir dviračių perėjos.
- ✓ nerekomenduotina apšvietimo atramas įrengti žiedinių sankryžų vidinėje saloje:
 - ✓ nes transporto priemonių atsitrenkimas gali sukelti skaudžias pasekmes;
 - ✓ apšvietimas nuo išorinio žiedinės sankryžos krašto bei perėjų kryptinis apšvietimas, gerina pėsčiųjų ir transporto priemonių atpažinimą.

3. ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ LAIDUMO TYRIMAS

3.1. TYRIMO OBJEKTAS IR METODIKA

Vienas svarbiausių rodiklių nurodančių sankryžos efektyvumą yra sankryžų aptarnavimo kokybė. Tyrimo tikslas yra panaudojant Vokiečių HBS kelių eismo įrenginių vadovo metodiką įvertinti Vilniaus miesto apylinkėse pasirinktų žiedinių sankryžų pralaidumą eismo proceso kokybės atžvilgiu. Eismo procesui įvertinti naudojamos verčių ribos, pavadintų raidėmis A – F (A lygis = geriausia kokybė, F lygis = blogiausia kokybė). Pralaidumas yra didžiausias eismo intensyvumas, kurį esamomis kelio ir eismo sąlygomis gali pasiekti tam tikras eismo srautas jam skirtame skersiniame profilyje. Kaip pagrindinis kriterijus, taikomas eismo proceso kokybei apibūdinti sankryžose be šviesoforo, laikomas vidutinis transporto priemonių srautų laukimo laikas. Lemiamą reikšmę turi laukimo laikai duotomis kelio ir eismo sąlygomis taip pat geromis kelio, apšvietimo ir oro sąlygomis.

Tyrimui atlikti pasirinktos dvi mažosios žiedinės sankryžos ir viena didelė:

- ✓ trišalė mažoji žiedinė sankryža Plytinės ir Dvarčionių gatvių sankirtoje, Vilniuje;
- ✓ keturšalė mažoji žiedinė sankryžą Nemėžis-Šalčininkai-Salininkai-Vilnius, Vilniaus priemestėje;
- ✓ keturšalė žiedinė sankryža Trakai-Marijampolė-Vilnius-Autobusų stotis, Trakų mieste.

Trišalė žiedinė sankryža Plytinė-Dvarčionys ir keturšalė žiedinė sankryža Nemėžis-Šalčininkai-Salininkai-Vilnius, dėl didelių įskaitinių eismo įvykių skaičiaus buvo rekonstruotos į žiedines sankryžas.

Pasirinktos sankryžos suprojektuotos vienos eismo juostos įvažiuoti į žiedą ir vienos eismo juostos žiedo važiuojamojoje dalyje.

Tyrimui atlikti buvo nustatomi esami transporto priemonių srautai visomis kryptimis piko valandą ir pagrindiniai geometriniai sankryžų parametrai.

Eismo intensyvumo matavimai buvo atliekami vizualiniu būdu, t.y. skaičiuojant automobilius 1 valandą piko metu.

Vizualus transporto eismo intensyvumo nustatymo būdas yra tiksliausias, nes taip galima priskirti kiekvieną pravažiavusią transporto priemonę prie atitinkamos automobilių klasės. Šitoks matavimo būdas yra pigiausias, nes nereikia pirkti ar įrengti jokios papildomos įrangos, kad būtų galima matuoti transporto eismo intensyvumą.

Nustatytas eismo intensyvumas perskaičiuotas į vidutinį metinį paros eismo intensyvumą.

Eismo proceso kokybės įvertinimas vykdomas trimis pagrindiniais etapais:

- ✓ Nustačius pagrindinio pralaidumo rodiklius gaunami fiktyvūs dydžiai, kaskart taikomi šalutinio srauto transporto priemonių, galinčių kirsti sankryžą, didžiausiam skaičiui.
- ✓ Faktinio pralaidumo rodiklyje atsižvelgiama, kad šalutinių srautų eismas gali vykti tik tada, kai pagrindiniuose eismo srautuose, kuriems taikoma prievolė laukti, nėra spūsties.

✓ Galiausiai turint pralaidumo rezervą, kaip pralaidumo ir eismo intensyvumo skirtumą, remiantis vidutiniu laukimo laiku, galima atlikti eismo proceso kokybės įvertinimą.

Tam tikslui, priklausomai nuo esamų ribinių sąlygų (lemiama pagrindinio srauto apkrova, pėsčiųjų poveikis ir geometriniai duomenys), nustatomas pralaidumas C_i , o iš jo – pralaidumo rezervas R_i . Iš 52 pav. pateiktų kreivių gaunamas šiam pralaidumo rezervui būdingas vidutinis laukimo laikas w_i . Paskui, atlikus galutinį palyginimą su nurodytu laukimo laiku w , gaunama siekiama eismo proceso kokybė. Iš esmės nelygybė (6) taikoma visiems šalutiniams eismo srautams, taip pat ir mišriems srautams m .

Pateikiant apibendrintą eismo situacijos šalutinėje įvažoje su viena mišraus eismo juosta įvertinimą, lemiamą reikšmę, visą sankryžą (tam tikru laikotarpiu) priskiriant A–F kokybės pakopai, turi mažiausias pralaidumo rezervas $\min \{R_i, R_m\}$ arba visų eisme dalyvaujančių i ir m srautų didžiausias laukimo laikas $\max \{w_i, w_m\}$.

Kaip pagalbinė veikslių eigos priemonė pateikiamos 3a–3b formos (žr. 1 priedas):

a formoje, registruojami eismo duomenys ir geometrinės sąlygos;

b formose laipsniškai fiksuojami pralaidumo skaičiavimai.

Galutinis **eismo proceso kokybės įvertinimas** žiedinėje sankryžoje atliekamas b formoje.

Formose ir skaičiavimo pavyzdžiuose pirmiausia reikia atkreipti dėmesį į šiuos punktus:

✓ Laukai pilkame fone nepildomi.

✓ Nurodant eismo juostų skaičių pirmuose formos lapuose numatyti galimi įrašai: 0, 1, arba

2. Jie reiškia:

0: atskiros eismo juostos tam tikram eismo srautui nėra. Šis eismo srautas dažniausiai nukreipiamas kartu su kitu srautu į mišrią eismo juostą. Galima ir kitokia interpretacija: tokio eismo srauto nėra, pvz., kai draudžiama sukti. Kuris iš šių dviejų variantų yra taikomas atskiru atveju, paaiškėja įrašius eismo intensyvumo rodiklius.

1: Šiam eismo srautui yra numatyta viena eismo juosta, kuria pagal aplinkybes gali naudotis greta važiuojantis eismo srautas.

2: Šiam eismo srautui yra numatytos 2 eismo juostos, kuriomis pagal aplinkybes gali naudotis greta važiuojantys eismo srautai.

3.2. ŽIEDINIŲ SANKRYŽŲ LAIDUMO TYRIMAS

Mažoji trišalė žiedinė sankryža Plytinės ir Dvarčionių gatvių sankirtoje

Tyrimui atlikti pasirinkta trišalė žiedinė sankryža, Plytinės ir Dvarčionių gatvių sankirtoje (51 pav.). Eismo intensyvumo matavimai atlikti 2011 metų balandžio mėn. 27 dieną (trečiadienį), rytinio piko metu, t.y. nuo 7 val. iki 8 val. ryto.



51 pav. Trišalė žiedinė sankryža važiuoti link Dvarčionių, Vilnius

Tyrimo veiksmų eiga

Nustatomi sankryžoje esami transporto priemonių srautai ir jų pirmumo eiliškumas.

Eismas žiedinė sankryžoje, traktuojamas kaip T formos trišalių sankryžų. Eismo srautams įvažose, žiedinė sankryžos važiuojamąją dalimi važiuojantis eismo srautas, yra pagrindinis srautas. Kuo didesnis pagrindinio srauto, į kurį reikia atsižvelgti, eismo intensyvumas, tuo mažiau posūkio galimybių turi eismo srautai, kuriems taikoma prievolė laukti. Ši priklausomybė atsiskleidžia 52 pav. nustatant žiedinių sankryžų srautų kryptis.

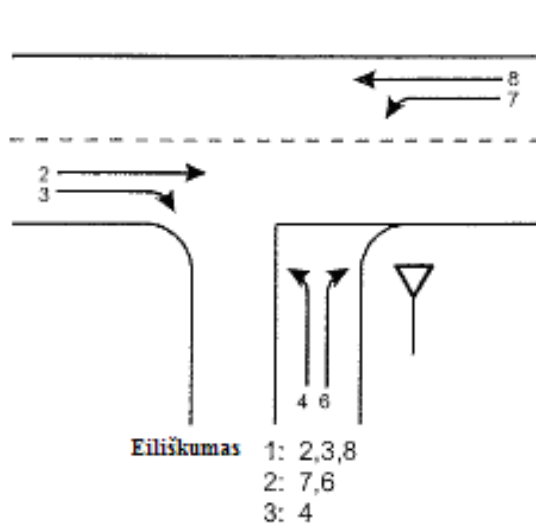
Žiedinėje sankryžoje dalyvauja tik 1 ir 2 lygio eismo srautai:

Pirmo lygio srautas. Neapribotas eismo pirmumas visų kitų transporto srautų atžvilgiu, kartu tai $r = 1$ eilės srautai (numeravimas pagal 49 pav.):

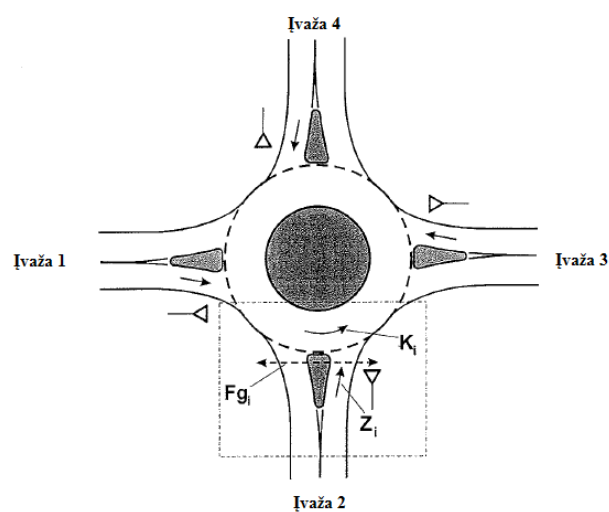
- ✓ tiesiai važiuojantis srautas pagrindiniame kelyje (2 ir 8 transporto srautai);
- ✓ į dešinę iš pagrindinio kelio sukantis srautas (3 transporto srautas).

Antro lygio srautas. Eismo pirmumo požiūriu žemesnio eiliškumo, $r = 2$ eilės, yra šalutiniai srautai, kurie privalo praleisti tik pirmos eilės transporto srautus:

- ✓ į kairę iš pagrindinio kelio sukantis srautas (7 transporto srautas);
- ✓ į dešinę iš šalutinio kelio sukantis srautas (12 transporto srautas).



Trišalė sankryža



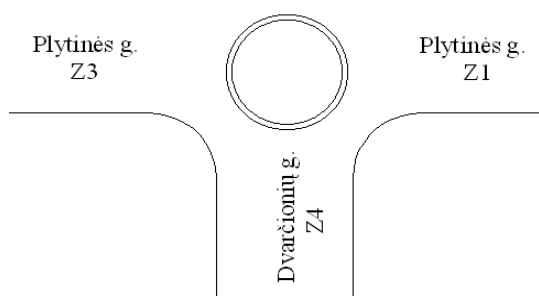
Ketursalė žiedinė sankryža

52 pav. Transporto srautai žiedinėje sankryžoje

Transporto srautas K_i žiedinės sankryžos važiuojamojoje dalyje prieš įvažą i turi eismo pirmumo teisę Z_i transporto srauto įvažoje i atžvilgiu ir kartu lygį, kuris yra $r = 1$. Transporto srautui įvažoje yra taikomas $r = 2$ lygis (52 pav.).

1) Eismo intensyvumo $q_{z,i}$ (įvažos i pralaidumo rodiklis, aut./h) ir $q_{k,i}$ (važiuojamosios dalies i eismo intensyvumo rodiklis, aut./h) visiems eismo srautams i nustatymas.

Skaičiuojami žiedinių sankryžų eismo intensyvumo rodikliai: taikomi žiedinę sankryžą važiuojantiems transporto srautams, ir eismo intensyvumo rodikliai, taikomi prieš pat įvažą į žiedinę važiuojamąją dalį įvažiuojantiems transporto srautams (neskaičiuojant transporto srauto, išvažiuojančio ta pačia sankryžos atšaka). Į skaičiavimą įtraukiami didžiausi, tuo pačiu metu susidarantys, valandiniai visų transporto srautų eismo intensyvumo rodikliai. Eismo intensyvumo duomenys pateikti 5 lentelėje.



5 lentelė. Dvarčionių žiedinės sankryžos eismo intensyvumo rezultatai

Iš/Į	Z1	Z2	Z3	Z4	$\sum(Z_i)$	$\sum(K_i)$
------	----	----	----	----	-------------	-------------

Z1	0	-	357	74	431	161
Z2	-	0	-	-	-	-
Z3	121	-	0	69	190	74
Z4	57	-	161	0	218	121

Šie eismo intensyvumo rodikliai nustatomi atskirai lengviesiems automobiliams q_{pkw} , sunkiasvoriams automobiliams (įskaitant autobusus) q_{Lkw} , motociklams q_{kr} , automobiliams traukiniams q_{lir} dviračiams q_{Rad} . Išimties atvejais taip pat gali būti taikomas bendrasis visų transporto priemonių eismo intensyvumo rodiklis q_{Fz} . Siekiant skaičiavimuose atsižvelgti į transporto priemonių skirtumus (pvz. skirtinga greitėjimo jėga ir transporto priemonės ilgis), žiedinėms sankryžoms tiek šalutinių, tiek ir pirmaeilių transporto srautų eismo intensyvumo rodikliai, remiantis 6 lentele, perskaičiuojami į Pkw vienetų q_{PE} .

6 lentelė. Koeficientai, naudojami perskaičiuoti eismo intensyvumo rodiklius į lengvųjų automobilių q_{PE} vienetų

Perskaičiavimo koeficientas					
Dvir. ¹⁾	Motoc.	L.aut.	Sunk.aut.	Autom. trauk.	Aut. ²⁾
0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	1,1

1) Dviratininkai mišriame sraute važiuojamojoje dalyje.

2) Apytikslis plotis, taikomas apytikriems skaičiavimams, kai transporto sudėtis nėra tiksliai žinoma.

Eismo intensyvumo duomenims perskaičiuoti, pasirinktas perskaičiavimo koeficientas 1,1, kai transporto sudėtis nėra tiksliai žinoma. Perskaičiuoti eismo intensyvumo duomenys į q_{PE} vienetų pateikti 7 lentelėje (q_{ZI} ir q_{KI} stulpelis).

7 lentelė. Dvarčionių žiedinės sankryžos eismo intensyvumo duomenys perskaičiuoti į q_{PE} vienetų

	$q_{FZ,i}$	$q_{KZ,i}$	q_{ZI}	q_{KI}
Z1	431	161	474	177
Z3	190	74	209	81
Z4	218	121	240	133

2) Geometrinių parametrų ir elementų nustatymas: eismo juostų skaičius įvažose, žiedinėje važiuojamojoje dalyje, perėjos, skiriamosios salelės (8 lentelė).

8 lentelė. Dvarčionių žiedinės sankryžos parametrai

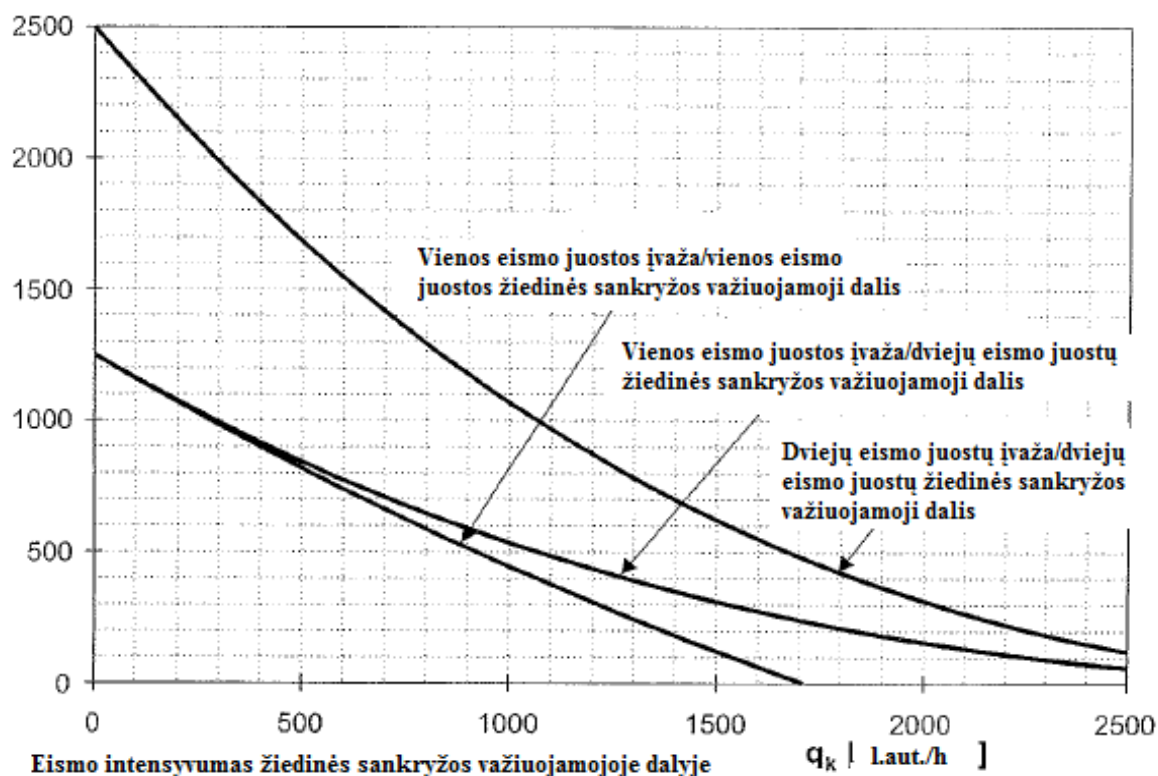
Parametrai	
Įvažiavimo/ išvažiavimo juostos plotis, m	6
Skiriamoji salelė, m	2
Eismo juostų skaičius, vnt.	1
Centrinės salelės skersmuo, m	28
Žiedo važiuojamosios dalies plotis, m	6,5

3) Pagrindinio pralaidumo G_i nustatymas visiems šalutiniams eismo srautams

Žiedinės sankryžos įvažos pagrindinis pralaidumas yra didžiausias galimas sankryžą privažiuojančių automobilių eismo intensyvumas, pasiekiamas išnaudojant žiedinės sankryžos važiuojamosios dalies pagrindiniame sraute atsiradusius tuščius laiko tarpus. Įvažos i pagrindinio pralaidumo rodiklis $G (= q_{z, \max, i})$ priklauso nuo eismo juostų skaičiaus žiedinės sankryžos važiuojamoje dalyje, eismo juostų skaičiaus įvažoje ir automobilių eismo intensyvumo žiedinės sankryžos važiuojamoje dalyje prieš pat įvažą $q_{k,i}$, pagal 53 pav.

Pagrindinis pralaidumas

$G [\text{Laut./h}]$



53 pav. Žiedinės sankryžos įvažų pralaidumas

Perskaiciuoti žiedinės sankryžos važiuojamosios dalies eismo intensyvumo duomenys į pagrindinį pralaidumą G pateikti 9 lentelėje.

9 lentelė. Dvarčionių žiedinės sankryžos pagrindinio pralaidumo perskaičiavimo rezultatai

	Pagrindinis pralaidumas G_i
Z1	1090
Z3	1190
Z4	1140

Pagrindinis pralaidumas G taip pat gali būti apskaičiuojamas šia lygtimi:

$$G = 3600 \times \left(1 - \frac{t_{\min} \times q_k}{n_k \times 3600} \right)^{n_k} \times \frac{n_z}{t_f} \times \frac{q_k}{3600} \times \left(t_g - \frac{t_f}{2} - t_{\min} \right) \quad (1)$$

$$G = 3600 \cdot \left(1 - \frac{t_{\min} \cdot q_k}{n_k \cdot 3600}\right)^{n_k} \cdot \frac{n_z}{t_f} \cdot e^{-\frac{q_k}{3600} \cdot \left(t_g - \frac{t_f}{2} - t_{\min}\right)}$$

Čia G = įvažos pagrindinis pralaidumas (aut./h);

q_k = eismo intensyvumas žiede (aut./h);

n_k = eismo juostų skaičius žiede (vnt.);

n_z = eismo juostų skaičius įvažoje (vnt.);

t_g = ribinis laiko tarpas (s);

t_f = sekantis laiko tarpas (s);

$t_{\min}$ = minimalus tuščias laiko tarpas tarp automobilių žiede (s).

Šiems trims parametrams t_g , t_f ir $t_{\min}$ taikomos tokios reikšmės:

$t_g = 4,1$ (s);

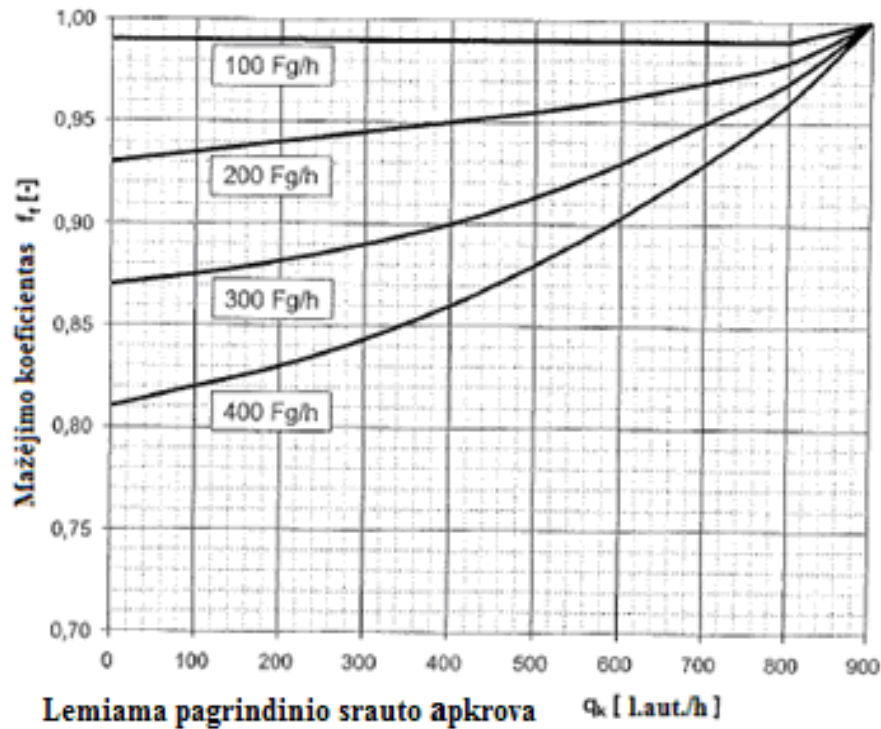
$t_f = 2,9$ (s);

$t_{\min} = 2,1$ (s)

Pėstieji, kertantys žiedinių sankryžų įvažas ir išvažas, gali pakenkti eismo pralaidumui. Pirmiausia tai taikoma tada, kai jiems yra įrengtos pėsčiųjų perėjos.

4) Mažėjimo faktorių f_f nustatymas pėsčiųjų poveikio įvertinimui

Jei lemiamo pagrindinio srauto eismo intensyvumas viršija 900 aut./h (prie vienos eismo juostos žiedinės sankryžos), tada šio pirmumo teise važiuojančio automobilių srauto įtaka sankryžą privažiuojančių automobilių važiavimo galimybėms yra tokia didelė, kad papildomas trukdymo poveikis dėl pėsčiųjų kelio kirtimo nebėra aktualus. Tada atsiradusi spūstis įvažoje pėstiesiems suteikia galimybę kelią kirsti tarp stovinčių automobilių. Pėsčiųjų poveikis transporto priemonių laidumui nustatomas pagal mažėjimo faktorių f_f (54 pav.).



54 pav. Mažėjimo koeficientai f_r kelių kertančių pėsčiųjų poveikio įvertinimui vienos eismo juostos įvažose į žiedinių sankryžas su vienos eismo juostos važiuojamąja dalimi

Jeigu pėstiesiems nėra pažymėtų pėsčiųjų perėjų, pagal kelių eismo taisykles įvažose jie neturi pirmumo teisės atvykstančio automobilių eismo atžvilgiu. Nepaisant to, ir šiuo atveju rekomenduojama taikyti mažėjimo koeficientą f_r , nes remiantis patirtimi mažosiose žiedinėse sankryžose be pėsčiųjų perėjų automobilių vairuotojai pėstiesiems suteikia pirmumo teisę. Kadangi tokia situacija apskritai būdinga tik nedidelio pėsčiųjų eismo intensyvumo atveju, šio skaičiavimo veiksmo poveikis vertinamas veikiau kaip menkas.

Pėstieji, kertantys žiedinės sankryžos išvažas, gali lemti automobilių spūsties žiedinės sankryžos važiuojamoje dalyje susidarymą, nes automobilių vairuotojai ir tada, kai nėra pėsčiųjų perėjos, pėstiesiems (atsižvelgiant į kelių eismo taisykles suteikia pirmumo teisę).

Kadangi tiriamojoje žiedinėje sankryžoje nėra įrengtų pėsčiųjų perėjų, tai mažėjimo koeficientas priimamas $f_r=1$.

5) Pralaidumo C_i skaičiavimas

Pėstieji, kertantys žiedinių sankryžų įvažas ir išvažas, gali pakenkti žiedinės sankryžos pralaidumui. Pirmiausia tai taikoma tada, kai jiems yra įrengtos pėsčiųjų perėjos.

Nuostoliai atvykstančio automobilių eismo pralaidumui, atsirandantys dėl tokių trukdžių, gali būti nustatomi taikant mažėjimo koeficientus f_r , pateiktus 54 pav. Jie kaskart taikomi vienos eismo juostos įvažoms prie žiedinių sankryžų su vienos eismo juostos žiedinės sankryžos važiuojamąja dalimi (54 pav.). Šie f_r dydžiai dauginami iš pralaidumo dydžio G , pateikto 50 pav. Skaičiavimo rezultatai pateikti 10 lentelėje.

$$C = G \times f_f \quad (2)$$

čia C = žiedinės sankryžos įvažos pralaidumas, atsižvelgiant į dėl pėsčiųjų atsiradusį pralaidumo sumažėjimą (aut./h);

G = žiedinės sankryžos įvažos pagrindinis pralaidumas (aut./h);

f_f = mažėjimo koeficientas, taikomas įvertinti pėsčiųjų poveikį.

Kai įvažos nekerta pėstieji, tada $f_f = 1$.

10 lentelė. Dvarčionių sankryžos C_i pralaidumo skaičiavimo rezultatai

	Pralaidumas, C_i
Z1	1090
Z3	1190
Z4	1140

6) Pralaidumo rezervo R_i skaičiavimas

Pralaidumo rezervas R_i nustatomas šia lygtimi, rezultatai pateikti 11 lentelėje:

$$R_i = C_i - q_i \quad (3)$$

ir

$$R_m = C_m - q_m \quad (4)$$

Kai,

R_i, R_m = eismo srautų i ir m pralaidumo rezervas (aut./h);

q_i, q_m = eismo srautų i ir m intensyvumas;

C_i, C_m = eismo srautų i ir m pralaidumas (aut./h).

11 lentelė. Dvarčionių sankryžos pralaidumo rezervas R_i

	Pralaidumo rezervas, R_i
Z1	616
Z3	981
Z4	900

7) Vidutinio laukimo laiko w_i nustatymas

Kuo didesnis rodiklis R_i , tuo eismo proceso kokybė yra geresnė.

Lygtimis (3, 4) apskaičiuotas pralaidumo rezervas R_i ir su tuo susijusi eismo proceso kokybė, išreikšta šalutinio srauto automobilių laukimo laiko vidurkiu w_i , yra glaudžiai susiję:

$$w_i = f(C_i R_i) \quad (5)$$

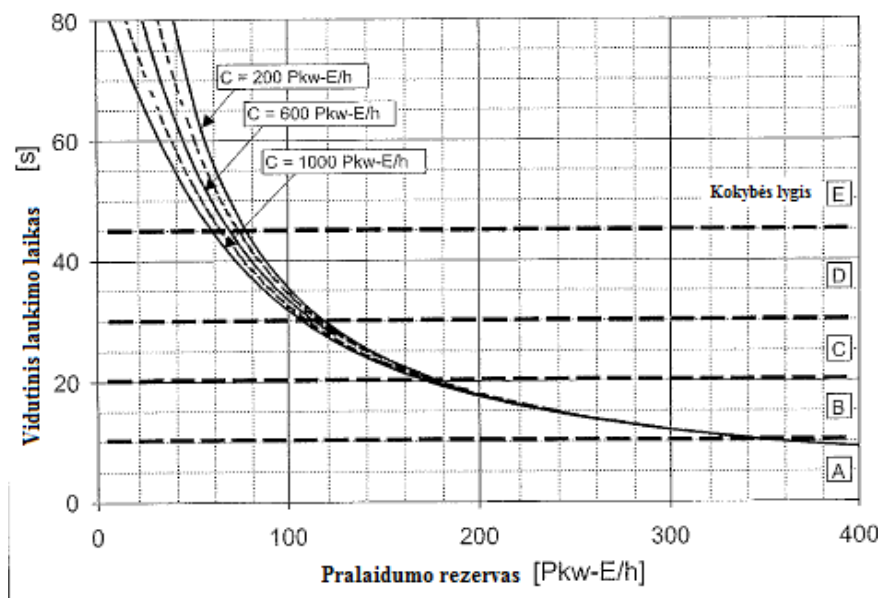
Kai

w_i = automobilių laukimo laiko vidurkis eismo sraute i (s);

C_i = eismo srauto i pralaidumas (aut./h);

R_i = pralaidumo rezervas eismo sraute i (aut./h);

Vidutinio laukimo laiko priklausomybė nuo pralaidumo C_i ir pralaidumo rezervo R_i pavaizduotas 55 pav. Šiame paveikslėlyje pavaizduotose kreivėse pateikiami apytiksliai dydžiai, taikomi visiems eismo srautams, kuriems taikoma prievolė laukti. Vidutinio laukimo laiko priklausomybė pateikta 12 lentelėje.



55 pav. Vidutinio laukimo laiko priklausomybė nuo pralaidumo rezervo R_i ir pralaidumo C_i

12 lentelė. Dvarčionių sankryžos vidutinio laukimo laikas w_i

	Vidutinis laukimo laikas, w_i (s)
Z1	8
Z3	5
Z4	4

Mažoji keturšalė žiedinė sankryža Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis

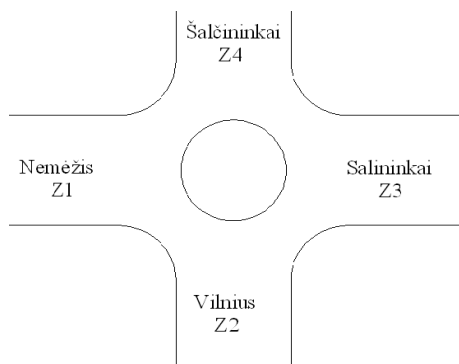


56 pav. Keturšalė žiedinė sankryža Šalčininkai-Vilnius-Salinkai-Nemėžis

Tyrimui atlikti buvo pasirinkta keturšalė žiedinė sankryža, Liepkalnio ir Sodybų gatvių sankirtoje (56 pav.). Eismo intensyvumo matavimai atlikti 2011 metų balandžio mėn. 27 dieną (trečiadienį), rytinio piko metu, t.y. nuo 10 val. iki 11 val. ryto.

1) Eismo intensyvumo $q_{z,i}$ ir $q_{k,i}$ visiems eismo srautams i nustatymas

Eismo intensyvumo nustatymas kiekvienai kryptiai atskirai (13 lentelė).



13 lentelė. Keturšalės žiedinės sankryžos eismo intensyvumo duomenys, Liepkalnio ir Sodybų gatvių sankirtoje

Iš/Į	Z1	Z2	Z3	Z4	$\Sigma(Z_i)$	$\Sigma(K_i)$
Z1	0	227	683	38	948	67
Z2	253	0	37	14	304	737
Z3	717	34	0	30	781	305
Z4	55	16	17	0	88	1004

Perskaičiuoti eismo intensyvumo duomenys pagal 6 lentelę į q_{PE} vienetų (14 lentelė).

14 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis eismo intensyvumo duomenys perskaičiuoti į q_{PE} vienetų (q_{ZI} ir q_{KI} stulpeliai)

	$q_{FZ,i}$	$q_{KZ,i}$	q_{ZI}	q_{KI}
Z1	948	67	1043	74
Z2	304	737	334	811
Z3	781	305	659	336
Z4	88	1004	97	1104

2) Geometrinių parametrų ir elementų nustatymas: eismo juostų skaičius įvažose, žiedinėje važiuojamojoje dalyje, perėjose, skiriamosios salelės (15 lentelė).

15 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis parametrai

Parametrai	
Įvažiavimo/ išvažiavimo juostos plotis, m	6
Skiriamoji salelė, m	2
Eismo juostų skaičius	1
Centrinės salelės skersmuo, m	28
Žiedo važiuojamosios dalies plotis, m	6,5

3) Pagrindinio pralaidumo G_i eismo intensyvumo rodiklių perskaičiavimas

Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis eismo intensyvumo perskaičiavimas į važiuojamosios dalies pagrindinį laidumą, G_i pagal 53 pav. (16 lentelė).

16 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis pagrindinio laidumo G_i perskaičiavimas

	Pagrindinis pralaidumas G_i
Z1	1180
Z2	580
Z3	950
Z4	495

4) Mažėjimo faktorių f_f nustatymas pėsčiųjų poveikio įvertinimui

Kadangi tiriamojoje žiedinėje sankryžoje nėra įrengtų pėsčiųjų perėjų, tai mažėjimo koeficientas priimamas $f_f=1$.

5) Pralaidumo C_i skaičiavimas

Pėstieji, kertantys žiedinių sankryžų įvažas ir išvažas, gali pakenkti žiedinės sankryžos pralaidumui. Pirmiausia tai taikoma tada, kai jiems yra įrengtos pėsčiųjų perėjose. Kai įvažos nekerta pėstieji, tada $f_f=1$. Perskaičiavimo rezultatai pateikti 17 lentelėje.

17 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis Ci pralaidumo skaičiavimo rezultatai

	Pralaidumas, Ci
Z1	1180
Z2	580
Z3	950
Z4	495

6) Pralaidumo rezervo R_i skaičiavimas

Pralaidumo rezervas perskaičiuojamas pagal 3 ir 4 formules. Skaičiavimo rezultatai pateikti 18 lentelėje.

18 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis pralaidumo rezervas R_i

	Laidumo rezervas, R_i
Z1	137
Z2	246
Z3	291
Z4	398

7) Vidutinio laukimo laiko w_i nustatymas

55 paveikslėlyje pavaizduotose kreivėse pateikiami apytiksliai dydžiai, taikomi visiems eismo srautams, kuriems taikoma prievolė laukti. Vidutinio laukimo laiko rezultatai pateikti 19 lentelėje.

19 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis vidutinio laukimo laikai w_i

	Vidutinis laukimo laikas, w_i
Z1	24
Z2	14
Z3	12
Z4	9

Didelė keturšalė žiedinė sankryža Marijampolė-Trakai-Vilnius-Autobusų stotis, Trakuose

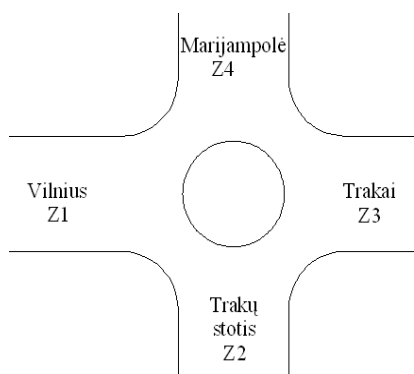


57 pav. Trakų keturšalė žiedinė sankryža

Tyrimui atlikti buvo pasirinkta keturšalė žiedinė sankryža, Trakų mieste (57 pav.). Eismo intensyvumo matavimai atlikti 2011 metų gegužės mėn. 02 dieną (pirmadienį), vakarinio piko metu, t.y. nuo 16 val. iki 17 val. vakaro.

1) Eismo intensyvumo $q_{z,i}$ ir $q_{k,i}$ visiems eismo srautams i nustatymas

Eismo intensyvumo duomenys kiekvienai kryptčiai atskirai pateikti 20 lentelėje.



20 lentelė. Žiedinės sankryžos Trakuose eismo intensyvumo duomenys

Iš/Į	Z1	Z2	Z3	Z4	$\Sigma(Z_i)$	$\Sigma(K_i)$
Z1	0	112	140	77	329	891
Z2	18	0	301	340	659	745
Z3	37	275	0	312	624	435
Z4	32	312	304	0	648	330

Perskaičiuoti eismo intensyvumo duomenys pagal 4 lentelę į q_{PE} vienetus pateikti 21 lentelėje.

21 lentelė. Žiedinės sankryžos Trakuose eismo intensyvumo duomenys perskaičiuoti į q_{PE} vienetus

	$q_{FZ,i}$	$q_{KZ,i}$	q_{ZI}	q_{KI}
Z1	329	891	362	980
Z2	659	745	725	820
Z3	624	435	686	479
Z4	648	330	713	363

2) Geometrinių parametrų ir elementų nustatymas: eismo juostų skaičius įvažose, žiedinėje važiuojamojoje dalyje, perėjos, skiriamosios salelės, pateikti 20 lentelėje.

22 lentelė. Žiedinės sankryžos Trakuose parametrai

Parametrai	
Įvažiavimo/ išvažiavimo juostos plotis, m	6
Skiriamoji salelė, m	20
Eismo juostų skaičius	1
Centrinės salelės skersmuo, m	40
Žiedo važiuojamosios dalies plotis, m	6,5

3) Pagrindinio pralaidumo G_i eismo intensyvumo rodiklių perskaičiavimas

Žiedinės sankryžos Trakuose eismo intensyvumo perskaičiavimas į važiuojamosios dalies pagrindį laidumą, G_i pagal 54 pav. pateiktas 23 lentelėje.

23 lentelė. Žiedinės sankryžos Trakuose pagrindinio laidumo G_i perskaičiavimas

	Pagrindinis pralaidumas G_i
Z1	460
Z2	580
Z3	820
Z4	920

4) Mažėjimo faktorių f_f nustatymas pėsčiųjų poveikio įvertinimui

Kadangi tiriamojoje žiedinėje sankryžoje nėra įrengtų pėsčiųjų perėjų, tai mažėjimo koeficientas priimamas $f_f=1$.

5) Pralaidumo C_i skaičiavimas

Kadangi tyrimo metu įvažos nekirto pėstieji, tai $f_f = 1$. Perskaičiavimo duomenys pateikti 24 lentelėje.

24 lentelė. Žiedinės sankryžos Trakuose C_i pralaidumo skaičiavimo rezultatai

	Pralaidumas, C_i
Z1	460
Z2	580

Z3	820
Z4	920

6) Pralaidumo rezervo R_i skaičiavimas

Pralaidumo rezervas perskaičiuojamas pagal 5 ir 6 formules pateiktas 25 lentelėje.

25 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis rezervas R_i

	Laidumo rezervas, R_i
Z1	98
Z2	145
Z3	134
Z4	207

7) Vidutinio laukimo laiko w_i nustatymas

55 paveikslėlyje pavaizduotose kreivėse pateikiami apytiksliai dydžiai, taikomi visiems eismo srautams, kuriems taikoma prievolė laukti. Vidutinio laukimo laiko rezultatai pateikti 26 lentelėje.

26 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis vidutinio laukimo laikai

	Vidutinis laukimo laikas, w_i
Z1	33
Z2	24
Z3	23
Z4	17

3.2.TYRIMO REZULTATAI IR JŲ VERTINIMAS

Eismo proceso kokybės lygiai skirstomi nuo A iki F priklausomai nuo ribinės vidutinio laukimo laiko reikšmės (25 lentelė).

25 lentelė. Kokybės lygiui nustatyti naudojamos ribinės vidutinio laukimo laiko reikšmės

Kokybės lygis	Vidutinis laukimo laikas, w (s)
A	≤ 10
B	≤ 20
C	≤ 30
D	≤ 45
E	> 45
F	1)

1) F lygis yra pasiekiamas, kai užpildymo laispnis didesnis nei 1 (žr. 1 lygtį).

$$P_{o,i} = \max \begin{cases} 1 - g_i = 1 - \frac{q_i}{C_i}; \\ 0 \end{cases} \quad (6)$$

Kai $i = 1, 7, 6, 12, 5, 11$

$$g_i = \frac{q_i}{C_i}$$

q_i = eismo srauto i intensyvumas

C_i = eismo srauto i pralaidumas:

Lygtis 6 galioja, kai $r=2$

Kokybės lygių reikšmės:

A lygis: dauguma eismo dalyvių gali beveik netrikdomai kirsti sankryžą. Laukimo laikai yra labai maži.

B lygis: transporto priemonių, kurioms taikoma prievolė laukti, važiavimo galimybėms poveikį turi eismo pirmumo teise važiuojantis srautas. Dėl to susidarantys laukimo laikai yra nedideli.

C lygis: transporto priemonių vairuotojai šalutiniuose srautuose turi atkreipti dėmesį į ryškų pirmumo teise dalyvaujančių eismo dalyvių skaičių. Laukimo laikai yra juntamos trukmės. Pasitaiko spūsčių, tačiau jos nei pagal erdvinį išsiplėtimą, nei laiko trukmės atžvilgiu nereiškia didelio eismo suvaržymo.

D lygis: dauguma transporto priemonių vairuotojų turi atsižvelgti į neišvengiamus sustojimo procesus, susijusius su ryškiu laiko praradimu. Atskiroms transporto priemonėms gali susidaryti dideli

laukimo laikai. Net jei ir laikinai šalutiniame sraute susidarė ryški spūstis, ji vėl sumažėja. Eismo padėtis dar yra stabili.

E lygis: susidaro spūstys, kurių esamos apkrovos sąlygomis nebegalima sumažinti. Laukimo laikai yra labai dideli ir kartu gana skirtingi. Nedideli poveikio parametrų pablogėjimai gali lemti eismo žlugimą. Pralaidumas pasiekiamas.

F lygis: transporto priemonių skaičius, važiuojančių viename eismo sraute kas tam tikrą laiko vienetą link sankryžos, per ilgesnį laiko intervalą yra didesnis nei šio eismo srauto pralaidumas. Susidaro ilgos, nuolat didėjančios eilės su itin dideliais laukimo laikais. Ši situacija pagerėja tik ryškiai sumažėjus eismo intensyvumui link sankryžos važiuojančiame sraute. Sankryža yra perkrauta.

Eismo proceso kokybės sankryžose be šviesoforų įvertinimui tikrinama, ar nustatytas skaičiuotinis eismo intensyvumas q_i neviršija remiantis nurodyto vidutinio laukimo laiko w , kuris apibūdina norimą pasiekti eismo proceso kokybę:

$$w_i \leq w \quad (7)$$

ir

$$w_m \leq w \quad (8)$$

kai

w_i = atskiro eismo srauto i vidutinis automobilių laukimo laikas (s);

w_m = vidutinis automobilių laukimo laikas mišriajame sraute (s);

w = nurodytam kokybės lygiui taikomas siekiamas vidutinis laukimo laikas (s).

Eismo proceso kokybės lygių nustatymas Plytinės ir Dvarčionių gatvių sankirtoje

Tyrimo metu gauti žiedinės sankryžos eismo laidumo proceso kokybės lygiai kiekvienai kryptiai atskirai pateikti 26 lentelėje.

26 lentelė. Dvarčionių sankryžos eismo proceso kokybės lygiai

	Vidutinis laukimo laikas, w_i	Eismo kokybės lygis
Z1	8	A
Z3	5	A
Z4	4	A

Nustatyta, kad visose trijose įvažose eismo kokybės lygiai atitinka A lygį, t.y. dauguma eismo dalyvių gali beveik netrikdomai kirsti sankryžą. Laukimo laikai yra labai maži.

Perskaičiuotas vidutinis metinis paros eismo intensyvumas 13525 aut./parą.

Eismo proceso kokybės lygių nustatymas keturšalėje žiedinėje sankryžoje Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis

Tyrimo metu gauti žiedinės sankryžos eismo laidumo proceso kokybės lygiai kiekvienai kryptčiai atskirai pateikti 27 lentelėje.

27 lentelė. Žiedinės sankryžos Šalčininkai-Vilnius-Salininkai-Nemėžis eismo kokybės lygiai

	Vidutinis laukimo laikas, wi	Eismo kokybės lygis
Z1	24	C
Z2	14	B
Z3	12	B
Z4	9	A

Nustatyta, kad žiedinės sankryžos įvažą Z1 (Nemėžis), eismo proceso kokybės lygiu atitinka C lygį, t.y. transporto priemonių vairuotojai šalutiniuose srautuose turi atkreipti dėmesį į ryškų pirmumo teise dalyvaujančių eismo dalyvių skaičių. Laukimo laikai yra juntamos trukmės. Pasitaiko spūsčių, tačiau jos nei pagal erdvinį išsiplėtimą, nei laiko trukmės atžvilgiu nereiskia didelio eismo suvaržymo.

Z2 (Vilnius) ir Z3 (Salininkai) įvažos, eismo proceso kokybės lygiu atitinka B lygį, t.y. transporto priemonių, kurioms taikoma prievolė laukti, važiavimo galimybėms poveikį turi eismo pirmumo teise važiuojantis srautas. Dėl to susidarantys laukimo laikai yra nedideli.

Z4 (Šalčininkai) įvažą, eismo proceso kokybės lygiu atitinka A lygį, t.y. dauguma eismo dalyvių gali beveik netrikdomai kirsti sankryžą. Laukimo laikai yra labai maži.

Perskaičiuotas vidutinis metinis paros eismo intensyvumas 30001,8 aut./parą.

Eismo proceso kokybės lygių nustatymas keturšalėje žiedinėje sankryžoje Marijampolė-Trakakai- Vilnius-Austobusų stotis

Tyrimo metu gauti žiedinės sankryžos eismo laidumo proceso kokybės lygiai kiekvienai kryptčiai atskirai pateikti 28 lentelėje.

28 lentelė. Trakų žiedinės sankryžos eismo kokybės lygiai

	Vidutinis laukimo laikas, wi	Eismo kokybės lygis
Z1	33	D
Z2	24	C
Z3	23	C
Z4	17	B

Nustatyta, kad įvažą Z1 (Vilnius), atitinka D eismo kokybės lygį, t.y. dauguma transporto priemonių vairuotojų turi atsižvelgti į neišvengiamus sustojimo procesus, susijusius su ryškiu laiko praradimu. Atskiroms transporto priemonėms gali susidaryti dideli laukimo laikai. Net jei ir laikinai šalutiniame sraute susidarė ryški spūstis, ji vėl sumažėja. Eismo padėtis dar yra stabili.

Z2 (Trakų autobusų stotis) ir Z3 (Trakai) įvažos atitinka C eismo kokybės lygį, t.y. transporto priemonių vairuotojai šalutiniuose srautuose turi atkreipti dėmesį į ryškų pirmumo teise dalyvaujančių eismo dalyvių skaičių. Laukimo laikai yra juntamos trukmės. Pasitaiko spūsčių, tačiau jos nei pagal erdvinį išsiplėtimą, nei laiko trukmės atžvilgiu nereiškia didelio eismo suvaržymo.

Z4 (Marijampolė) įvažą atitinka B eismo kokybės lygį, t.y. transporto priemonių, kurioms taikoma prievolė laukti, važiavimo galimybėms poveikį turi eismo pirmumo teise važiuojantis srautas. Dėl to susidarantys laukimo laikai yra nedideli.

Perskaičiuotas vidutinis metinis paros eismo intensyvumas 31337aut./parą.

3.3.TREČIOJO SKYRIAUS IŠVADOS

1. Vienas svarbiausių rodiklių nurodančių sankryžos efektyvumą yra sankryžų aptarnavimo kokybė. Eismo procesui įvertinti naudojamos verčių ribos, pavadintų raidėmis A – F (A lygis = geriausia kokybė, F lygis = blogiausia kokybė).
2. Tyrimas atliktas vadovaujantis Vokiečių HBS kelių eismo įrenginių vadovo metodika, įvertinti žiedinių sankryžų pralaidumą eismo proceso kokybės atžvilgiu.
3. Vizualiniai eismo intensyvumo matavimai atlikti Plytinės g. ir Dvarčionių g. sankryžoje, Nemėžis-Šalčininkai-Salininkai-Vilnius sankryžoje ir Trakų žiedinėje sankryžoje 2011 m. balandžio 27 d. (trečiadienį) ir gegužės 3 d. (pirmadienį).
4. Nustatyti trišalės žiedinės sankryžos, Plytinės ir Dvarčionių gatvių sankirtoje, eismo proceso kokybės lygiai. Visos trys įvažos (Z1, Z2, Z3) atitinka A eismo kokybės lygį, t.y. dauguma eismo dalyvių gali beveik netrikdomai kirsti sankryžą. Laukimo laikai yra labai maži.
5. Nustatyti keturšalės žiedinės sankryžos, Šalčininkai-Nemėžis-Salininkai-Vilnius, eismo proceso kokybės lygiai. Įvažą Z4 atitinka A eismo kokybės lygį, t.y. dauguma eismo dalyvių gali beveik netrikdomai kirsti sankryžą. Įvažos Z3 ir Z2 atitinka B eismo kokybės lygį, t.y. transporto priemonių, kurioms taikoma prievolė laukti, važiavimo galimybėms poveikį turi eismo pirmumo teise važiuojantis srautas. Dėl to susidarantys laukimo laikai yra nedideli. Įvažą Z1 atitinka C eismo kokybės lygį, t.y. transporto priemonių vairuotojai šalutiniuose srautuose turi atkreipti dėmesį į pirmumo teise dalyvaujančių eismo dalyvių skaičių. Pasitaiko spūsčių, tačiau jos nei pagal erdvinį išsiplėtimą, nei laiko trukmės atžvilgiu nereiškia didelio eismo suvaržymo.
6. Nustatyti Trakų keturšalės žiedinės sankryžos eismo proceso kokybės lygiai. Įvažą Z1 atitinka D eismo kokybės lygį, t.y. dauguma transporto priemonių vairuotojų turi atsižvelgti į neišvengiamus sustojimo procesus, susijusius su ryškiu laiko praradimu. Atskiroms transporto priemonėms gali susidaryti dideli laukimo laikai. Net jei ir laikinai šalutiniame sraute susidaro spūstis, ji sumažėja. Eismo padėtis yra stabili. Įvažos Z2 ir Z3 atitinka C eismo kokybės lygį, t.y. transporto priemonių vairuotojai šalutiniuose srautuose turi atkreipti dėmesį į ryškų pirmumo teise dalyvaujančių eismo dalyvių skaičių. Pasitaiko spūsčių, tačiau jos nei pagal erdvinį išsiplėtimą, nei laiko trukmės atžvilgiu nereiškia didelio eismo suvaržymo. Įvažą Z4 atitinka B eismo kokybės lygį, t.y. transporto priemonių, kurioms taikoma prievolė laukti, važiavimo galimybėms poveikį turi eismo pirmumo teise važiuojantis srautas. Dėl to susidarantys laukimo laikai yra nedideli.
7. Nustatyta, kad pasirinktų žiedinių sankryžų eismo intensyvumas tenkina žiedinių sankryžų pralaidumą.

BENDROSIOS IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Žiedinėse sankryžose yra mažiau konfliktinių taškų nei kitose vieno lygio sankryžose. Ketursalėse sankryžose yra 32 konfliktiniai taškai, trišalėse sankryžose yra 9 konfliktiniai taškai, ketursalėse žiedinėse sankryžose - 8 konfliktiniai taškai.

2. Išanalizavus užsienio šalių patirtį „Turbo“ žiedinės sankryžos yra saugesnės nei dviejų važiavimo juostų žiedinės sankryžos, kadangi jų važiuojamojoje dalyje nevyksta persirikiavimas.

3. Moksliniais tyrimais nustatyta, kad didelės žiedinės sankryžos yra avaringesnės nei mažos žiedinės sankryžos. Dėl to, kad didesnių žiedinių sankryžų žiedinėje važiuojamojoje dalyje ir įvažiavimuose važiuojama greičiau, mažėja jų pralaidumas bei įvyksta daugiau eismo įvykių.

4. Priklausomai nuo šalies žiedinės sankryžos yra skirstomos į skirtingus tipus pagal skirtingus veiksnius:

- ✓ Didžiojoje Britanijoje žiedinės sankryžos skirstomos pagal geometriją bei funkciją;
- ✓ Vokietijoje žiedinės sankryžos skirstomos pagal tai, ar jos yra užstatytose teritorijose, ar už jos ribų. Taip pat jos skirstomos pagal dydį;
- ✓ Lietuvoje žiedinės sankryžos skirstomos pagal, tai ar jos yra užstatytose ar ne užstatytose teritorijose ir dydį: į mažąsias ir didžiąsias žiedines sankryžas.

5. Išanalizavus užsienio šalių patirtį žiedinių sankryžų su viena važiavimo juosta pralaidumą, rekomenduotina didinti rengiant:

- ✓ apvažiavimo kelius (bypass), kuriais intensyvus srautas tiesiogiai nukreipiamas į dešinę. Apvažiavimo kelius rekomenduotina rengti su lėtėjimo/greitėjimo juostomis.
- ✓ „turbo“ žiedines sankryžas. „Turbo“ žiedinės sankryžos yra tinkamos, kur susikerta didelio transporto eismo intensyvumo kelias su mažesnio intensyvumo keliu. Užstatytose teritorijose „turbo“ žiedines sankryžas rekomenduotina rengti tik įrengus saugias dviračių ir pėsčiųjų perėjas, ypač rekomenduotinos, esančios skirtingame lygyje.
- ✓ „gėlės žiedines sankryžas“, esant avaringas dviejų eismo juostų žiedines sankryžas, kai intensyvūs sukančiųjų į dešinę srautai (>60 % nuo bendros pagrindinės krypties srauto).
- ✓ įrengiant atskiras eismo juostas, skirtas atskiriems šalutiniams eismo srautams. Tačiau toks išskirstymas dėl saugumo yra naudingas tik tada, kai yra geras abipusis atskirose eismo juostose laukiančių transporto priemonių matomumas eismo pirmumo teise važiuojančio transporto atžvilgiu.

6. Važiuojamosios dalies skiriančiosios salelės teigiamai veikia tiek motorizuotų transporto priemonių, tiek nemotorizuotų eismo dalyvių saugą, o taip pat didina žiedinės sankryžos pralaidumą. Todėl jos naudojimas yra privalomas ir „turbo“ žiedinėse sankryžose.

7. Išnagrinėjus užsienio šalių patirtį, rekomenduotina Lietuvoje papildyti kelių eismo taisykles bei kelių ženklavimo taisykles naujomis specialiai „turbo“ sankryžoms skirtomis rodyklėmis, nurodančiomis leistinas važiavimo kryptis juostose tam, kad palengvinti:

- ✓ išankstinį „turbo“ žiedinių sankryžų atpažinimą;
- ✓ išankstinį tinkamos eismo juostos pasirinkimą.

Naujas horizontalus ženklavimas rekomenduotinas, nes „turbo“ žiedinėse sankryžose neįmanoma apsisukti bei persirikiuoti žiedinės sankryžos važiuojamojoje dalyje ar keisti važiavimo kryptį.

8. Atlikus tyrimą, nustatyta, kad Plytinės g. ir Dvarčionių g. sankryžoje, pagal inžinerinių saugaus eismo priemonių projektavimo ir naudojimo rekomendacijas, žiedinės sankryžos paros vidutinis laidumas (visų sankryžos įvažų) mažesnis 32 % negu rekomenduojamas, t.y. 13525 aut. Palyginus rekomenduojamą vienos valandos sankryžos laidumą su nustatytu, nustatytas laidumas mažesnis 44 % negu rekomenduojamas, t.y. 839 aut.

9. Atlikus tyrimą, nustatyta, kad Nemėžis-Šalčininkai-Salininkai-Vilnius sankryžoje, pagal inžinerinių saugaus eismo priemonių projektavimo ir naudojimo rekomendacijas, žiedinės sankryžos paros vidutinis laidumas (visų sankryžos įvažų) didesnis 50 % nei rekomenduojamas, t.y. 30002 aut. Palyginus rekomenduojamą vienos valandos sankryžos laidumą su nustatytu, nustatytas laidumas didesnis 41 % negu rekomenduojamas, t.y. 2121 aut.

10. Atlikus tyrimą, nustatyta, kad Marijampolė-Trakai-Autobusų stotis-Vilnius sankryžoje, pagal inžinerinių saugaus eismo priemonių projektavimo ir naudojimo rekomendacijas, žiedinės sankryžos paros vidutinis laidumas (visų sankryžos įvažų) didesnis 57 % nei rekomenduojamas, t.y. 31337 aut. Palyginus rekomenduojamą vienos valandos sankryžos laidumą su nustatytu, nustatytas laidumas didesnis 51 % negu rekomenduojamas, t.y. 2260 aut.

LITERATŪRA

1. CEDR. *Road Lighting & Safety*. Conférence Européenne des Directeurs des Routes. Conference of European Directors of Roads, 2009.
2. *Cycling England*. Interneto prieiga [žiūrėta 2011 02 11] < <http://www.dft.gov.uk/>>.
3. CROW. *Kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur. Handboek Wegontwerp – Gebiedsontsluitingswegen*. Holland 2002.
4. Čibirka A. *Modernių žiedinių sankryžų įrengimas Lietuvoje ir užsienyje*. UAB „Kelprojektas“ patirtis projektuojant „Turbo“ žiedines sankryžas, 2010.
5. Čibirka A., „Žiedinių sankryžų projektavimas. Eksploatacijos problemos Lietuvoje“. Mokslinė konferencija „Žiedinių sankryžų projektavimas ir eksploatavimas“. UAB „Kelprojektas“ pranešimas 2010.
6. Department of Transport. Highways agency. *Design Manual for Roads & Bridges (DMRB)*. Great Britain 2007.
7. Forschungsgesellschaft für Straßen – und Verkehrswesen. *HBS Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen*. Ausgabe 2001, Fassung 2005.
8. Forschungsgesellschaft für Strassen – und Verkehrswesen Arbeitsgruppe Strassenentwurf, *Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren*. Germany 2006.
9. Haller W. Ingenieurgemeinschaft Schnüll haller und Partner. *Das neue Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren. Neue Richtlinien für den Straßenentwurf*. Universität Karlsruhe (TH), 2006.
10. Inžinerinės saugaus eismo priemonių projektavimo ir naudojimo rekomendacijos R ISEP 10.
11. IMPROVER. Impact assessment of Road Safety Measures for Vehicles and Road Equipment. Appendix D. Subproject 4. *Harmonisation of road signs and road marking on the TERN from a safety point of view*. VTT Technical Research Centre of Finland 2004.
12. Įrengimo taisyklės IT ASFALTAS 08 „Automobilių kelių dangos konstrukcijos asfalto sluoksnių įrengimo taisyklės“.
13. Doc.dr. Juzėnas A.A., doc.dr. Oginskis R., doc.dr. Petkevičius K., doc.dr. Žilionienė D., vyresn. redaktorė Malikėnienė R. *Žiedinių sankryžų konstrukcinių pažaidų ir jų priežasčių tyrimai bei rekomendacijų pateikimas*. Vilnius 2009.
14. Kelių techninis reglamentas KTR 1.01:2008 „Automobilių keliai.“
15. LR vyriausybės nutarimas, „dėl Kelių eismo taisyklių“, Vilnius 2010.
16. L.G.H. Fortuijn. *Turbo-Kreisverkehre. Entwicklungen und Erfahrungen*. Seminar „Aktuelle Themen der Strassenplanung“. „Vereinigung der Strassenbau- und verkehringenieure in Nordrhein-Westfalen“ (VSVI-NRW) 2007.
17. L.G.H Fortuijn. *Pedestrian and Bicycle-Friendly Roundabouts; Dilemma of Comfort and Safety*. Province of South-Holland and Delft University of Technology. The Netherlands 2007.

18. Ministry of Transport, Public works and Water management. *Roundabouts – Application and design. A practical manual*. Netherland, 2009.
19. Ritchie S. *Landscaping design for roundabouts*. Interneto prieiga [žiūrėta 2011 02 07] www.roundabouts.us.
20. Roads and Traffic Authority. “Concrete Roundabout Pavements: A Guide to their Design and Construction”. New South Wales, Australia, 1996. Interneto prieiga [žiūrėta 2011 03 03] http://www.teachamerica.com/roundabouts/RA054B_ppt_Waalkes.pdf.
21. Royal Haskoning. *Roundabouts-Application and design A practical manual*. Ministry of Transport, Public works and Water management. Partners of roads, Netherland 2009.
22. Nottingham shire County Council. *Cycling Design Guide*. United Kingdom 2006.
23. Dr. Pucci T. EuroTest - Pedestrian crossings survey. Department tcs 2008.
24. Sawers C. *Mini-roundabouts. A Definitive Guide*. United Kingdom 2008.
25. Skrodenis E., Burinskienė M.. *Transporto išmetamų teršalų tyrimas vieno lygio sankryžose*. 13-oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas-Lietuvos ateitis“, Vilnius 2010.
26. Statybos rekomendacijos R36-01 „Automobilių kelių sankryžos“ 2001.
27. „Stebuklinga“ žiedinė sankryža. Interneto prieiga [žiūrėta 2011 02 07] <http://www.swindonweb.com/index.asp?m=8&s=115&ss=289>.
28. Prof. Tollazzi T. *New Geometric Type of at-grade Intersections: Turbo and Flower Roundabouts. Slovenian Guidelines and Experiences*. University of Maribor, Faculty of Civil Engineering, Slovenia 2010.
29. Treasure Coast Regional Planning Council. *The Jensen Beach Roundabouts Defining the Character of the Community*. Florida, 2002.
30. TKTI. *Eismo intensyvumo ir važiavimo greičio magistraliniuose, krašto ir rajoniniuose keliuose ataskaita*. VĮ Transporto ir kelių tyrimo institutas, Kaunas 2010.
31. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. *Roundabouts: an Informational Guide*. Publication no. FHWA-RD-00-067.
32. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. *European Road Lighting Technologies*. United States 2001.
33. Wijk W. *Turbo roundabouts a safe solution for Hungary*. Budapest, 2009.
34. Žiedinės sankryžos. Interneto prieiga [žiūrėta 2011 02 03] : <http://en.wikipedia.org/wiki/Roundabout>.
35. Žiedinė sankryža „Greitkelių žiedai“. Interneto prieiga [žiūrėta 2011 02 08] <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1113887>
36. Žiedinė sankryža „Sukamoji sistema“. Interneto prieiga [žiūrėta 2011 02 03] <http://uk.reuters.com/article/2007/12/12/uk-britain-junction-idUKL1253622020071212>.
37. Žiedinė sankryža su tramvajaus linija. Interneto prieiga [žiūrėta 2011 02 08] <http://www.polishforums.com/everyday-life-7/lack-spacial-acuity-poland-40394/2/>.

38. Valstybinės reikšmės kelių maršrutinio orientavimo taisyklės KMOT 07.
39. *Vidinėje saloje įrengta tramvajaus sustojimo aikštelė*. Interneto prieiga [žiūrėta 2011 02 08]
<<http://www.dezeen.com/2008/10/08/tram-stop-by-subarquitectura/>>.
40. *Vidinės salelės apželdinimas*. Interneto prieiga [žiūrėta 2011 03 11]
<<http://www.travelpod.com/travel-photo/joaopisco/1/1282275178/roundabout-by-the-tv-tower.jpg/tpod.html>>.
41. *Vidinės salelės apželdinimas*. Interneto prieiga [žiūrėta 2011 03 11]
<<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=254301&page=14>>.

PRIEDAI