



VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
MIESTŲ STATYBOS KATEDRA

Dainius Masteika

**ŽIRNIŲ – LIEPKALNIO – MINSKO PL. SANKRYŽOS
REKONSTRUKCIJOS GALIMYBIŲ ANALIZĖ IR VERTINIMAS**
**ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE RECONSTRUCTION OF ŽIRNIŲ –
LIEPKALNIO – MINSKO INTERSECTION**

Baigiamasis Magistro darbas

Civilinės inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H20002

Miesto transporto sistemų specializacija

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2016



VILNIAUS GEDIMINO
TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

MIESTŲ STATYBOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

prof. dr. Marija Burinskienė
(Vardas, pavardė)

(Data)

Dainius Masteika

**ŽIRNIŲ – LIEPKALNIO – MINSKO PL. SANKRYŽOS
REKONSTRUKCIJOS GALIMYBIŲ ANALIZĖ IR VERTINIMAS**

**ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE RECONSTRUCTION OF ŽIRNIŲ –
LIEPKALNIO – MINSKO INTERSECTION**

Baigiamasis Magistro darbas

Civilinės inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H20002

Miesto transporto sistemų specializacija

Statybos inžinerijos studijų kryptis

Vadovas doc. dr. Vytautas Grigonis
(Moksl. laipsnis, vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas lekt. Regina Žukienė
(Moksl. laipsnis, vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2016

Santrauka

Baigiamajame magistro darbe apžvelgiama šiuolaikinių miestų susisiekimo sistemų plėtros tendencijos ir problematikos, vykdoma politika susisiekimo kokybei gerinti. Nagrinėjama Europoje naudojamos metodikos ir modeliai susisiekimo sistemoms planuoti. Išanalizuoti pagrindiniai sankryžos parametrai reikalingi modelio sudarymui. Atlikta „PTV Vision“ modeliavimo paketo apžvalga, motorizuoto transporto srautų ir gaiščių tyrimai. Panaudojant transporto srautų modeliavimo programinę įrangą atliktas eksperimentinis modeliavimas. Išsamiai aprašomi visi modeliuoti variantai ir scenarijai. Įvertinamas aptarnavimo lygmuo sankryžoje (ang. Level Of Service), priklausomai nuo uždelsto laiko ją pravažiuojant. Pasiūlyti variantai suranguoti pasirinktų kriterijų pagrindu. Atlikus naudos – kaštų analizę, po teorinių ir praktinių aspektų aptarimo pateikiamos išvados ir sankryžos rekonstrukcijos pasiūlymas.

Darbą sudaro 5 dalys: įvadinė, apžvalginė, analitinė, eksperimentinė, išvados.

Darbo apimtis - 58 puslapiai: 9 lentelės ir 20 paveikslų.

Raktiniai žodžiai: šviesoforais reguliuojama sankryža, dviejų lygių sankryža, sankryžos laidumas, transporto srautų modeliavimas, sankryžos rekonstrukcija.

Summary

This master thesis investigated the development trends and problems of the urban transportation system and reviewed improvement policies for quality of communication. Present methods and models for communication planning in Europe were examined. The main junction parameters were analyzed to build the model. "PTV Vision" modeling package review, motorized traffic flow and time spent at the crossing research was performed. Traffic flow simulation software was used to perform the experimental modeling. All possible variations of the modeling were described in detail. The level of service was evaluated depending on crossing time delay. All the suggested variations were ranked on the basis of chosen criteria. After the observation of theoretical and practical aspects, conclusions and suggestions for reconstruction of the crossing were made.

Thesis consists of 5 parts: introduction, overview, analysis, experiment, conclusions.

Thesis volume: 58 p. text, 9 tables and 20 figures.

Keywords: traffic lights, a two-level junction, junction volume, traffic flow modeling, reconstruction of the junction.

Turinys

Lentelių sąrašas.....	7
Paveikslėlių sąrašas.....	8
Naudojamos sąvokos	9
1. Įvadas.....	10
2. Apžvalginė dalis	12
2.1. Šiuolaikinių miestų susisiekimo sistemų plėtros tendencijos ir problematikos.....	12
2.2. Miestų motorizuoto transporto sistemų svarba darniam miestų vystymuisi.....	14
2.3. Transporto politikos susisiekimo kokybei gerinti.....	15
2.3.1. Transporto politika Europoje	15
2.3.2. Transporto politika Lietuvoje	16
2.3.3. Transporto politika Vilniuje	17
2.4. Pasaulinės patirties apžvalga: pasaulio šalyse naudojamos metodikos, jų taikymas.....	18
2.5. Lietuvoje naudojamos metodikos, modeliai ir jų taikymas	21
2.6. PTV Vision modeliavimo paketo apžvalga	22
3. Analitinė dalis.....	24
3.1. ES šalyse naudojami susisiekimo kokybės vertinimo kriterijai ir metodai, jų taikymas Lietuvos sąlygomis	24
3.2. Vilniaus miesto gatvių tinklo analizė.....	26
3.3. Duomenų rinkimas ir analizė: transporto srautų tyrimai, eismo intensyvumas, gaiščių tyrimai.	29
3.2. Plėtros variantų pirminė analizė ir atranka atsižvelgiant į statybos techninius reglamentus bei rekomendacijas	33
4. Eksperimentinė dalis.....	35
4.1. Minsko – Liepkalnio – Žirnių g. sankryžos makro modelio parengimas VISUM aplinkoje..	35
4.2. Minsko – Liepkalnio – Žirnių g. sankryžos modeliavimo variantai	37
4.2.1. Pirmasis esamos būklės modeliavimo variantas	37
4.2.2. Antrasis modeliavimo variantas	39
4.2.3. Trečiasis modeliavimo variantas	40
4.2.4. Ketvirtas modeliavimo variantas.....	41
4.3. Palyginimo kriterijų aprašymas	43
4.4. Gautų rezultatų ekonominė analizė ir interpretavimas	45
4.4.1. Eismo intensyvumo prieaugio prognozės	45
4.4.2. Esamos sankryžos rekonstrukcijos išlaidos.....	47

4.4.3. Kelionės laiko santaupos atlikus rekonstrukciją	48
4.4.4. Ekonominiai įverčiai	51
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI	53
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	55
PRIEDAI	57

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Transporto srautų pralaidumo greitkeluose rekomendacijose 2010 nurodyti aptarnavimo lygiai šviesoforais reguliuojamoje sankryžoje	25
2 lentelė. Žirnių–Liepkalnio–Minsko plento sankryžos transporto priemonių srautai rytinio piko metu.....	30
3 lentelė. Žirnių–Liepkalnio–Minsko plento sankryžos transporto priemonių	30
4 lentelė. Modeliavimo variantų rezultatai rytinio piko metu.....	44
5 lentelė. Piko valandos eismo intensyvumo prieaugio prognozės lentelė	46
6 lentelė. Lėšų poreikis dviejų lygių sankryžos įrengimui.....	49
7 lentelė. Paskolos grąžinimas anuiteto būdu.	48
8 lentelė. Vidutinė kelionės ir laiko vertė, 2015 metų kainomis (LAKD duomenys)	49
9 lentelė. Ekonomijos skaičiavimas po dviejų lygių sankryžos įrengimo	50

Paveikslėlių sąrašas

1 pav. Asmeninio ir viešojo transporto naudojimo schema	14
2 pav. „PTV Vision“ apimami modeliavimo lygmenys (PTV Vision 2006).....	22
3 pav. Vilniaus miesto gatvių ilgis metų pabaigoje	27
4 pav. Vilniaus miesto magistralinių gatvių ilgis 2015 m.....	28
5 pav. Nuolatinių gyventojų skaičius Vilniuje metų pradžioje	28
6 pav. Žirnių–Liepkalnio–Minsko plento sankryžos esamos būklės schema	29
7 pav. Automobilių gaisrų tyrimai Žirnių–Liepkalnio–Minsko plento sankryžoje.....	33
8 pav. Bendras žiedinės sankryžos laidumas per parą.....	35
9 pav. Transportinės zonos (www.maps.lt).....	35
10 pav. Transporto priemonių ryšių matricos	36
11 pav. Esamos būklės šviesoforų darbo ciklas	38
12 pav. Esamos būklės sankryžos schema	39
13 pav. Esamos situacijos automobilių srautų modelis (iš PTV Vissim modeliavimo programos) .	39
14 pav. 2 modelio sankryžos schema	39
15 pav. Antrasis automobilių srautų modelis (iš PTV Vissim modeliavimo programos)	40
16 pav. 3 modelio sankryžos schema	40
17 pav. Trečiasis automobilių srautų modelis (iš PTV Vissim modeliavimo programos)	41
18 pav. Ketvirtas automobilių srautų modelis (iš PTV Vissim modeliavimo programos)	42
19 pav. Naujai sukurtas šviesoforų darbo ciklas	42
20 pav. Automobilių piko valandos kitimo grafikas	48

Naudojamos sąvokos

DKV – dabartinė kaštų vertė

DNV – dabartinė naudos vertė

EI – eismo intensyvumas

GDV – grynoji dabartinė vertė

HCM – *Highway Capacity Manual*, JAV

KET – kelių eismo taisyklės

LOS – aptarnavimo lygis, ang. Level Of Service

N/K – naudos ir kaštų santykis

PEI – paros eismo intensyvumas

PTV VISSIM, PTV VISUM – transporto ir pėsčiųjų srautų modeliavimo programos

SG – signalinė šviesoforų grupė

VGN – vidinė gražos norma

VMPEI – vidutinis metinis paros eismo intensyvumas

VSPEI – vidutinis savaitės paros eismo intensyvumas

1. Įvadas

Tiriamoji problema ir temos aktualumas:

Eismo spūstys viena iš didžiausių transporto sistemos problemų, kurios labiausiai pasireiškia tankiai apgyvendintuose ir sparčiai augančiuose miestuose. Ši problema ypač susijusi su automobilizacijos lygio padidėjimu. Nepakankamas viešojo transporto patrauklumas, prasta pėsčiųjų ir dviračių takų infrastruktūra daugelį gyventojų paskatino naudotis nuosavomis transporto priemonėmis.

Šiuolaikiniuose miestuose sukurama labai daug darbo, pramoninės ir kitų ekonominės veiklos vietų, kurios negali laisvai funkcionuoti be susisiekimo sistemos. Susisiekimo poreikį Vilniaus mieste formuoja bendras miesto gyventojų skaičiaus augimas bei judrumas, kuris siekia iki 3 kelionių per parą vienam miesto gyventojui. Daugeliui žmonių automobilis tapęs neatsiejama dienos dalimi keliaujant, dėl šių priežasčių gatvių susikirtimas – sankryža tampa pagrindiniu susisiekimo sistemos elementu, dėl kurio sumažėja susisiekimo greitis, formuojasi automobilių spūstys, didėja auto įvykių skaičius ir į aplinką išmetamų teršalų kiekis. Šie veiksniai taip pat įtakoja ekonominį bei socialinį šalies vystymąsi. Todėl būtina imtis veiksmingų priemonių, gerinančių miesto susisiekimo valdymą, stengiantis sukurti visuomenei ir aplinkai tinkamas sąlygas keliauti. Tam pasiekti visų pirma reikia identifikuoti ir eliminuoti tas gatvių tinklo vietas, kuriuose formuojasi didžiausios transporto priemonių spūstys. Prieš įgyvendinant susisiekimo sistemos ar sankryžos rekonstrukcijos darbus, pasitelkus eismo modeliavimo programinę įrangą, galime parinkti pačius veiksmingiausius, puikų sankryžų pralaidumą užtikrinančius sprendinius.

Darbo objektas:

Liepkalnio – Žirnių – Minsko plento sankryža yra Vilniaus miesto pietinėje dalyje ir atlieka miestui svarbią susisiekimo funkciją – tuo pačiu ir yra miesto pietinio aplinkkelio dalis. Žirnių g. ir Minsko plentu praeina Pietinis lengvojo transporto koridorius. Minsko plentas yra valstybinis magistralinis kelias A3 Vilnius-Minskas, Liepkalnio gatvės pietinė dalis – magistralinis kelias A15.

Pagrindinis darbo tikslas:

Atlikus naujausios pasaulinės praktikos apžvalgą pateikti pasiūlymus dėl Liepkalnio – Žirnių – Minsko plento keturšalės šviesoforais reguliuojamos sankryžos rekonstrukcijos galimybių ir panaudojant transporto srautų modeliavimo programinę įrangą, suranguoti pasiūlymus pasirinktų kriterijų pagrindu.

Pagrindiniai darbo uždaviniai:

- Išanalizuoti pasaulio miestų susisiekimo sistemų plėtros tendencijas ir problemas, naudojamus transporto srautų modeliavimo modelius ir metodiką;
- Išanalizuoti sankryžos parametrus reikalingus modelio sudarymui;
- Atlikti motorizuoto transporto srautų tyrimus analizuojamoje sankryžoje;
- Panaudojant transporto srautų modeliavimo programinę įrangą sukurti siūlomų rekonstrukcijos variantų modelius;
- Modeliavimo variantus suskirstyti pasirinktų kriterijų pagrindu ir pasiūlyti sprendimą;
- Pasirinktam rekonstrukcijos variantui atlikti ekonominio vertinimo analizę.

Darbo aprobavimas:

Tyrimai ir modeliavimo rezultatai 2016 m. kovo 25 dieną buvo aptarti mokslinėje konferencijoje „19 - oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas - Lietuvos ateitis” (Civilinė inžinerija ir geodezija)“.

Darbo apimtis ir darbo metodai

Magistrinį darbą sudaro penkios dalys: įvadas, apžvalginė dalis, analitinė dalis, eksperimentinė dalis ir išvados. Baigiamojo darbo apimtis – 58 puslapiai, jo struktūra pateikta schemeje:

Įvadas
Tiriamoji problema ir temos aktualumas, darbo objektas, pagrindinis darbo tikslas, pagrindiniai darbo uždaviniai, darbo aprobavimas, darbo apimtis ir struktūra.
Apžvalginė dalis
Šiuolaikinių miestų susisiekimo plėtros tendencijos ir problematika, miestų motorizuoto transporto sistemų svarba darniam miestų vystymuisi, transporto politikos susisiekimo kokybei gerinti, pasaulinės patirties apžvalga; „PTV VISION“ programinės įrangos apžvalga
Analitinė dalis
ES šalyse naudojami susisiekimo kokybės vertinimo kriterijai ir metodai, jų taikymas Lietuvos sąlygomis Vilniaus miesto gatvių tinklo analizė, duomenų rinkimas ir analizė, plėtros variantų/pasiūlymų pirminė analizė ir atranka
Eksperimentinė dalis
Makro modelio parengimas VISUM aplinkoje, sankryžos modeliavimo variantai, palyginimo kriterijų aprašymas ir atranka, gautų rezultatų ekonominė analizė ir interpretavimas.
Išvados

2. Apžvalginė dalis

2.1 Šiuolaikinių miestų susisiekimo sistemų plėtros tendencijos ir problematikos

Šiuolaikiniuose miestuose sukuriama labai daug darbo, pramoginės ir kitų ekonominės veiklos vietų, kurios negali laisvai funkcionuoti be susisiekimo sistemos. Kuo didesnis miestas, tuo sudėtingiau valdyti visą susisiekimo sistemą.

Svarbiausios miesto transporto problemos dažniausiai susijusios su gyvenamųjų ir darbo vietų išsidėstymu skirtingose miesto dalyse, o tai sukuria didelį poreikį keliauti. Dėl susisiekimo sistemos neefektyvumo, nepakankamo gatvių išvystymo nukenčia kelionių mieste efektyvumas, trikdomas viso miesto našumas. Didelę įtaką miesto transporto sistemai daro ir miesto prieigose įsikūrę didieji transporto terminalai: uostai, geležinkelio ir autobusų stotys, kurių išsidėstymas miesto atžvilgiu gali sudaryti papildomų susisiekimo sistemos problemų. Kai kurios transporto sistemų problemos susidariusios jau prieš daug metų ir dėl didelio transporto priemonių kiekio problemiškausiai pasireiškia didžiuosiuose Europos miestuose. Augant miestams, neišsprendus senųjų problemų, atsiranda naujos – neefektyvus krovinių paskirstymas, neigiamas poveikis aplinkai, eismo įvykiai, gamtinių resursų naudojimas. (Dr. Rodriguesas 2009 m)

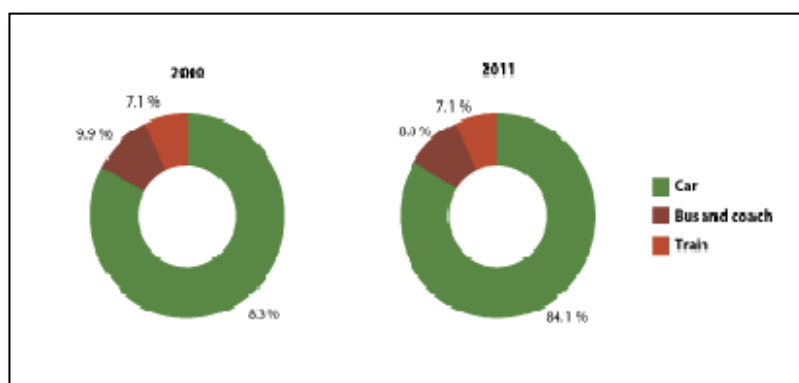
Eismo spūsčių ir automobilių statymo problemos. Eismo spūstys viena iš didžiausių transporto problemų, kurios labiausiai pasireiškia tankiai apgyvendintuose, milijoninę populiaciją turinčiuose miestuose. Ši problema ypač susijusi su automobilizacijos lygio padidėjimu, todėl išaugino transporto infrastruktūros paklausa. Kadangi automobiliai miestuose didžiąją jų eksploatavimo laiko dalį stovi, susidarė ypač nepalankios sąlygos surasti vietą automobilio pastatymui miestų centruose. Sukurti daugiau vietų automobiliams statyti dažnu atveju negalima dėl architektūrinės infrastruktūros, kultūros paveldo objektų, vietos stoko. Transporto infrastruktūros plėtra didžiausiuose miestuose nespėja vystytis tokiu greičiu, koku didėja judrumas miestuose.

Ilgesnis susisiekimo laikas. Žmonės vis daugiau laiko praleidžia vykimui į darbą ir iš jo. Pagrindinė to problema, ilgėjantis kelionės laikas dėl gyvenamosios vietos geografinės padėties, kuri dažniausiai būna pigesnė miesto pakraštyje ar užmiestyje. Deja pigesnis būstas toliau nuo miesto centro, dažnai būna prastesnis susisiekimo, aptarnavimo, pramoginiams, socialiniams ir kitais aspektais. Didelė problema gyvenant toliau nuo miesto centro – atsiskyrimas nuo visuomenės.

Viešojo transporto netinkamumas. Viešojo transporto sistema dažnai būna perpildoma arba neišnaudojama. Piko valandomis viešasis transportas yra perpildytas keleiviais. Taip sukuriamos pakankamai sudėtingos ir nepatogios keliavimo sąlygos. Žemas keleivių skaičius ne

piko metu sudaro neekonomišką viešojo transporto darbo grafiką, kas ypatingai pastebima priemiestinėse gyvenamosiose zonose. Nors piko metu viešuoju transportu keliauja didelė dalis miesto gyventų, gaunamų pajamų nepakanka padengti keleivių pervežimui panaudojamų kaštų.

Atliktas tyrimas parodė, kaip susijusios kelionės mieste su asmeninio ir viešojo transporto naudojimu Europos Sąjungoje (žr. 1 pav.). 84.1% iš daugiau nei 5 700 000 keleivių Europoje priskiriama lengviesiems automobiliams. Viešajam transportui bendrame transporto judėjime priskiriama tik 15% : 8,8% - autobusams, 7,1% - traukiniams. (Brainas Slackas 2012)



1 pav. Asmeninio ir viešojo transporto naudojimo schema

Nemotorizuoto transporto naudojimo problemos. Daugumoje Europos miestų pėsčiųjų ir dviračių takų infrastruktūra nepakankamai saugi. Dėl intensyvaus motorinių transporto priemonių eismo gatvėse dviratininkams važiuojamąja dalimi važiuoti itin pavojinga. Miestas turėtų būti suskirstomas į ribojamo eismo zonas suteikiant prioritetą dviračių ir pėsčiųjų eismui.

Neigiamas poveikis aplinkai ir energijos suvartojimas. Oro tarša ir triukšmas, padidėjus eismo intensyvumui daro didelę neigiamą įtaką gyvenimo kokybei ir žmonių sveikatai.

Atlikus tyrimus nustatyta, kokius tikslus reikėtų išskirti, kad būtų galima sumažinti išmetamų teršalų kiekį, priskiriamą asmeninio transporto naudojimui iki 2050 laikotarpio. Apžvalga buvo paskelbta 2007/08 ir pateikta Jungtinės Karalystės vyriausybei, dėl padidėjusio išmetamo anglies dioksido kiekio asmeniniame transporte. Visame pasaulyje transportas sudaro apie 14 % visų išmetamų CO₂ dujų ir daugiau nei 50 % pasaulio naftos gavybos. Pasaulyje naudojama maždaug 850 milijonų transporto priemonių, vidutiniškai 13 žmonių iš 100 turi automobilį; JAV tai yra 60 iš 100, Indijoje ir Kinijoje mažiau nei 1 iš 100. Jei iki 2050, pasaulio gyventojų skaičius padidės iki 9 mlrd, pasaulyje atsirastų beveik 3 milijardai automobilių. Žinoma, tai nėra tvari pozicija: tam, kad būtų negalima sukelti klimato kaitos poveikio, mums reikia sumažinti CO₂ išmetamų dujų kiekį bent 50 % visame pasaulyje (Julia King 2010)

Alanas C. McKinnonas 2010 metais analizavo, kaip pasaulinė logistika veikia aplinką. Straipsnyje rašoma, jog klimato kaita tampa vis labiau ir labiau pastebima. Planetoje naudojami ištekliai pasaulį veda į pražūtį. Pasaulio visuomenė yra susirūpinusi, kaip galima veikti globalinį atšilimą išsaugant natūralius resursus. Alanas C. McKinnonas teigia, jog šiam atšilimo procesui ir didelio užterštumo lygiui didžiulę įtaką daro logistika. Straipsnyje aptariama žaliaji logistikos rūšis mažiau žalos daranti krovinių ir prekių pervežimo rūšis, kuomet logistikoje renkamas mažiau gamtą teršiančios transportavimo rūšys.

Saugumas ir nelaimingi atsitikimai. Didėjantis eismo intensyvumas yra susijęs su nelaimingų atsitikimų ir mirčių skaičiaus gatvėse padidėjimu, ypač smarkiai besivystančiose šalyse. Įvykus eismo įvykiui intensyvaus eismo gatvėse, susidaro didelės spūstys, lėtėja eismas aplinkinėse gatvėse, neefektingai išnaudojamas vairuotojų laikas. Pėstieji nesijaučia saugūs intensyvaus eismo gatvėse.

Žuvusiųjų žmonių skaičius eismo įvykiuose nuo 2001 iki 2013 sumažėjo 44,3 %; Europos iškelti tikslai iki 2020 m. skaičių sumažinti iki 50 % (Eurostat 2014).

2.2. Miestų motorizuoto transporto sistemų svarba darniam miestų vystymuisi

Darnus miestų vystymasis yra visuotinio darnaus vystymosi (angl. Sustainable Development) dalis. Jis apima visas žmogaus veiklos sritis. Darnų vystymąsi galima apibrėžti įvairiai, pasak (L. Bourdeu) – tai:

- toks vystymasis, kuris patenkina šiandienos poreikius, nepažeisdamas ateities kartų gebėjimo patenkinti savo poreikius;
- žmonių gyvenimo kokybės gerinimas, rūpinantis supančios ekosistemos išsaugojimu;
- vystymasis, užtikrinantis aplinkos, ekonominę ir socialinę gerovę visiems visuomenės nariams be grėsmės toms sistemoms, kurios tą gerovę užtikrina;
- vystymasis, skatinantis žmonijos ekonominę ir socialinę progresą ir užtikrinantis, jog tas progresas yra lydimas kitų sričių pažangos.

Taip pat darnus miestas yra toks, kuris išlaiko vidinę pusiausvyrą tarp ekonominės veiklos, gyventojų skaičiaus augimo, infrastruktūros ir komunalinių paslaugų teikimo, taršos, triukšmo. Tai pasiekama tokiu būdu, kuris užtikrina miesto plėtros harmoniją, o daroma įtaka gamtinei aplinkai yra kaip galima mažesnė (J. I. Barredo ir L. Demichelis 2003).

Norint tinkamai įvertinti darnų miestų vystymąsi, reikia atsižvelgti į tam tikrus rodiklius: ar miestas patogus susisiekimo atžvilgiu, ar jis neužterštas, ar turi pakankamai žaliųjų plotų : Jabareenas 2006 m. išskyrė 7 kriterijus pagal kuriuos galima įvertinti darnų miesto vystymąsi:

1. Kompaktiškumas;
2. Darnus transportas;
3. Tankumas;
4. Mišrus užstatymas;
5. Įvairovė;
6. Saulės energijos naudojimas;
7. Ekologija (apželdinimas).

2.3 Transporto politikos susisiekimo kokybei gerinti

Pasaulyje egzistuoja įvairios priemonės, kaip galima įtakoti žmonių judrumą miestuose, mažinant automobilių spūstis, oro užterštumą, užtikrinti keliaujančių žmonių saugumą, gerinti susisiekimo kokybę tarp skirtingų valstybių ir kitas su transportu susijusias problemas.

Kaip teigia A. Baublys (1996), transporto politika yra valstybinės ūkinės politikos dalis, kurios pagalba valstybė realizuoja savo tikslus. Tai priemonės, kuriomis stengiamasi tvarkyti ir vystyti transporto sistemą ar jos šakas taip, kad būtų tenkinami šalies ūkio ir gyventojų transportavimo poreikiai, bei skatinamas valstybės ekonomikos vystymasis.

2.3.1 Transporto politika Europoje

Europos Komisijos generalinis direktoratas yra atsakingas už transporto politiką Europos Sąjungoje. Jo kompetencija yra užtikrinti mobilumą bendroje Europos transporto erdvėje, integruoti gyventojų, aplinkos politikos ir konkurencingumo poreikius.

Siekiami Europos Komisijos tikslai:

1. Užtikrinti nenutrūkstamą integraciją visų transporto rūšių į vieną, konkurencingą transporto sistemą, tuo pat metu užtikrinant saugumą, gerinti keleivių teises;
2. Kurti transeuropinį tinklą kaip daugiaryšio, tvaraus transporto sistemą;
3. Plėtoti inovacijų darbotvarkę: skatinti naujos kartos tvarių transporto technologijų kūrimą, integruotų eismo valdymo sistemų ir mažo anglies dioksido kiekio transporto priemonių sistemą. (Europos komisija 2014)

2011 m. kovo mėnesį Europos Komisija priėmė Baltąją knygą pavadinimu "Planas su bendra Europos transporto erdve - link konkurencingo efektyvių išteklių naudojimu grindžiamo transporto sistemos kūrimo". Ši strategija yra 40 konkrečių iniciatyvų, kuriančių konkurencingą transporto sistemą. Ja siekiama didinti mobilumą, pašalinti pagrindines kliūtis ir skatinti ekonomikos augimą ir užimtumą.

Bendras strategijos tikslas, kad iki 2050 m yra sumažinti priklausomybę nuo importuojamos naftos ir sumažinti anglies dvideginio išmetimą iš transporto 60% (atsižvelgiant į 1990 m lygį), sumažinti žūstančiųjų asmenų keliuose skaičių iki 0, bei trigubai išplėsti greitųjų geležinkelių tinklų ilgį.

2.3.2 Transporto politika Lietuvoje

Lietuvoje ypatingą dėmesį valstybinei transporto politikai pradėta skirti nuo 1990 metų. Tai patvirtinama sukūrus Lietuvos Respublikos susisiekimo ministeriją, priėmus Transporto veiklos pagrindų įstatymą ir suformavus Lietuvos transporto sistemą, atsisakius Maskvos direktyvų ir komandų ugdant Lietuvos geležinkelių, oro, jūrų ir kelių transportą. Lietuvoje, kaip ir daugelyje Europos šalių, Susisiekimo ministerija atlieka pagrindinį vaidmenį numatant ir įgyvendinant transporto politiką. Jos vaidmuo – parengti ir įgyvendinti nacionalinę transporto politiką bendravalstybiniais tikslais, finansiniu ir teisiniu keliu reguliuojant visų transporto rūšių veiklą ir vystymąsi. Įgyvendinant šią politiką ir transporto šakos valdymą, taip pat turi dalyvauti regioninės ir vietinės institucijos, kurios sprendžia klausimus, susijusius su teritoriniais ypatumais, būdingais atskiroms transporto rūšims. Susisiekimo ministerija taip pat organizuoja bei tvarko socialinius keleivių vežiojimus.

Ypatingą vaidmenį valstybė turi skirti vystant ir finansuojant transporto infrastruktūrą. Čia labai svarbu teisingai numatyti ir pelningai investuoti valstybės biudžeto ir nuosavas įmonių lėšas, tarptautinių finansinių investicijų kreditus bei privatų kapitalą į pagrindinius ir perspektyvinius projektus.

Transporto politikos uždaviniai: transporto dalyvavimas ekonomikos vystyme, konkurentiškumo didėjimas, aprūpinimas darbo vietomis, didelė transporto įtaka į subalansuotą šalies vystymąsi, harmoningas visų regionų vystymas, energijos taupymas, aplinkos apsauga ir eismo saugumo gerinimas. Pagrindinis uždavinys – klientūros vežimų poreikių tenkinimas, tam kad egzistuotų viešasis transportas, kuris turi būti vystomas ir atnaujinamas pagal šiuolaikinius reikalavimus. Didėjančių gyventojų poreikių tenkinimas reikalauja, kad funkcionuotų transporto

sistema, derinanti įvairias transporto rūšis, įvertinanti kiekvienos rūšies privalumus ir jų tarpusavio sąveiką.

Pagrindiniai Lietuvos transporto sistemos principai yra transporto ekonominis efektyvumas, jo indėlis į socialinę pažangą ir visiškas regionų transportinių poreikių patenkinimas. Šie principai taikomi visoms transporto rūšims, keleivių ir krovinių vežimams. Transporto indėlis į socialinę pažangą teikiant transportavimo paslaugas, turi tenkinti visų klientų vežimų poreikius, atsižvelgiant į priimtas laiko, kainos ir atstumo sąlygas. Keleivių vežimai turi tapti daug efektyvesni visuomeninio transporto vystymo sąskaita, ypač kasdieniam važiavimui „namai – darbas“. Jis turi būti prieinamas visiems piliečiams ir ypač seniems žmonėms bei neįgaliesiems.

Kuriant gerą šalies transporto sistemą, reikalingos ne tik vietinių ar nacionalinių šalies institucijų, bet ir visų kategorijų transportininkų pastangos. Be viešosios nuomonės negalima pasiekti nieko reikšmingo, tačiau reikėtų imtis plačių priemonių, siekiant suformuoti viešąją nuomonę, kad ji vaidintų teigiamą vaidmenį kuriant transporto sistemą. Tik viešoji nuomonė gali reikalauti ir leisti pasiekti politikams to, ką jie gali pasiekti transporto srityje. (Baublys 1996).

2.3.3 Transporto politika Vilniuje

Rengiant sankryžos rekonstrukcijos galimybių projektą, įvertinti šie dokumentai:

Lietuvos Respublikos teritorijos bendrasis planas, Vilniaus savivaldybės teritorijos bendrasis planas iki 2015 metų, Vilniaus miesto saugaus eismo programa 2011 – 2020 metams.

Lietuvos Respublikos teritorijos bendrajame plane numatyta:

1. Subalansuoti miestų transporto sistemas, sustiprinti miestų viešąjį transportą, modernizuoti gatvių tinklą bei eismo organizavimą;
2. Plėtoti ir modernizuoti tarptautinių automobilių kelių tranzitinio transporto koridorius pagal tarptautinius standartus ir techninius reikalavimus;
3. Įrengti naujus kelius, rekonstruoti esamus gerinant techninius parametrus ir transporto srautų pralaidumą.

Vilniaus savivaldybės teritorijos bendrajame plane iki 2015 metų numatyta:

1. Planuojamu laikotarpiu įgyvendinti svarbiausių Vilniaus miesto gatvių ir išorės kelių tinklo karkasą, kad būtų galima realizuoti pagrindinius transporto srautus ir viešojo transporto maršrutinį tinklą tarp pagrindinio miesto rajonų, tarptautinio Vilniaus oro uosto ir užmiesčio kelių;
2. Miesto automobilizacijos lygį 2015 metais pasiekti iki 600 lengvųjų automobilių

1000 gyventojų;

3. Vykdyti šiuolaikinės eismo reguliavimo ir valdymo sistemos įdiegimą ir pagrindinių sankryžų geometrinių parametrų pagerinimą;

4. Transporto eismą sumažinti pagrindinėje senamiesčio zonoje, centre, pirmenybę teikiant pėstiesiems, dviratininkams ir viešajam transportui. Taikyti šias priemones: viešojo transporto aptarnavimo gerinimas, mokesčio nustatymas už transporto įvažiavimą ir stovėjimą;

5. Formuoti miesto greito eismo gatvių tinklą, kuris turėtų išorines jungtis su išoriniais keliais.

Vilniaus miesto 2010–2020 metų strateginiame plane numatyta:

1. Didinti susisiekimo infrastruktūros tinklo rišlumą ir tankį, tęstinumo principu mažinant bendrą tinklo perkrovą;

2. Tobulinti ir plėsti automatizuoto valdymo reguliavimo sistemą;

3. Plėsti mokamų automobilių stovėjimo vietų skaičių miesto centrinėje dalyje ir jos prieigose (išskyrus senamiesčio centinę dalį);

4. Mažinti oro užterštumo ir triukšmo nuo transporto eismo poveikį.

2.4 Pasaulinės patirties apžvalga: pasaulio šalyse naudojamos metodikos, jų taikymas

Europoje, Jungtinėse Amerikos Valstijose, bei kitose šalyse prieš įgyvendinant susisiekimo sistemos ar jos dalies rekonstrukcijos darbus į pagalbą pasitelkiama eismo modeliavimo programinė įranga. Jos pagalba gauti eismo priemonių ir dalyvių modeliavimo rezultatai palyginami su siekiamais rodikliais, atliekama ekonominė bei finansinė analizė bei priimi sprendimai.

Pagrindiniai modeliavimo tikslai :

- Plėtros perspektyvos;
- Ekonominis statybos objektų pagrindimas;
- Variantų palyginimas;
- Miesto plėtros įtakos miesto transporto infrastruktūrai modeliavimas.

Yra išskiriami du pagrindiniai modeliavimo lygmenys

- Mikroskopinis – gatvių ir transportinių mazgų, sankryžų, miesto susisiekimo elementų modeliavimas. Kiekvienos transporto priemonės elgsenos modeliavimas;
- Makroskopinis – miesto transporto srautų modeliavimas.

Pasaulyje transporto modeliavimo įrangų asortimentas yra gan platus. Pagrindinės specialistų naudojamos įrangos:

1. Corsim programinė įranga

Corsim yra mikroskopinio lygmenio eismo modeliavimo programa, sukurta kelių, greitkelių bei miesto gatvių eismo modeliavimui. Be to, ji gali modeliuoti ir pėsčiųjų srautus bei teršalų emisiją. Corsim yra integruotos dvi pirmtakės eismo modeliavimo programos Fresim ir Netsim (Fresim skirta greitkelių mikroskopiniam eismo modeliavimui, o Netsim – miesto gatvių modeliavimui). Corsim esminės savybės :

- Įvairių sankryžų valdymo sistemų modeliavimas;
- Aprašoma beveik visa paviršiaus geometrija;
- Platus eismo lygių modeliavimo diapazonas.

2. Vissim programinė įranga

Vissim yra mikroskopinio lygio modeliavimui skirta programa, sukurta analizuoti greitkelių, miesto gatvių sričiai ir viešojo transporto veiklai. Ji gali modeliuoti eismo režimus tokius kaip: pagrindinės paskirties transporto, autobusų, lengvojo geležinkelio, sunkvežimių, pėsčiųjų ir dviratininkų srautus. Programa susideda iš dviejų priminių komponentų:

- Simulatorius, kuris generuoja eismą ten, kur vartotojas grafiškai sukuria tinklą;
- Šviesoforų signalų būklės generatorius.

Tačiau Vissim neturi tradicinės sankryžų sistemos struktūros. Šios struktūros nebuvimas suteikia vairuotojui galimybę lanksčiai valdyti šviesoforų veiklą ir transporto priemonių trajektorijas sankryžoje ir gatvėse.

3. Transyt programinė įranga

Skirta mikroskopiniame lygmenyje analizuoti optimalius pastovius transporto srautus bet kokiame gatvės ar kelio tinkle. Be to, ji gali įvertinti kokybės indeksus pinigine išraiška, gali būti naudojama viešojo transporto sistemų sinchronizavimui, kuomet pirmumas suteikiamas autobusams ir skubios pagalbos automobiliams. „Transyt“ gali labai tiksliai modeliuoti srautus žiedinėse sankryžose. Dar viena šios programos teigiamų savybių yra ta, kad joje integruotas tinklų konstravimo įrankis NetCon, kuris leidžia grafiškai reprezentuoti tinklą.

4. Inro Emme 3 programinė įranga

„Emme 3“ yra atnaujinta ir patobulinta „Emme 2“ programos versija. „Emme 3“ turi atnaujintą vartotojo sąsają, naują gatvių bei kelių kūrimo įrankį, didelę vizualizacijos ir analizės pajėgumą, didesnes GIS integracijos galimybes ir dideles transportinių žemėlapių bei grafinių elementų bibliotekas.

5. Aimsun programinė įranga

Tai mikroskopinio lygio simuliacijos programa, su kuria galima nagrinėti įvairius eismo tinklus: miesto gatves, greitkelius, automagistrales, žiedines sankryžas. Ši programa labai naudinga priemonė įvertinant naujas eismo kontrolės sistemas bei valdymo sistemas, pagrįstas tradicinėmis technologijomis bei intelektualiomis transporto sistemomis. „Aimsun“ gali simuliuoti eismo kontrolės sistemas, tokias kaip Scat, Vs-plus, C-regelaar, duodančias prioritetą viešajam transportui. Ji taip pat gali įvertinti taršalų emisijos žalą aplinkai.

6. Transim programinė įranga

Skirta grūsčių, eismo saugumo, kuro sąnaudų, teršalų emisijos analizavimui keliuose ir miesto gatvėse. Ji gali modeliuoti žmonių ir transporto priemonių judėjimą.

7. Dracula programinė įranga

Ji skirta mikroskopinio lygio kelių tinklo modeliavimui bei analizavimui. Ši programinė įranga apima tokias funkcijas:

- Nuotolių skaičiavimas gatvėse dėl perpildymo automobiliais;
- Eismo srautus valdančių priemonių valdymas;
- Dinaminis kelių valdymas;
- Viešo transporto eismo juostų projektavimas;
- Strateginis urbanizuotų vietovių modeliavimas;

Dracula programinė įranga apjungia daugybę prielaidų ir detalizacijos lygių, kuriuos vartotojas laisvai gali pasirinkti

8. Paramics V6 programinė įranga

Mikroskopinio lygio eismo modeliavimo programa su integruota galinga platforma, kuri yra skirta kruopščiam transporto srautų modeliavimui ir transportavimo problemų sprendimui. Programa skirta modeliuoti sankryžas, greitkelius bei viso miesto susisiekimo sistemą. Ši sistema labiausiai tinka analizuoti ir modeliuoti:

- Automatizuotas eismo valdymo sistemos;
- Viešąjį transportą;
- Evakuacijos būdus ir katastrofas;
- Prioritetines sankryžas, šviesoforines bei žiedines sankryžas.

2.5 Lietuvoje naudojamos metodikos, modeliai ir jų taikymas

Informacinių technologijų (modeliavimo programinės įrangos) taikymas sudaro prielaidas optimizuoti transporto sistemų veiklą: pagerinti visos sistemos veiklos kokybę, saugumą bei efektyvumą, padidinti laidumą, sutrumpinti kelionės trukmę be didelių finansinių investicijų į naujos techninės infrastruktūros statybą. Daugiausiai eismo problemų atsiranda didžiausiuose Lietuvos miestuose.

R. Ušpalytė – Vitkūnienė (2006 m.) moksliniame darbe aprašo kaip atliekamas Vilniaus miesto Viešojo transporto modeliavimas. Miesto teritorija skirstoma į skirtingos paskirties rajonus: gyvenamuosius, pramoninius ir rekreacinius. Toks miesto susiskaidymas į rajonus daro gyventojus vis labiau priklausomus nuo transporto sistemos. Lietuvoje ir Europos valstybėse prioritetiniu pripažintas viešasis transportas Lietuvos miestuose, kitaip nei kitur, nesulaukia reikiamo dėmesio, o maršrutinis tinklas šiuo metu keičiamas chaotiškai ir nepagrįstai. Vilniaus miesto viešojo transporto modeliavimas buvo atliktas naudojant „VISUM“ programinę įrangą. Modeliavimo tikslas - užtikrinti geresnę miesto gyventojų gyvenimo kokybę modeliuojant viešojo transporto maršrutų tinklą Vilniaus mieste. Suformuotas trijų lygių viešojo transporto maršrutų tinklas - pagrindinis, aptarnavimo ir pagalbinis maršrutas. Tai leido minimaliomis sąnaudomis užtikrinti racionalų Vilniaus miesto gyventojų aptarnavimą viešuoju transportu.

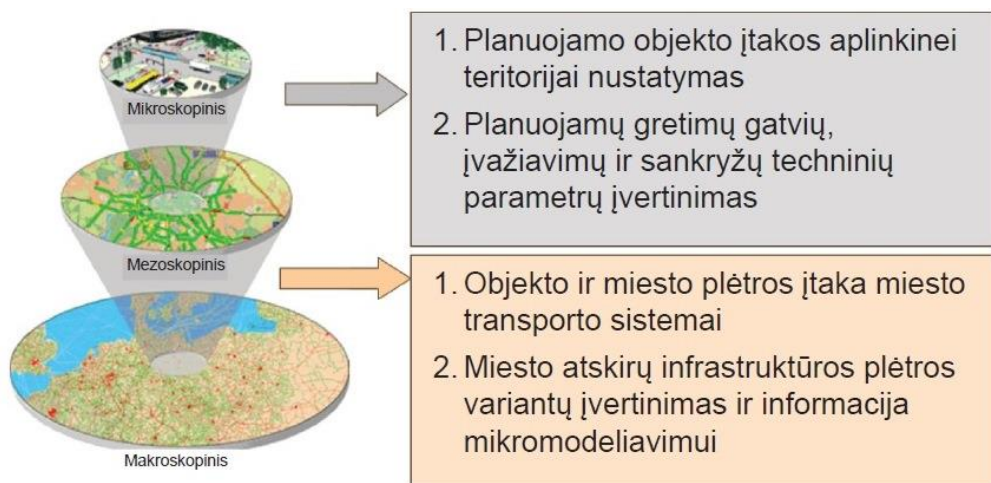
Vilniaus Gedimino technikos universiteto atliko transporto srautų Kauno miesto centre modeliavimą, sudarydami ląstelinio automato modelio principu veikiančius imitacinius sankryžų modelius, įvertinant tokius eismo požįūriu aktualius rodiklius kaip vidutiniai eismo srauto greičiai skirtingose gatvėse, eismo intensyvumas, eismo spūstys ir srautų pasiskirstymas. Pasak autorių, ląstelinio automato modelio veikimas susietas su patobulintu tolesnio automobilio modelio priartėjimu. Darbe diskretizuotos atsitiktinės funkcijos, apskaičiuotos šių funkcijų autokoreliacinės reikšmės. Gautos fundamentalios makroskopinės transporto eismo charakteristikos. Nustatytos vidutinio eismo srauto greičio, tankio skaitinės priklausomybės, kuriomis remiantis įvertinti transporto tinklo paklausos parametrai Kauno miesto centre tam tikrais laiko intervalais (Jablonskytė 2011).

2.6 PTV Vision modeliavimo paketo apžvalga

„PTV VISION“ modeliavimo paketas glaustai aprašytas doc. dr. V. Grigonio mokomojoje knygoje „Miestų transporto srautų modeliavimas“.

„PTV Vision“ – vienas iš plačiausiai pasaulyje naudojamų transporto srautų modeliavimo paketų, kuris apima visus tris modeliavimo lygmenis: sankryžą, atskiros teritorijos gatvių tinklą ar viso miesto gatvių tinklą, rajono ar šalies transporto sistemą (2 pav.). Šis programų paketas sėkmingai pritaikytas daugiau kaip 75 pasaulio šalyse, tarp jų ir ES šalyse, pvz., Čekijoje (Praha), su ja dirba Vokietijos, Švedijos mokslininkai bei miestų planuotojai.

Programinis paketas „PTV Vision“ yra sukurtas Vokietijoje, „PTV AG“ kompanijoje. Šis paketas išsiskiria iš kitų tuo, kad visi lygiai suderinti tarpusavyje ir duomenys importuojami bei eksportuojami iš vieno į kitą, tai ypač svarbu modeliuojant įvairius miesto susisiekimo sistemos plėtros variantus.



2 pav. „PTV Vision“ apimami modeliavimo lygmenys (PTV Vision 2006)

„PTV vision“ paketas vartotojui siūlo (PTV Vision 2006):

- Vertikalią ir horizontalią transporto planavimo integraciją;
- Aprūpinimą, vykdymą ir kontrolę;
- Viešojo transporto planavimą ir priežiūros optimizavimą;
- Alternatyvų simuliaciją;
- Sąsajas, paramą ir paslaugų teikimą.

Programinis paketas yra sudarytas iš trijų pagrindinių programų: „VISUM“, „VISIM“ ir „CROSSIG“. „VISUM“ yra strateginio lygmens asmeninio ir viešojo transporto planavimo sistema,

skirta miestų transporto srautams modeliuoti, susisiekimo sistemoms analizuoti, vertinti, prognozuoti ir sistemų poveikiui aplinkai vertinti. „VISIM“ programa yra skirta mikroskopiniams transporto srautams miesto lygmeniu modeliuoti, analizuoti ir vizualizuoti (sankryža, mazgas). „CROSSIG“ programa modeliuoja ir optimizuoja šviesoforų darbo ciklus.

Metodiniuose nurodymuose bus aptartas darbas su „VISUM“ programiniu paketu, kurį naudodami studentai gali paruošti pasirinkto miesto bendrojo plano susisiekimo dalies sprendinius: įvertinti atskirų modelio elementų dinamiką ir sąveiką, nustatyti susisiekimo sistemos poreikius ir galimybes, pateikti siūlymus.

Programa labai lengvai įsisavinama dėl paprastos sąsajos ir visuotinai priimtų koncepcijų naudojimo. Programoje įdiegta daug priemonių, suteikiančių galimybę vartotojams perkelti duomenis iš kitų transporto modeliavimo programų, taip pat galima persikelti transporto tinklus iš „GIS: išlaikant pasirinktą koordinacijų sistemą.

Programinės įrangos bazėje yra įdiegta keliolika matematinių modelių, kuriuos taikant vykdomas transporto srauto priskyrimas. Viešojo transporto sistema šioje programinėje įrangoje gali būti analizuojama kartu su asmeninio transporto posistemiui, dar daugiau – naudojant papildomus modulius galima atlikti viešojo transporto veiklos analizę (Grigonis, 2011).

3. Analitinė dalis

3.1 ES šalyse naudojami susisiekimo kokybės vertinimo kriterijai ir metodai, jų taikymas Lietuvos sąlygomis

Miestų gatvių tinklas ir transporto mazgai (sankryžos, sankirtos) turi užtikrinti gyventojams patogų susisiekimą ir maksimalų visų eismo dalyvių saugumą. Gatvių sankryžos turi atitikti esamo ir prognozuojamo transporto ir pėsčiųjų eismo intensyvumo, srauto struktūros reikalavimus, kad nesudarytų didelės automobilių prastovos. Miestuose eismo organizavimas nustatomas pagal gatvių tinklo parametrus, maksimalų leistiną greitį, susisiekimo būdus, transporto priemonių tipus, viešojo transporto srautus, eismo ribojimų ir draudimų tipą.

Racionaliai organizuojant eismą garantuojamas saugus, funkcionalus ir ekonomiškasis transporto priemonių bei pėsčiųjų eismas miestų gatvėse ir užmiesčio keliuose. Tam yra keliami pagrindiniai eismo organizavimo tikslai:

- gatvių ir sankryžų laidumo didinimas;
- pėsčiųjų eismo reguliavimas ir saugumo didinimas;
- eismo saugumo pagerinimas;
- viešojo transporto priemonių eismo racionalizavimas;
- automobilių stovėjimo organizavimas: informacijos pateikimo tobulinimas, stovėjimo vietų ir aikštelių skaičiaus didinimas (išskyrus centrinės senamiesčio zonas);
- transporto prastovų mažinimas ir eismo sąlygų gerinimas;
- transporto neigiamo poveikio aplinkai mažinimas (triukšmo, degimo produktų emisijos ir kt.). (Paliulis 2007).

Vieninga nuomonė dėl keliamų eismo organizavimo tikslų yra pasiekta, tačiau konkrečių metodikų ir vertinimų projektuojant ar įgyvendinus tam tikros sankryžos ar gatvės įrengimo projektą, nėra daug. ES valstybėse ir pasaulyje trūksta normatyvinių dokumentų aprašančių metodikas, kurias taikant galima būtų apskaičiuoti sankryžų pajėgumus, spūsčių ilgį ir transporto laiko nuostolius. Klibavičius (2008) pastebi, kad Lietuvos standartuose (STR) nėra jokios metodikos, kuri tiktų sankryžų projektavimo ir funkcionavimo kokybės vertinimui.

Šiaurės Amerikoje ir visoje Europoje plačiai naudojami „Highway Capacity Manual (HCM)“ aptarnavimo lygio (AL, ang. Level Of Service) standartai.

HCM (Transportation Research Board publications. HCM, 2000) standartuose kokybė yra suskirstyta į 6 lygius, kurie įvardinti raidėmis nuo „A“ iki „F“, pvz.: Aptarnavimo lygmuo „A“ rodo

geriausiai funkcionuojantį transporto tinklą. Tuo tarpu aptarnavimo lygmuo „F“ – blogiausias transporto tinklo įvertinimas.

Miesto gatvių tinklo aptarnavimo kokybė yra nusakoma vienu pagrindiniu rodikliu – sudaryto tinklo arba tinklo dalies vidutinis transporto priemonių greitis. Vidutinis greitis – pagrindinis rodiklis, kurį matuojant fiksuojamas ir sugaištas laikas reguliuojamose ir nereguliuojamose sankryžose.

Miesto gatvių aptarnavimo kokybė taip pat labai priklauso nuo gatvėse esančių reguliuojamų sankryžų ir reguliuojančių ženklų kiekio. Netinkamas šviesoforų darbo ciklas gali sutrikdyti eismo kokybę, net jei gatvių kategorija aukštesnė, nei to reikalauja eismo intensyvumas. Iš kitos pusės, tam tikrose miesto dalyse įrengtos sudėtingos sankryžos, kurių šviesoforinis reguliavimo darbo lygmuo vertinamas žemesniu lygmeniu, gali žymiai pagerinti eismo kokybę kitose gatvių tinklo sankryžose (Transportation Research Board publications. HCM, 2000). Liepkalnio – Žirnių – Minsko plento šviesoforais reguliuojamos sankryžos aptarnavimo kokybė vertinama pagal laukimo laiką, sugaištą sankryžoje (žr. 1 lentelė)

Sugaištas laikas sankryžoje – tai laikas, kai automobilis visiškai sustoja laukdamas tinkamo šviesoforo signalo. Jis priklauso nuo šviesoforų darbo ciklo, stabdymo kelio, stabdymo intensyvumo, judėjimo greičio transporto priemonių eilėje, sustojimų skaičiaus ir pagreitinimo iki buvusio pradinio greičio.

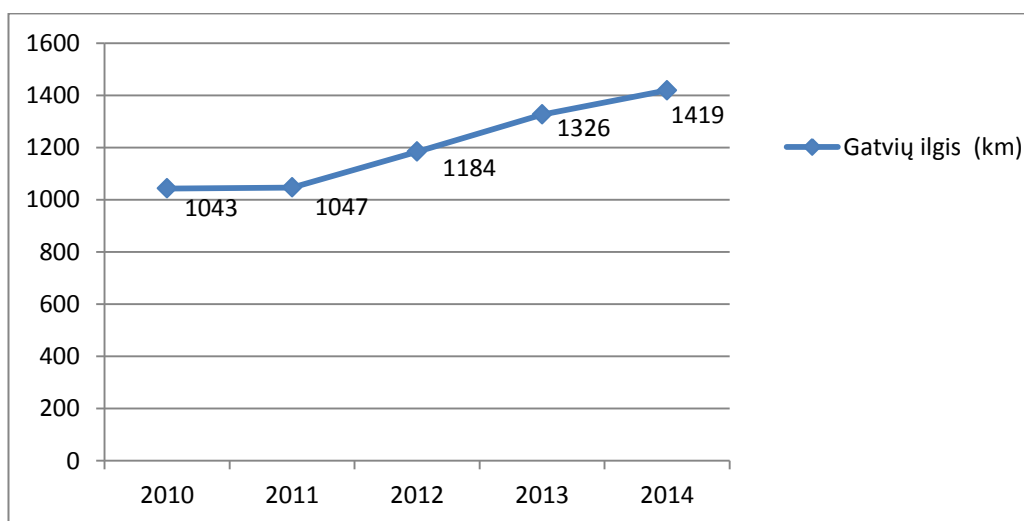
1 lentelė. „Highway Capacity Manual 2010“ rekomendacijose nurodyti aptarnavimo lygiai šviesoforais reguliuojamoje sankryžoje

Laukimo laikas	AL pagal transporto srauto - laidumo santykį (s/l)	
	$s/l \leq 1.0$	$s/l \geq 1.0$
≤ 10 s	A	F
10-20 s	B	F
20-35 s	C	F
35-55 s	D	F
55-80 s	E	F
≥ 80 s	F	F

3.2. Vilniaus miesto gatvių tinklo analizė

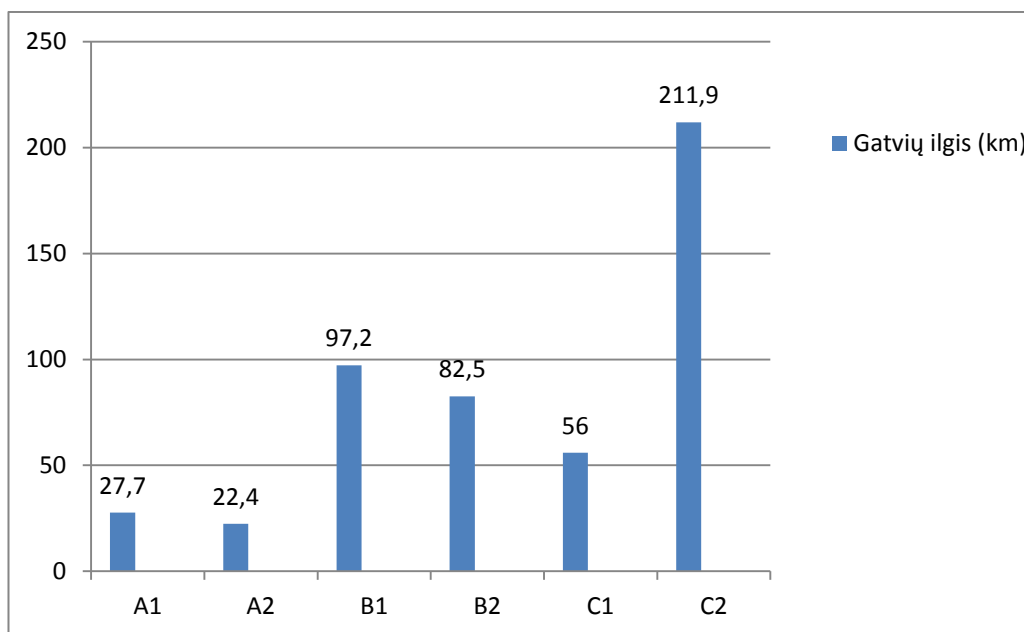
Vilnius – Lietuvos sostinė ir didžiausias šalies miestas, Vilniaus apskrities, rajono ir miesto savivaldybės centras. Įsikūręs šalies pietryčiuose, prie Neries ir Vilnios santakos. Sostinėje veikia aukščiausios valdžios institucijos – Prezidentūra, Seimas, Vyriausybė, ministerijos, Aukščiausiasis ir Konstitucinis teismai, užsienio valstybių ambasados ir atstovybės, diplomatinės misijos, tarptautinių organizacijų atstovybės. Vilniaus senamiestis yra vienas didžiausių Rytų Europoje ir 1994 m. įrašytas UNESCO Pasaulio paveldo sąrašą. Šiuo metu Vilniuje gyvena 539939 žmonių, bendras miesto plotas siekia 401 kvadratinį kilometrą.

Iš Vilniaus išeina dvi automagistralės: A1 - Vilnius–Kaunas–Klaipėda magistralė, kuri veda į Klaipėdą, per Kauną, ir A2 – Vilnius–Panevėžys magistralė, kuri veda į Panevėžį, taip pat penki kiti magistraliniai keliai: A3 – Vilnius–Minskas (į Medininkus), A4 – Vilnius–Varėna–Gardinas (į Druskininkus), A14 – Vilnius–Utena (į Uteną), A15 – Vilnius–Lyda (į Šalčininkus) ir A16 – Vilnius–Prienai–Marijampolė (į Marijampolę). Būtina gerinti ne tik išorinius miesto ryšius, bet ir turėti aiškią vidaus susisiekimo sistemos plėtros strategiją. Miesto susisiekimo infrastruktūros išvystymo lygis yra labai svarbus rodiklis, užtikrinantis sostinės socialinę, ekonominę ir ūkinę veiklą, atliekant keleivių ir krovinių pervežimus. Gatvių ilgis, tankis ir techniniai parametrai yra Vilniaus miesto susisiekimo sistemos pagrindas, kuris sudaro atitinkamas sąlygas miesto teritorinei bei transporto ir pėsčiųjų infrastruktūros plėtrai. Nuo jų priklauso transporto ir pėsčiųjų srautai, realios eismo sąlygos, gatvių tinklo ir sankryžų laidumas.



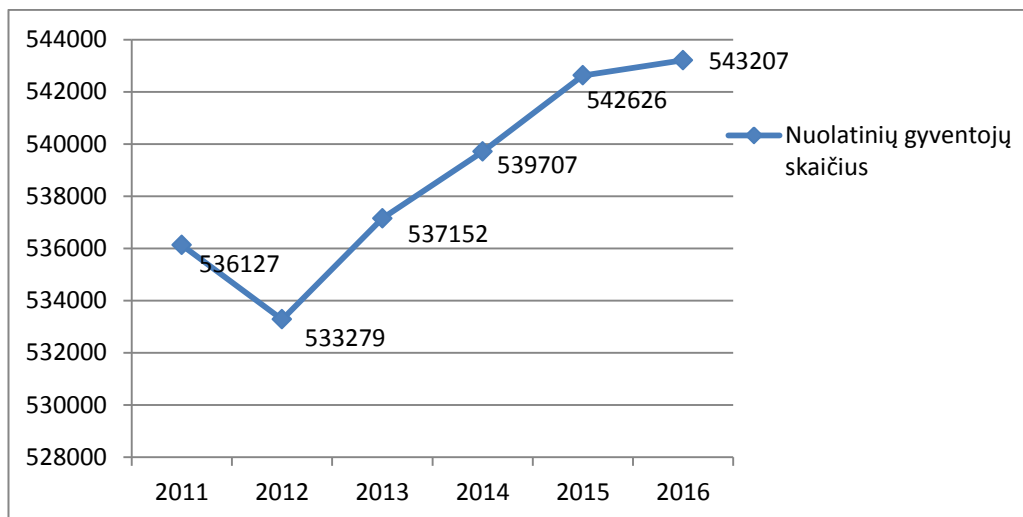
3 pav. Vilniaus miesto gatvių ilgis metų pabaigoje

Pagal Lietuvos statistikos departamento duomenis, bendras sostinės gatvių tinklo ilgis nuo 2010 m. iki 2014 m. padidėjo per 376 kilometrų (žr. 3 pav.), gatvių tankis pasiekė beveik 4 km/km². Nors bendras visų kategorijų gatvių tankis yra 4 km/km², tačiau magistralinių miesto gatvių tinklo tankis siekia tik 2.6 km/km², bendras ilgis 497,7 km. (žr. 4 pav.)



4 pav. Vilniaus miesto magistralinių gatvių ilgis 2015 m.

Augant gyventojų skaičiui (žr. 5 pav.) ir didėjant automobilizacijos lygiui mieste, gatvės jau pasiekė laidumo ribą daugelyje Vilniaus miesto sankryžų ir tapo viena iš svarbiausių miesto problemų. Dėl to mieste didėja transporto priemonių spūstys, oro užterštumas, auga triukšmo lygis, kyla pavojus žmonių sveikatai, gamtos ir paveldo apsaugai. Reikalingos radikalios priemonės transporto spūstims mažinti gerinant pėsčiųjų, dviratininkų eismo sąlygas bei didinant visuomeninio transporto konkurencingumą.

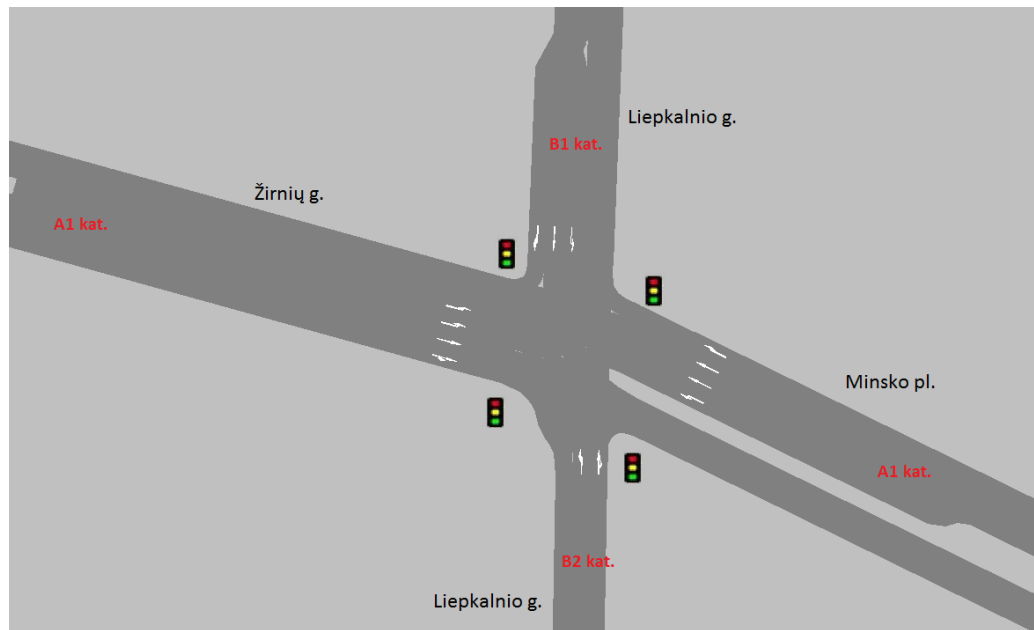


5 pav. Nuolatinių gyventojų skaičius Vilniuje metų pradžioje

Analizuojama Žirnių – Liepkalnio – Minsko plento sankryža yra labai svarbus Vilniaus miesto susisiekimo tinklo elementas. Pietinėje miesto dalyje nuo sankryžos yra daug įmonių, gyvenamųjų namų. Didelę dalį srautų sudaro per aplinkkelį Minsko, Lydos kryptimi praeinantis tranzitinis eismas.

Žirnių – Liepkalnio – Minsko plento sankirtos plotas yra apie 1500 kvadratinų metrų, bendras užimamas plotas su eismo juostomis prieš sankryžą užima apie 0.4 hektaro teritorijos. Sankryža reguliuojama šviesoforais, kurių signalinės programos dirba realiu laiku priklausomai nuo transporto srautų, t. y. žaliojo signalo trukmė kinta kiekvienoje signalinėje grupėje priklausomai nuo transporto srautų. Yra apibrėžtos kiekvienos fazės minimalios ir maksimalios laiko ribos, ciklo laikas neturi reikšmės. Sankryžoje suprogramuotos 8 signalinės grupės. Keturspalėje sankryžoje susikerta šios gatvės

- Žirnių g. – A1 (greito eismo gatvė, projektinis greitis 100 km/val, esamas 80 km/val);
- Minsko plentas – A1 (greito eismo gatvė, projektinis greitis 100 km/val, esamas 80 km/val);
- Liepkalnio g. šiaurinė dalis iš centro – B1 (pagrindinė gatvė, projektinis greitis 70 km/val, esamas 50 km/h.);
- Liepkalnio g. pietinė dalis – B2 (pagrindinė gatvė, projektinis greitis 60 km/val, esamas 60 km/h.);



6 pav. Žirnių–Liepkalnio–Minsko plento sankryžos esamos būklės schema

Žirnių gatve važiuojama dviem eismo juostom, ties sankryža išplatėja į keturias eismo juostas: pirmoji tiesiai ir į dešinę, antroji tiesiai, trečioji ir ketvirtoji eismo juostos į kairę link centro. Minsko plentu važiuojama dviem eismo juostomis, sankryžoje eismo juostos išplatėja į keturias: viena į dešinę, dvi tiesiai, viena į kairę. Liepkalnio gatve nuo centro važiuojama dviem eismo juostomis, sankryžoje eismo juostos išplatėja į tris: į dešinę, tiesiai ir kairę. Liepkalnio gatve iš pietų važiuojama dviem eismo juostom: viena tiesiai ir į dešinę, antra tik į kairę. (žr. 6 pav.)

3.3. Duomenų rinkimas ir analizė: transporto srautų tyrimai, eismo intensyvumas, gaiščių tyrimai.

Transporto srautai šviesoforais reguliuojamoje sankryžoje, pagal 2015-10-21 atliktus srautų tyrimus, tiek rytinio, tiek vakarinio piko metu siekia apie 5000 transporto priemonių per valandą. Per rytinio piko metą nuo 7:00 iki 7:59 val. sankryžą įveikia 4558 lengvųjų automobilių ir 368 sunkiasvorių transporto priemonių, vakarinio piko metu nuo 17:00 iki 17:59 val. per sankryžą pravažiuoja 4410 lengvųjų ir 212 sunkiasvorių automobilių. Piko metu automobilių srautai gerokai viršija sankryžos laidumo galimybes, todėl čia susidaro transporto grūstys.

2 lentelė. Žirnių–Liepkalnio–Minsko plento sankryžos transporto priemonių srautai rytinio piko metu

2015. 10.21	Srautų tyrimas rytinio piko metu				Suma
	Iš Liepkalnio (Š)	Iš Minsko .pl	iš Liepkalnio (P)	Iš Žirnių g.	
Lengvosios transporto pr.	944	1295	1061	1258	4558
Sunkiasvorės transporto pr.	88	68	64	148	368

Ypač opi problema rytinio piko metu matoma pietinėje Liepkalnio gatvėje važiuojantiems tiesiai link centro bei sukantiems į kairę link Žirnių gatvės. Kita probleminė vieta stebima važiuojantiems Minsko plentu link Žirnių bei sukantiems į dešinę link Liepkalnio gatvės.

3 lentelė. Žirnių–Liepkalnio–Minsko plento sankryžos transporto priemonių vakarinio piko metu

2015. 10.21	Srautų tyrimas vakarinio piko metu				Suma
	Iš Liepkalnio (Š)	Iš Minsko .pl	iš Liepkalnio (P)	Iš Žirnių g.	
Lengvosios transporto pr.	801	1001	1042	1778	4410
Sunkiasvorės transporto pr.	49	47	32	84	212

Pagal pravažiuojančių automobilių srautus ir atlikus stebėjimą sankryžoje vakarinio piko metu ilgiausios transporto priemonių eilės susidaro Žirnių gatvėje ir Liepkalnio gatvės pietinėje dalyje.

Susumavus visų kategorijų motorinių transporto priemonių skaičių pravažiuojančių sankryžą rytinio ir vakarinio piko metu gauname:

- 4926 transporto priemonių per valandą – rytinio piko metu;
- 4622 transporto priemonių per valandą – vakarinio piko metu.

Pagal gautus automobilių srautų duomenis remiantis H. Sivilevičiaus (Transporto sistemos elementai 2012 m., Vilnius) metodika, suskaičiuojamas automobilių paros eismo intensyvumas, vidutinis savaitės paros eismo intensyvumas ir vidutinis metinis paros eismo intensyvumas.

PEI - paros eismo intensyvumo skaičiavimas

Paros eismo intensyvumas – transporto priemonių, pravažiavusių kelio ruožu per vieną parą, skaičius.

PEI (paros eismo intensyvumas) skaičiuojamas pagal formulę:

$$PEI = N \cdot K_p,$$

kur:

N - transporto priemonių, pravažiavusių per matuojamą laikotarpį, skaičius (tr. priem.);

K_p - matavimo paros koeficientas.

Iš knygos „Transporto sistemos elementai“ (Sivilevičius 2012) priedų lentelių B1-B5 randama koeficiento K_p reikšmė. Ryte K_p = 16,2, o vakare K_p = 15,1.

$$PEIR = 4926 \cdot 16,2 = 79\,801 \text{ tr. priemonių/parą};$$

$$PEIV = 4622 \cdot 15,1 = 69\,792 \text{ tr. priemonių/parą};$$

$$\text{Vidutinis PEI} = 74\,797 \text{ tr. priemonių/parą}.$$

VSPEI - vidutinio savaitės paros eismo intensyvumo skaičiavimas

Vidutinis savaitės paros eismo intensyvumas – per vieną savaitės parą pravažiuojančių transporto priemonių skaičiaus vidurkis.

VSPEI (vidutinis savaitės paros eismo intensyvumas) skaičiuojamas pagal formulę:

$$VSPEI = PEI \cdot K_{si},$$

kur:

K_{si} - savaitės paros koeficientas.

Iš knygos „Transporto sistemos elementai“ priedų lentelių C1-C2 randama koeficiento K_{si} reikšmė. Matavimo laikotarpis nuo spalio 1d. iki kovo 31 d., savaitės diena trečiadienis (srautų tyrimai atlikti spalio 21 d.). Poilsio dienų PEI santykis su darbo dienų PEI yra mažesnis už 0,9 (K_{SG} < 0,9) todėl K_{si} = 0,97.

$$VSPEI = 74\,797 \cdot 0,97 = 72\,553 \text{ tr. priemonių/parą}$$

VMPEI - vidutinio metinio paros eismo intensyvumo skaičiavimas

Vidutinis metinis paros eismo intensyvumas – per vieną metų parą pravažiuojančių transporto priemonių skaičiaus vidurkis.

VMPEI (vidutinis metinis paros eismo intensyvumas) skaičiuojamas pagal formulę:

$VMPEI = VSPEI \cdot KMi$, kur KMi - metų savaitės EI koeficientas.

Iš knygos „Transporto sistemos elementai“ priedų lentelės D1 randama koeficiento KMi reikšmė. Srautų tyrimai atlikti spalio 21 d., tai yra 42 metų savaitė. $KMi = 1,04$.

$VMPEI = 72\,553 \cdot 1,04 = 75\,455$ tr. priemonių/parą.

Atliekant transporto priemonių srautų tyrimą, taip pat buvo atlikti automobilių gaišties tyrimai sankryžoje. Transporto priemonės gaištis – tai laiko intervalas, kurį vairuotojas sugaišta važiuodamas per sankryžą.

Atlikus stebėjimus rytinio ir vakarinio piko metu, nustatyta, per kiek šviesoforo darbo ciklą atvažiuojantys automobiliai pravažiuoja sankryžą. Automobilių judėjimas buvo stebimas tris dienas. Vienas šviesoforo darbo ciklas piko metu sankryžoje trunka nuo 140 iki 162 sekundžių.

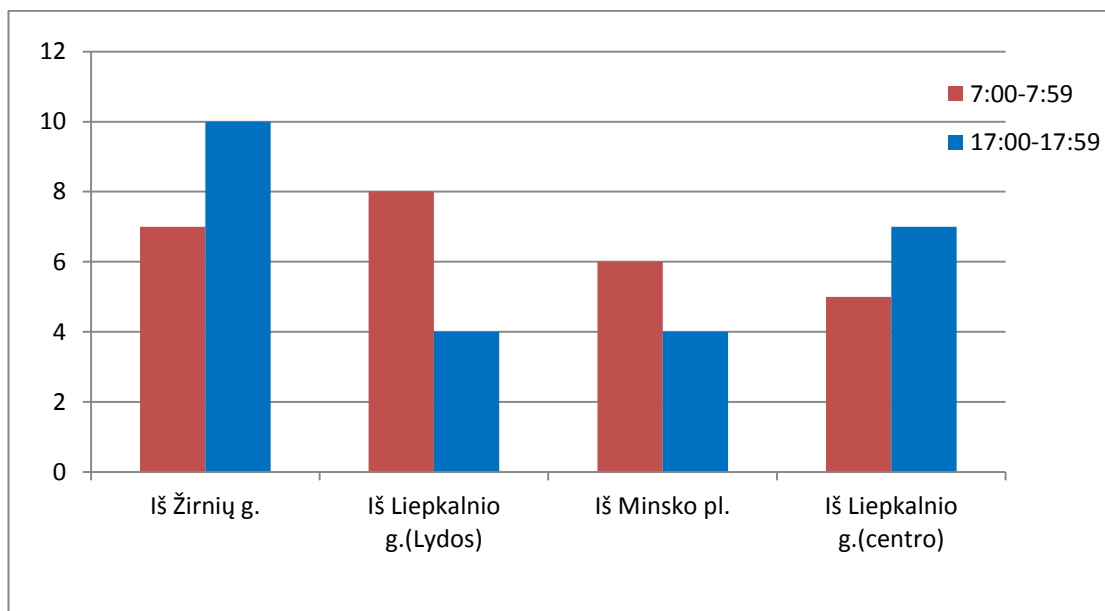
Rytinio piko metu nustatyta (žr. 7 pav.):

- Važiuojantys Žirnių gatve link Minsko plento ir suktys į Liepkalnio gatvę abiem kryptimis vidutiniškai sugaišta 7 minutes;
- Važiuojantys Liepkalnio gatve nuo Lydos pusės į centrą bei Minsko plentą – 7 minutes, suktys į kairę į Žirnių gatvę – 9 minutes;
- Važiuojantys Minsko plentu tiesiai į Žirnių gatvę – 8 minutes, suktys į Liepkalnio gatvę į dešinę ir kairę – 3 minutes;
- Važiuojantys Liepkalnio gatve tiesiai link Lydos ir Žirnių gatvės – sugaišta 5 minutes, suktys į kairę link Minsko plento – 6 minutes.

Vakarinio piko metu nustatyta:

- Važiuojantys Žirnių gatve link Minsko plento ir suktys į Liepkalnio gatvę abiem kryptimis vidutiniškai sugaišta 10 minučių;
- Važiuojantys Liepkalnio gatve nuo Lydos pusės į centrą bei Minsko plentą – 4 minutės, sukantiems kairėn į Žirnių gatvę – 4 minutes;
- Važiuojantys Minsko plentu tiesiai į Žirnių gatvę – sugaišta 5 minutes, suktys į Liepkalnio gatvę į dešinę ir kairę – 3 minutes;

- Važiuojantys Liepkalnio gatve tiesiai į Lydos pusę ir Žirnių gatvę – 5 minutes, sukantiems į kairę link Minsko plento – 9 minutes.



7 pav. Automobilių gaisčių tyrimai Žirnių–Liepkalnio–Minsko plento sankryžoje

3.2 Plėtros variantų pirminė analizė ir atranka atsižvelgiant į statybos techninius reglamentus bei rekomendacijas

G. M. Paliulis (2007) išskiria, kad vertinant eismo organizavimo ir gatvių rekonstrukcines galimybes miestuose, svarbu nustatyti gatvių tinklo parametrus, maksimalų leistiną greitį, susisiekimo būdus, transporto priemonių tipus, viešojo transporto srautus, eismo ribojimus ir draudimus jose.

Saulius Vingrys (2011) pastebi, kad miestai tampa labiau urbanizuoti, automobiliai – galingesni ir greitesni, o gyventojų tankumas auga sulig kiekviena diena. Sprendimus būtina parinkti tokius, kurie būtų ekonomiškai pagrįsti, o kartu užtikrintų eismo dalyvių saugumą, mažesnę oro taršą bei trumpesnes prastovas prie sankryžų.

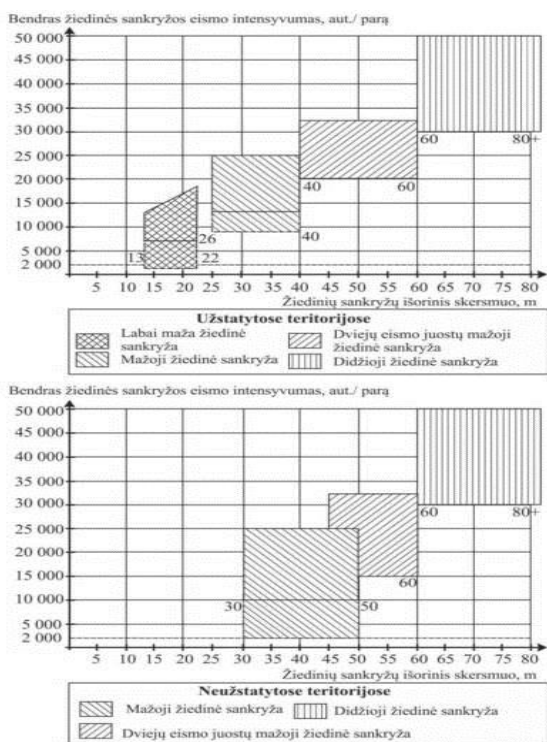
ES valstybėse ir pasaulyje trūksta normatyvinių dokumentų aprašančių metodikas, kurias taikant galima būtų apskaičiuoti sankryžų pajėgumus, spūsčių ilgį ir transporto laiko nuostolius. ITS Lietuva asociacijos iniciatyva Lietuvos automobilių kelių direkcijoje vykusio pasitarimo metu (2014), eismo organizavimo specialistai pabrėžė, kad Lietuvoje vyrauja sankryžų projektavimo praktika, kai projektuose nėra įvertinama eismo organizavimo dalis. Tai susiję su sankryžų eismo organizavimo reikalavimų ir taisyklių nebuvimu, kas neatitinka Europos Sąjungos praktikos. Nėra

arba tik dalinai yra numatomi esminiai eismo organizavimo efektyvumą apsprendžiantys kokybiniai parametrai.

Prieš atliekant sankryžos modeliavimo darbus „PTV Vision“ programiniu paketu, buvo analizuojami norminiai teisės aktai ir rekomendacijos: Gatvės ir vietinės reikšmės keliai, bendrieji reikalavimai (STR2.06.04:2014), Inžinerinių saugaus eismo priemonių projektavimo ir naudojimo rekomendacijos (R ISEP 10), Šiaurės Amerikoje ir visame pasaulyje naudojami „Highway Capacity Manual (HCM)“ aptarnavimo lygio (AL, ang. Level Of Service) standartai, Viliaus miesto savivaldybės bendrasis miesto planas iki 2015 m.

Atlikus pirminę teisės aktų ir normatyvų analizę, įvertinus Žirnių – Liepkalnio – Minsko plento sankryžoje susikertančių gatvių kategorijas, projektinius greičius ir transporto priemonių srautus, taip pat atsižvelgus į Vilniaus miesto bendrojo plano sprendinius, pirminis galimai tinkamiausias pasiūlymas – dviejų lygių sankryža.

Atsižvelgiant į Žiedinių sankryžų projektavimo metodinius nurodymus MN ŽSP 12, esamos šviesoforais reguliuojamos sankryžos rekonstrukcijos į žiedinę sankryžą galimybė nebuvo vertinama. Didžiausi galimi srautai, kokiems esant didžioji žiedinė sankryža užtikrina pakankamą pralaidumą ir eismo kokybę, yra ne daugiau kaip 50 000 automobilių/parą. (žr. 8 pav.) Šiuo atveju, Žirnių – Liepkalnio – Minsko plento sankryžoje vidutinis metinis paros eismo intensyvumas siekai daugiau kaip 75 000 transporto priemonių/ parą.



8 pav. Bendras žiedinės sankryžos laidumas per parą

4. Eksperimentinė dalis

Eksperimentinės dalies tikslas – naudojantis „PTV Vision“ paketu palyginti atskirų sankryžų variantų laidumą, esant realiai išmatuotiems lengvųjų ir sunkiasvorių transporto priemonių srautams.

4.1. Minsko – Liepkalnio – Žirnių g. sankryžos makro modelio parengimas VISUM aplinkoje

Tam, kad būtų galima palyginti atskirų variantų transporto srautų laidumą sankryžoje, visų pirma reikalinga modelį parengti „Visum“ aplinkoje. Pagrindiniai atlikti žingsniai, prieš pradėdant modeliuoti galimus sankryžos rekonstrukcijos variantus: sukurtos transportinės zonos, ryšių matricoje nurodomi transporto srautų judėjimai iš vienos zonos į kitą, atsižvelgiant į tai, kad sankryžoje galimi skirtingi manevrai (į kairę, tiesiai ir į dešinę). (žr. 9 pav.)

- Transportinė zona nr. 1 – Žirnių gatvė (vakarinė dalis);
- Transportinė zona nr. 2 – Liepkalnio gatvė (pietinė dalis);
- Transportinė zona nr. 3 – Minsko plentas (rytinė dalis);
- Transportinė zona nr. 4 – Liepkalnio gatvė (šiaurinė dalis link miesto centro).



9 pav. Transportinės zonos (www.maps.lt)

Pagal automobilių srautų tyrimų gautus rezultatus „Visum“ aplinkoje sudaromos lengvųjų ir sunkiasvorių transporto priemonių ryšių matricos. Tokiu būdu nurodoma, kokia kryptimi, kiek transporto priemonių pravažiuoja rytinio piko metu nuo 7:00 val. iki 7:59 val. Pirmoje matricoje sudarytas lengvųjų automobilių judėjimas sankryžoje, antroje – sunkiasvorių transporto priemonių. (žr. 10 pav.)

VISUM 9.43 - 8 - Network: pirmas_variantas_su_ciklais.ver - [OD matrix 1 CAR]							
File View Extras window							
OD matrix 1							
Zones			1	2	3	4	
	Name	4558.000					
	4558.000	Totals	1951.000	529.000	779.000	1299.000	
1		1258.000	0.000	250.000	586.000	422.000	
2		944.000	514.000	0.000	50.000	380.000	
3		1295.000	783.000	15.000	0.000	497.000	
4		1061.000	654.000	264.000	143.000	0.000	

VISUM 9.43 - 8 - Network: ketvirtas_variantas_2016.ver - [OD matrix 2 HV]							
File View Extras window							
OD matrix 2 HV							
Zones			1	2	3	4	
	Name	368.000					
	368.000	Totals	136.000	64.000	84.000	84.000	
1		148.000	0.000	28.000	72.000	48.000	
2		88.000	64.000	0.000	8.000	16.000	
3		68.000	44.000	4.000	0.000	20.000	
4		64.000	28.000	32.000	4.000	0.000	

10 pav. Transporto priemonių ryšių matricos

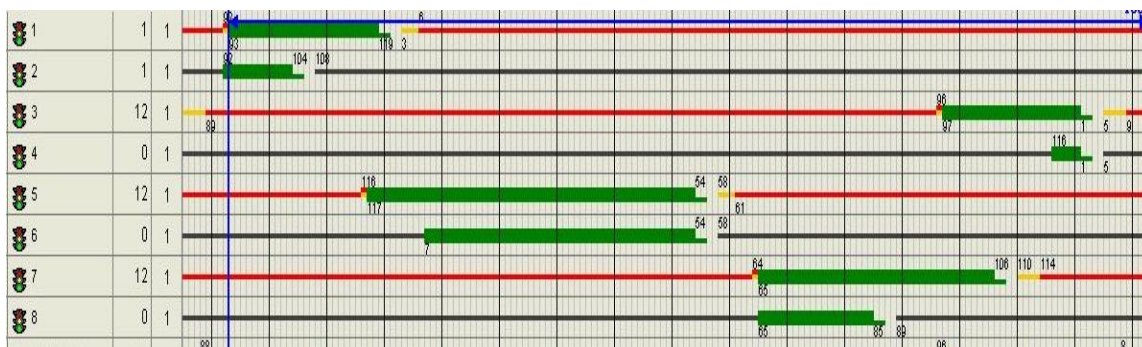
Didžiausi transportiniai srautai rytinio piko metu matomi iš 1 ir 3 transportinės zonos į 4 ir 1 zonas.

- Iš Žirnių gatvės - 1406 transporto priemonės/val;
- Iš Liepkalnio gatvės (pietinės dalies) – 1032 transporto priemonės/val;
- Iš Minsko plento – 1363 transporto priemonės/val;
- Iš Liepkalnio gatvės (šiaurinės dalies) – 1125 transporto priemonės/val.

Iš viso per vieną valandą piko metu sankryžą įveikia 4926 motorinių transporto priemonių.

Pagal gautus duomenis iš SĮ „Susisiekimo paslaugos“ Eismo valdymo centro „Visum“ programoje suvedamas šviesoforų darbo ciklai. Nors analizuojama sankryža yra pilno adaptyvumo, kuomet sankryžos darbo režimas ir žaliojo signalo trukmė tiesiogiai priklauso nuo transporto srautų sankryžoje, modeliuojant buvo paimtas konkretaus laiko momento šviesoforų darbo ciklas esant to momento transporto srautams. Pagal šiuos duomenis, atlikus esamos būklės srautų modeliavimą,

vėliau buvo atlikti kiti galimi šviesoforo darbo ciklo variantiniai modeliavimai siekiant geriausio varianto pagal vidutinę kelionės trukmę ir srauto greitį. (žr. 11 pav.)



11 pav. Esamos būklės šviesoforų darbo ciklas

4.2. Minsko – Liepkalnio – Žirnių g. sankryžos modeliavimo variantai

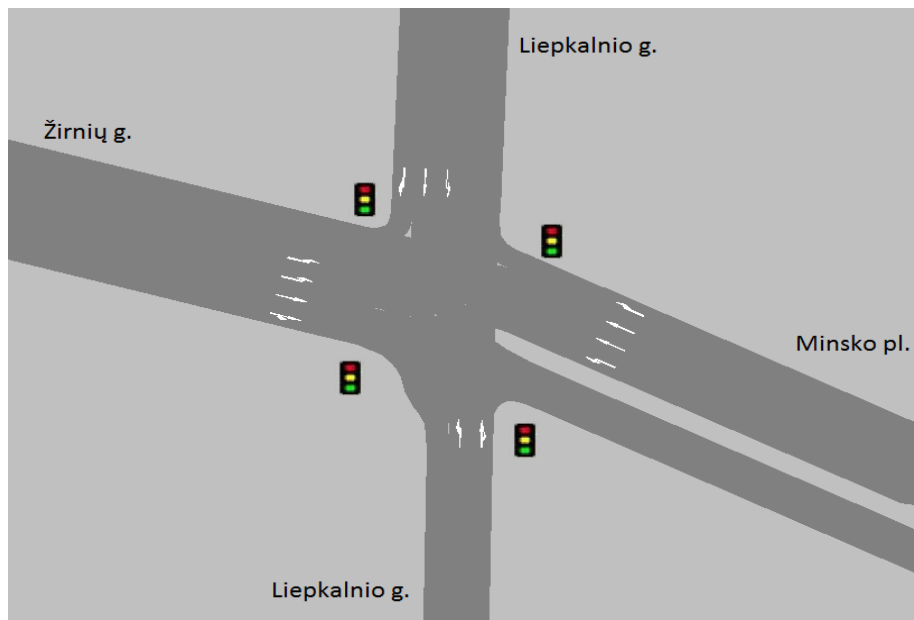
Naudojant „PTV Vision“ programinį paketą, buvo sumodeliuotas realaus (išmatuoto) eismo srauto scenarijus. Taip pat sumodeliuoti trys galimi sankryžos rekonstrukcijos variantai:

- Pirmasis: esamos būklės modeliavimo variantas;
- Antrasis: su papildoma eismo juosta į dešinę važiuojant Liepkalnio gatve iš centro bei papildoma eismo juosta į dešinę Liepkalnio gatve link Minsko plento;
- Trečiasis: su antrojo varianto pakeitimais papildomai suprojektuojant antrą eismo juostą Liepkalnio gatve (pietinė dalis) važiuojantiems į kairę link Žirnių gatvės;
- Ketvirtasis: esamoje sankryžoje projektuojant viaduką per Liepkalnio gatvę.

4.2.1. Pirmasis esamos būklės modeliavimo variantas

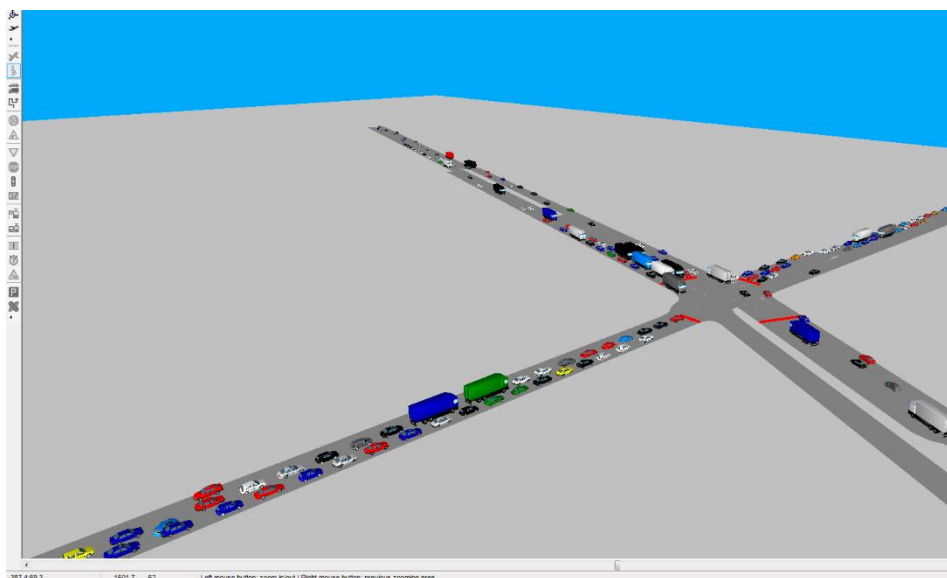
Pirmasis modeliavimo variantas atspindi esamos būklės situaciją. (žr. 12 pav.). Liepkalnio gatve nuo centro važiuojama dviem eismo juostomis, sankryžoje eismo juostos išplatėja į tris: į dešinę, tiesiai ir kairę. Minsko plentu važiuojama dviem eismo juostomis, sankryžoje eismo juostos išplatėja į keturias: viena į dešinę, dvi tiesiai, viena į kairę. Liepkalnio gatve iš pietų važiuojama dviem eismo juostomis: viena tiesiai ir į dešinę, antra tik į kairę. Žirnių gatve važiuojama dviem eismo juostomis, ties sankryža išplatėja į keturias eismo juostas: pirmoji tiesiai ir į dešinę, antroji tiesiai, trečioji ir ketvirtoji eismo juostos į kairę link centro. Sankryžoje visomis kryptimis yra papildoma žalia rodyklė, leidžianti sukti į dešinę degant raudonam šviesoforo signalui. Modeliuojant nėra įvertintas naujai įvestas Kelių eismo taisyklių reikalavimas automobiliams,

sukantiems prie papildomos žalios rodyklės dešinèn, prieš tai privalomai sustoti prie „Stop“ juostos ir įsitikinti, jog tai daryti saugu. Atliekant modeliavimą priimta prielaida, jog tais atvejais, kuomet nėra kliūtis sukantiems per papildomą žalią rodyklę, automobiliai prie „Stop“ juostos nesustoja.



12 pav. Esamos būklės sankryžos schema

Sumodeliavus esamos būklės motorizuoto transporto srautus, matoma, jog didžiausios automobilių spūstys rytinio piko metu susidaro važiuojant Liepkalnio gatve. Modeliavimo metu pastebima, jog didžiausia eilė susidaro pietinėje Liepkalnio gatvėje važiuojantiems tiesiai link centro bei sukantiems į kairę link Žirnių gatvės, taip pat važiuojantiems iš Minsko plento Žirnių bei Liepkalnio gatvės link. Kita mažiau probleminė vieta stebima važiuojantiems Liepkalnio gatvė iš miesto centro sukant dešinèn link Žirnių gatvės. (žr. 13 pav.)

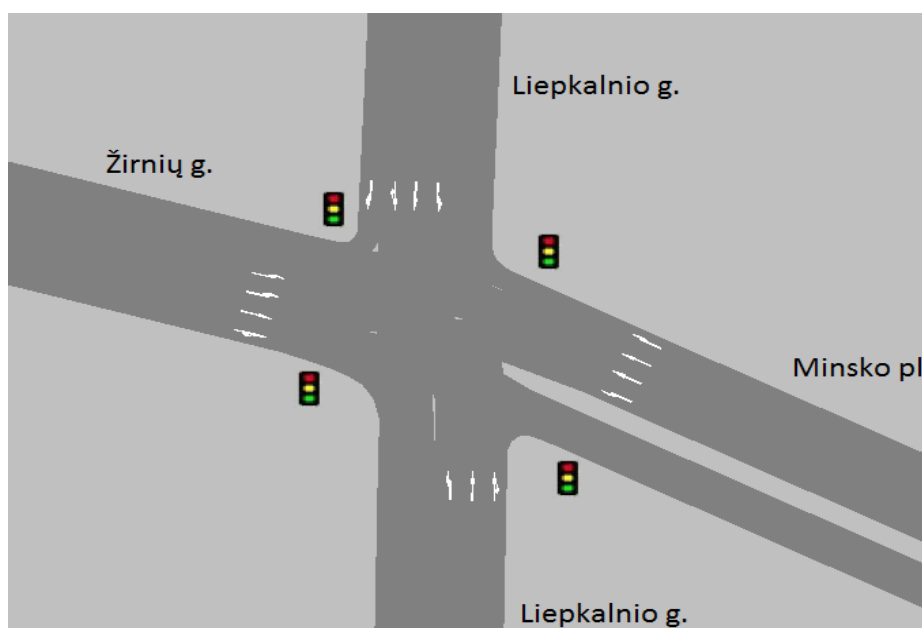


13 pav. Esamos situacijos automobilių srautų modelis (iš PTV Vissim modeliavimo programos)

4.2.2. Antrasis modeliavimo variantas

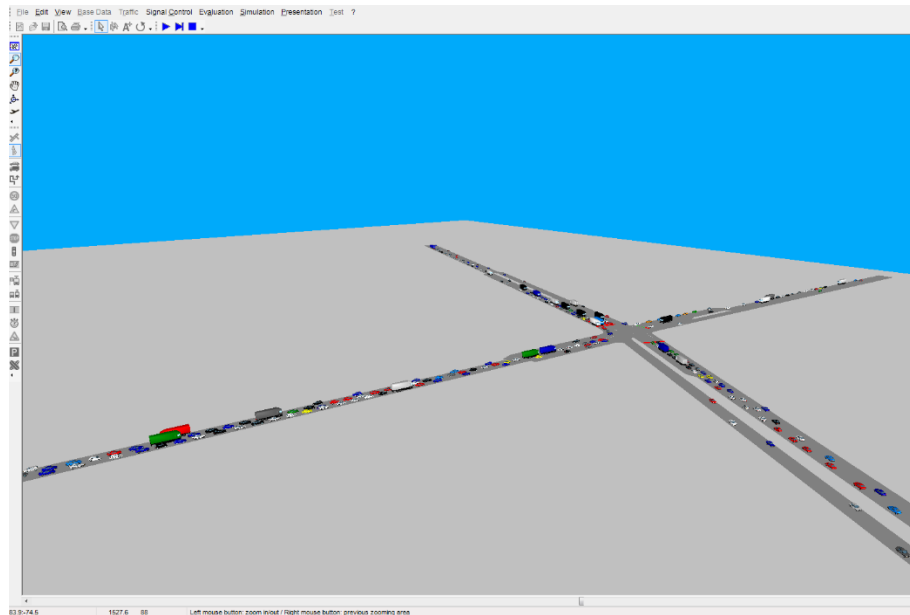
Atlikus esamos būklės srautų modeliavimą sankryžoje, atsižvelgiant į pastebėtas problemines vietas, buvo pasirinkti du projektiniai pasiūlymai, galintys pagerinti sankryžos laidumą. Liepkalnio gatvėje (šiaurinė dalis) važiuojantiems iš miesto centro papildomai suprojektuota eismo juosta dešinėn. Tokiu būdu antra eismo juosta leidžiama važiuoti tiesiai ir taip pat leidžiamas manevras į dešinę. Trečioji eismo juosta palikta važiuojantiems tiesiai, ketvirtoji važiuojantiems kairėn. Taip pat buvo panaikinta papildoma žalia rodyklė, leidžianti sukti dešinėn degant raudonam šviesoforo signalui.

Antrasis pakeitimas suprojektuotas Liepkalnio gatvėje (pietinė dalis). Čia papildomai suprojektuojama trečia eismo juosta. Pirmoji eismo juosta skirta važiuojantiems tiesiai ir į dešinę, antroji – tiesiai, trečioji sukantiems kairėn. (žr. 14 pav.)



14 pav. 2 modelio sankryžos schema

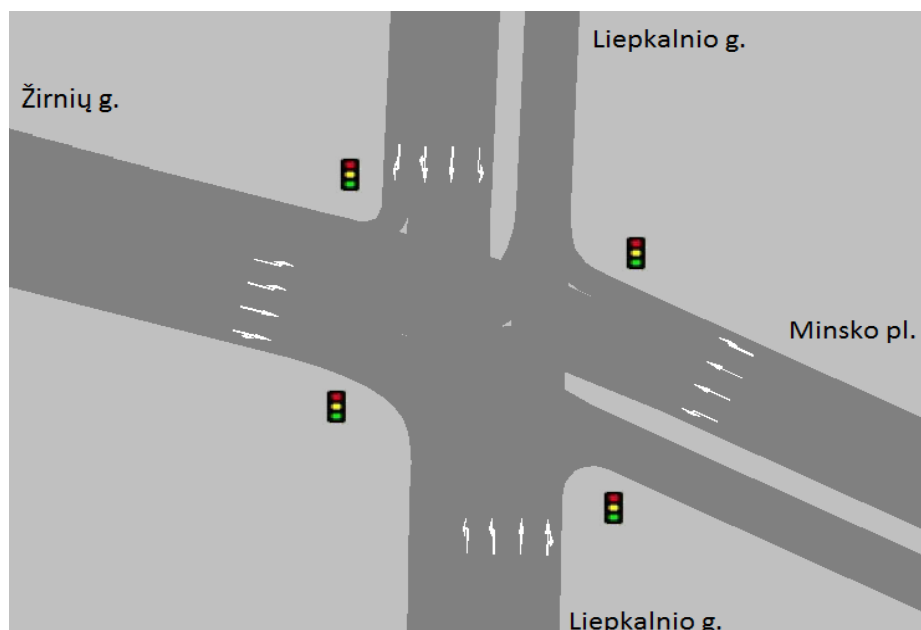
Atlikus srautų modeliavimą sankryžoje, pagal vertinamus kriterijus sankryžos laidumas pagerėjo neženkliai. Liko neišspręsta Minsko plente susidarančių transporto priemonių eilių problema. Stebint transporto priemonių judėjimą sankryžoje, pagrindinė probleminė sankryžos vieta išliko Liepkalnio gatvės (pietinės dalies). Pastebėta, jog automobiliai, sukantys į kairę link Žirnių gatvės, sankryžą kerta tik per antrą arba trečią žalia šviesoforo signalo fazę. Todėl Liepkalnio gatvės pietinėje dalyje lyginant su kitomis gatvėmis susidarė ilgiausia automobilių eilė. (žr. 15 pav.)



15 pav. Antrasis automobilių srautų modelis (iš PTV Vissim modeliavimo programos)

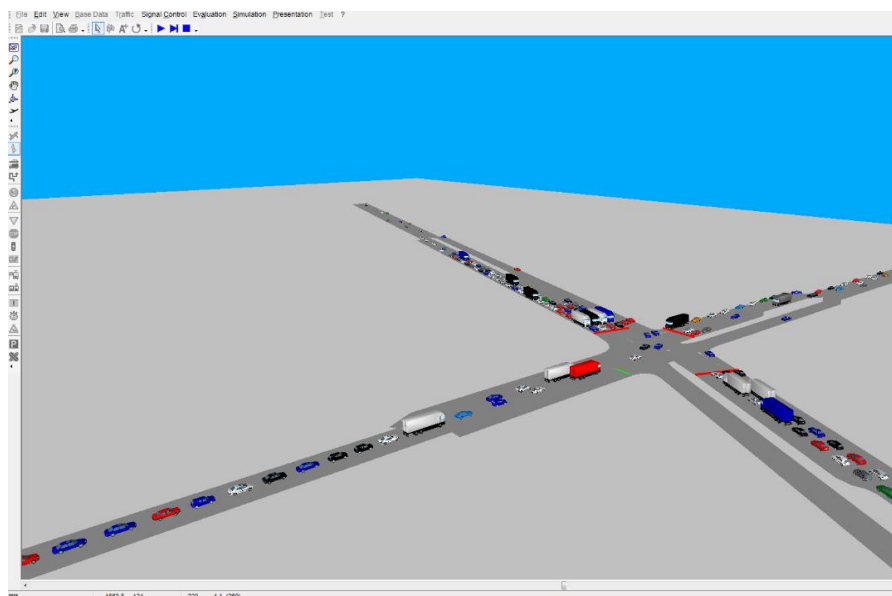
4.2.3. Trečiasis modeliavimo variantas

Atsižvelgiant į antrojo modelio gautus rezultatus, buvo suprojektuotas trečiasis variantinis sankryžos modelis. Tam, kad sumažinti automobilių eiles Liepkalnio gatvėje (pietinė dalis), suprojektuota papildoma ketvirtoji eismo juosta į kairę. Šiuo atveju pirmoji eismo juosta skirta sukantiems į dešinę ir tiesiai, antroji tiesiai, trečioji ir ketvirtoji eismo juosta sukantiems kairėn link Žirnių gatvės. (žr. 16 pav.)



16 pav. 3 modelio sankryžos schema

Atlikus sankryžos modeliavimą su PTV Vissim, pagal vidutinį automobilių srauto greitį ir kelionės trukmę, rezultatai sankryžos laidumo atžvelgiu pagerėjo. Atitinkamai antro varianto suprojektuotame modelyje vidutinis srauto greitis buvo lygus 15,7 km/h, trečio varianto 16,7 km/h. Bendra kelionės trukmė antrajame modelyje buvo 223,8 valandų, trečiame modelyje – 217 valandų.

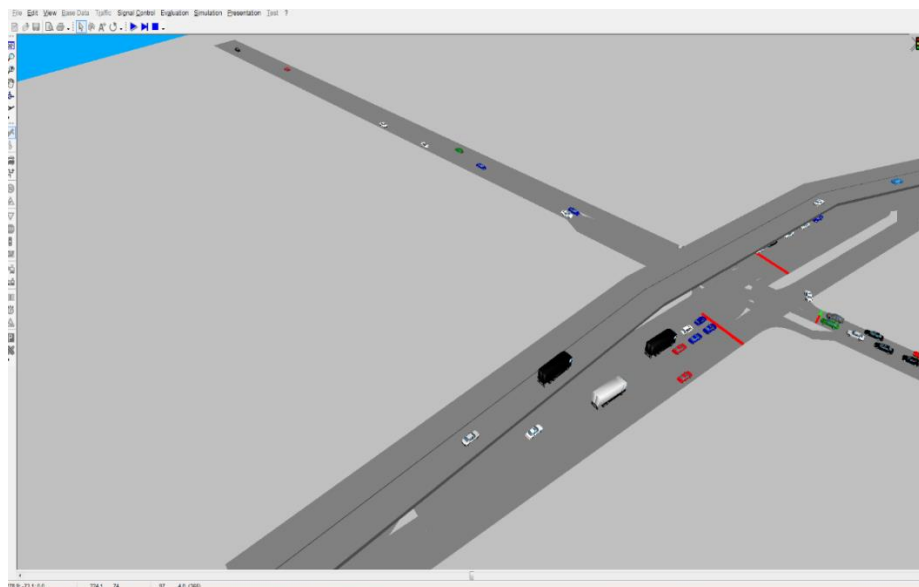


17pav. Trečiasis automobilių srautų modelis (iš PTV Vissim modeliavimo programos)

Nepaisant pasirinktų projektinių sprendinių, atlikus transporto priemonių srautų modeliavimą su „PTV Vissim“, (žr. 17 pav.) gauti rezultatai pagal pagrindinius vertinimo kriterijus - vidutinį automobilių srauto greitį ir kelionės trukmę, pagerėjo neženkliai. Vidutinis automobilių greitis padidėjo 3,2 km/h lyginant su esamos būklės modeliavimo rezultatais. Bendra visų transporto priemonių kelionės trukmė sumažėjo nuo 253 valandų iki 217 valandų.

4.2.4. Ketvirtas modeliavimo variantas

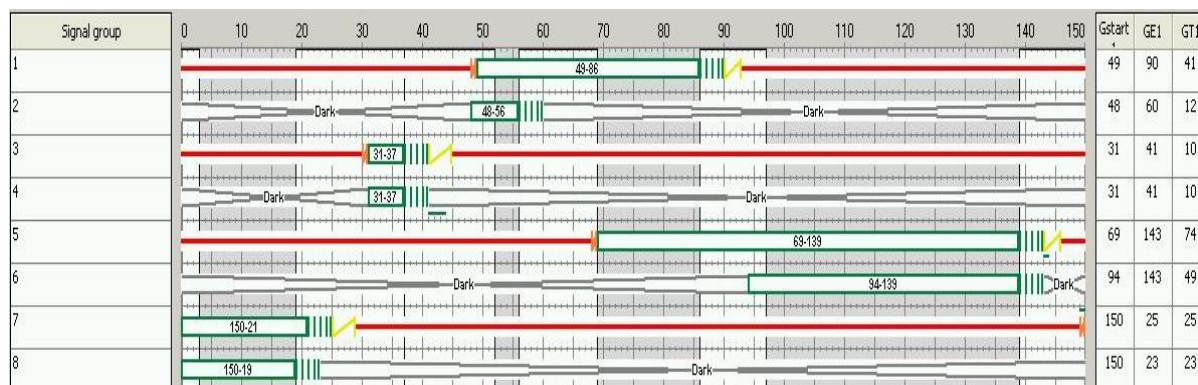
Remiantis esamos būklės ir dviejų projektinių pasiūlymų gautais modeliavimo rezultatais, buvo pasirinktas ketvirtasis – dviejų lygių sankryžos projektinis pasiūlymas (žr. 18 pav.), galintis išspręsti automobilių spūsčių problemą, kuri susidaro arterinėse (A1 kategorijos) Žirnių bei Minsko plento gatvėse. Ketvirtame projektiniame pasiūlyme modeliuojamoje sankryžoje suprojektuotas viadukas kertantis Liepkalnio gatvę. Viadukas leidžia automobiliams važiuojantiems Minsko plentu link Žirnių gatvės ir atvirkščiai, sankryžą kirsti nesustojus. Šis sprendinys motorizuoto transporto srautų pralaidumą pagerina ne tik rytinio piko metu, bet ir vakarinio.



18 pav. Ketvirtas automobilių srautų modelis (iš PTV Vissim modeliavimo programos)

Ketvirtame projektiniame pasiūlyme Liepkalnio gatvėje eismo juostos nebuvo keičiamos. Važiuojantiems Liepkalnio gatve (šiaurinė dalis) iš centro – trys eismo juostos po vieną skirtingomis kryptimis, važiuojantiems Liepkalnio gatve (pietinė dalis) link centro – dvi eismo juostos. Pirmoji eismo juosta tiesiai ir dešinėn, antroji į kairę link Žirnių gatvės.

Modeliuojant ketvirtąjį projektinį pasiūlymą sankryžos pirmame lygyje buvo pakeistas tik šviesoforo darbo ciklas (žr. 19 pav.). Darbo ciklas iš 160 sekundžių sumažintas iki 150. 1 ir 2 signalinei grupei duotos 40 sekundžių. Kitoms signalinėms grupėms 3,4,5,6 paliekama 110 sekundžių įskaitant „intergreen time“ kurios sudaro 8 sekundes po kiekvienos grupės manevrų. Kadangi važiuojantiems Minsko plentu tiesiai ir Žirnių gatve tiesiai šviesoforinės sankryžos kirsti nereikia, buvo pagerintos sąlygos sankryžą kertantiems Liepkalnio gatve.



19 pav. Naujai sukurtas šviesoforų darbo ciklas

4.3. Palyginimo kriterijų aprašymas

„PTV Vision“ programinio paketo VISUM ir VISIM programų pagalba sumodeliavus esamos būklės realus scenarijus su (4558 lengvųjų automobilių srautais ir 358 sunkiasvorių transporto priemonių srautais per valandą) ir sumodeliuoti trys projektiniai sankryžos pasiūlymai, buvo gauti modeliavimo rezultatai, kurie yra pateikiami 4 lentelėje.

- Žirnių – Liepkalnio – Minsko plento sankryžos esama būklė;
- Pirmasis projektinis pasiūlymas su papildoma viena juosta dešinėn ir tiesiai Liepkalnio gatvėje (šiaurinė dalis) ir papildoma eismo juosta į dešinę Liepkalnio gatvėje (pietinė dalis). Liepkalnio gatvėje (šiaurinė dalis) naikinama papildoma žalia rodyklė į dešinę, šviesoforų ciklas nekeičiamas;
- Antrasis projektinis pasiūlymas su pirmojo pakeitimas papildomai suprojektuojant Liepkalnio gatvėje (pietinė dalis) antrą eismo juostą į kairę. Šviesoforų ciklai taip pat nekeičiami;
- Trečiasis projektinis pasiūlymas su viaduku per Liepkalnio gatvę važiuojantiems Minsko plentu ir Žirnių gatve. Eismo juostos nekeičiamos. Naujai sudaromas šviesoforo darbo grafikas.

Modeliavimo variantai buvo lyginami pagal pagrindinius 7 kriterijus:

1. Eismo dalyvių skaičius likęs tinkle – eismo dalyvių skaičius, kurie liko sumodeliuotame gatvių tinkle pasibaigus 3600 s (1 valandai).
2. Eismo dalyvių skaičius išvykęs iš tinklo – eismo dalyvių skaičius, kurie išvažiavo iš sumodeliuoto gatvių tinklo pasibaigus 3600 s.
3. Bendra rida - visų eismo dalyvių nuvažiuotų atstumų suma, išreikšta kilometrais.
4. Bendra kelionių trukmė - visų eismo dalyvių važiavimo laiko suma, išreikšta valandomis.
5. Vidutinis automobilio laukimo laikas sankryžoje - tai vidutinis vieno eismo dalyvio laukimo laikas visiškai sustojus sankryžoje (s).
6. Vidutinis srauto greitis – visų eismo dalyvių vidutinis greitis (km./val.).
7. Aptarnavimo lygis.

Miestų gatvių tinklo aptarnavimo kokybė grindžiama vidutiniu pravažiuojančių transporto priemonių keliavimo greičiu visame nagrinėjamame gatvių tinkle ar jo dalyje. Kelionės greitis – pagrindinis rodiklis įvertinantis gatvių tinklo efektyvumą. Vidutinis kelionės greitis matuojamas važiavimo greičio miesto gatvėmis ir sugaištu laiku ties reguliuojamomis ar nereguliuojamomis sankryžomis. Vidutinis automobilio laukimo laikas sankryžoje (s), tai toks laiko tarpas kai

transporto priemonė pilnai stovi. Į šį laiką neskaičiuojamas pirminio greičio sumažinimo (stabdymo), judėjimo eilėje, sustojimų skaičiaus ir pagreitinimo iki buvusio greičio.

4 lentelė. Modeliavimo variantų rezultatai rytinio piko metu

Modeliavimo variantai Gauti rezultatai	Pirmasis Esama būklė	Antrasis modelis	Trečiasis modelis	Ketvirtas (dviejų lygių sankryžos) modelis
Automobilių skaičius likęs tinkle	295	257	262	108
Automobilių skaičius išvažiuavęs iš tinklo	4204	4293	4448	4758
Bendra rida (km)	3414	3515	3634	3886
Bendra kelionių trukmė (val)	253	223	217	103
Vidutinis automobilio laukimo laikas sankryžoje (s)	160	135	123	32
Vidutinis srauto greitis (km/h)	13	15.7	16.7	37.7
Aptarnavimo lygis (LOS)	F	F	F	C

Atlikus pirmąjį esamos būklės ir trijų galimų rekonstrukcinių variantų modeliavimą, buvo gautas rezultatas, kad didžiausias srauto greitis ir mažiausia kelionės trukmė bus ketvirtuoju variantu – esamą šviesoforais reguliuojamą sankryžą pertvarkius į dviejų lygių sankryžą. Tokiu atveju, automobilio laukimo laikas visiškai sustojus siektų - 32 s (esamos būklės – 160 s), o vidutinis srauto greitis net 37,7 km/val (esamas tik 13 km/h.) . Pagal Highway Capacity Manual 2010 rekomendacijose nurodytus aptarnavimo lygius (LOS), sankryžą rekonstravus pastatant viaduką, LOS iš F lygio būtų pagerintas iki C, kas reiškia, jog sankryžoje piko metu būtų užtikrintas stabilus automobilių srautas nesusidarant spūstims.

4.4. Gautų rezultatų ekonominė analizė ir interpretavimas

Išlaidų – naudos analizė yra plačiai taikomas ekonominės analizės metodas, leidžiantis nustatyti ir įvertinti tam tikros viešosios iniciatyvos tiesiogines ir netiesiogines ekonomines sąnaudas bei naudą. Šios išlaidos ir nauda išreiškiami pinigine išraiška. Tokiu būdu galima įvertinti grynąją intervencijos naudą, palyginti tarpusavyje skirtingas intervencijos alternatyvas. Išlaidų – naudos analizė atliekama, kai numatomos intervencijos pasekmės yra platesnės nei tik finansinės pasekmės ją įgyvendinančiai organizacijai. Išlaidų – naudos analizės tikslas – nustatyti, ar intervencija reikalinga, ar ji prisidės prie visuomenės gerovės. Išlaidų – naudos analizė naudinga ir tuo, kad suteikia vieningą metodinį pagrindą sprendimo poveikiui įvairiais aspektais vertinti. Šiuo metodu sankryžos problema gali būti sprendžiama dviem būdais:

1) Projektas įgyvendinamas, t.y. atliekamas šviesoforais reguliuojamos sankryžos rekonstrukcijos projektas, vėliau vykdoma nuolatinė priežiūra ir reikalingi remonto darbai.

2) Projektas neįgyvendinamas;

Projekto įgyvendinimo naudą sudaro laiko gaišties kelyje santaupos. Projekto įgyvendinimo išlaidas sudaro jo įrengimo kaštai ir sankryžos priežiūra po įrengimo. Ekonominis vertinimas atliekamas 20 metų projekto gyvavimo laikotarpiui. Tokia trukmė nustatyta atsižvelgiant į analogiškų projektų vertinimo periodų trukmę. Projekto duodama nauda pradedama skaičiuoti sekančiais metais po projekto užbaigimo.

4.4.1 Eismo intensyvumo prieaugio prognozės

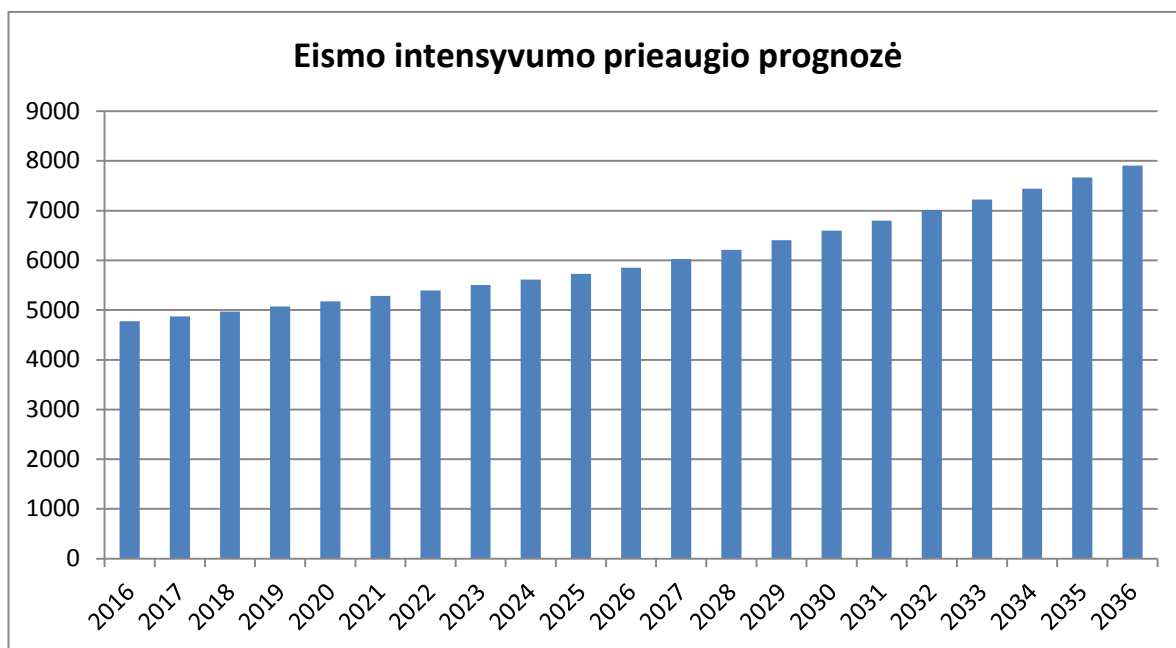
Ekonominio pagrindimo skaičiavimuose naudojami apskaičiuoti piko valandos eismo intensyvumo duomenys. Priimama, kad automobilių eismo intensyvumas kasmet didėja: lengviesiems automobiliams – pirmus 10 metų 2%, likusius metus 3%, krovininiams automobiliams – pirmus 10 metų 3%, likusius metus 4%.

Suskaičiavus rytinio ir vakarinio piko metu per sankryžą pravažiuojančių transporto priemonių vidurkį, gaunama:

- $(4926 + 4622) / 2 = 4774$ transporto priemonių / valandą;
- 4535 – lengvieji automobiliai;
- 239 – sunkiasvariai automobiliai.

5 lentelė. Piko valandos eismo intensyvumo prieaugio prognozės lentelė

Metai	Automobilių eismo intensyvumas		
Metai	Lengvieji automobiliai	Krovininiai	Bendras VEI
2016	4535	239	4774
2017	4626	246	4872
2018	4718	254	4972
2019	4813	261	5074
2020	4909	269	5178
2021	5007	277	5284
2022	5107	285	5393
2023	5209	294	5503
2024	5313	303	5616
2025	5420	312	5732
2026	5528	321	5849
2027	5694	334	6028
2028	5865	347	6212
2029	6041	361	6402
2030	6222	376	6598
2031	6409	391	6799
2032	6601	406	7007
2033	6799	423	7222
2034	7003	440	7442
2035	7213	457	7670
2036	7429	475	7905



20 pav. Automobilių piko valandos kitimo grafikas

Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad per dvidešimt metų piko valandos eismo intensyvumas padidės per 3131 transporto priemonę. Pagal prognozes, 2036 metais Liepkalnio – Žirnių – Minsklo plento sankryža per piko valandą turėtų pravažiuoti iki 7900 automobilių. (žr. 20 pav.)

4.4.2 Esamos sankryžos rekonstrukcijos išlaidos

Lėšų poreikis, reikalingas įgyvendinti Liepkalnio – Žirnių – Minsko plento sankryžos rekonstrukciją paskaičiuotas pagal statinių statybos sustambintas skaičiuojamąsias kainas. Numatomo 4 eismo juostų viaduko ilgis per Liepkalnio gatvę – 500 metrų, atramų aukštis daugiau kaip 5 metrai. Atsižvelgiant į gatvių kategorijas, vienos eismo juostos plotis lygus 4 metrai. Pagal sustambintus statinių statybos skaičiuojamuosius kainų rodiklius 1 kvadratinis metras viaduko kainuoja 1098 Eur. Įrengus viaduką, esamas lygis nerekonstruojamas. Sankryža paliekama su esamu eismo juostų skaičiumi. Pertvarkomus bus tik šviesoforų darbo režimas, daugiau laiko suteikiant Liepkalnio gatve važiuojantiems automobiliams.

6 lentelė. Lėšų poreikis dviejų lygių sankryžos įrengimui

Viaduko statyba per Liepkalnio gatvę	8 784 000	Eurų
Eksplotavimo laikas	20	metų

Investicijoms atlikti reikalinga dalinė paskola. Iš banko imama 6 324480 Eur. Reikalingoms lėšoms gauti nuspręsta imti paskolą 3 metų su 8% metinėmis palūkanomis, kuri būtų gražinama anuiteto būdu.

Anuiteto paskolos gražinimo metodas - kai bendra paskolos suma su palūkanomis yra lygiai padalinama visam paskolos gražinimo laikotarpiui. Todėl bankui kiekvieną mėnesį mokamos vienodo dydžio įmokos, kurios apskaičiuojamos pagal formulę:

$$PV_A = A \cdot \left[\frac{1 - \frac{1}{(1+i)^n}}{i} \right]; \Rightarrow A = PV_A \cdot \left[\frac{i}{1 - \frac{1}{(1+i)^n}} \right]; \Rightarrow A = PV_A \cdot \left[\frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \right];$$

Čia: PV_A – projekto vertė (paskolos dydis), Lt;

A – anuiteto dydis, Lt;

i – palūkanų norma (šimtųjų dalimis);

n – paskolos trukmė, metais.

7 lentelė. Paskolos gražinimas anuiteto būdu.

Mokėjimai	Pradinis balansas (Eur)	Skolos ir palūkanų mokėjimas	Palūkanos (Eur)	Kreditas (Eur)	Pabaigos balansas (Eur)
1	6.324.480,00	2.378.234,60	435.759,58	1.942.475,02	4.549.858,81
2	4.382.004,99	2.378.234,60	274.535,12	2.103.699,48	2.460.091,11
3	2.278.305,50	2.378.234,60	99.929,10	2.278.305,50	0
Viso		7.134.703,80	810.223,80	6.324.480,00	

4.4.3 Kelionės laiko santaupos atlikus rekonstrukciją

Laikas, kurį vairuotojai sugaišta kasdieninėse kelionėse į darbą, namus priklauso nuo kelio bei sankryžų pralaidumo rodiklių, pasirinkto maršruto ilgio, transporto priemonių techninių charakteristikų, kelio dangos būklės, leistino greičio ir eismo intensyvumo. Įgyvendinus Liepkalnio – Žirnių – Minsko plento sankryžos rekonstrukcijos projektą vairuotojai galės greičiau įveikti sankryžą piko metu. Važiuojantys Žirnių gatve link Minsko plento ir atvirkščiai, sankryžą įveiks nesustodami. Dėl srautų sumažėjimo arterinėmis aplinkkelio gatvėmis, važiavimo sąlygos ženkliai pagerės važiuojantiems Liepkalnio gatve. Po rekonstrukcijos padidės automobilių greitis, sumažės

sustojimų skaičius sankryžoje. Greičio skirtumas, dėl kurio susidaro laiko santaupos, pagal laiko vertę yra išreiškiamos pinigine išraiška.

Modeliavimo metu apskaičiuota, kad įrengus dviejų lygių sankryžą, kiekviena transporto priemonė piko metu sutaupys 128 sekundes laiko, bei srauto greitis vidutiniškai padidės nuo 13 iki 38 km/h.

Laiko gaišties nuostoliams apskaičiuoti buvo priimta, kad didžiausi laiko nuostoliai patiriami rytinio ir vakario piko metu, todėl naudos – karštų analizėje bus vertinami laiko nuostoliai, kuriuos varuotojai patiria nuo 7 iki 10 valandos ryto, ir nuo 16 iki 19 valandos vakaro. Atsižvelgiant į automobilių srautų stebėjimus, priimama, kad piko valandomis 95 procentai eismo intensyvumo sudaro lengvieji automobiliai ir 5 procentai – krovininės transporto priemonės.

Lentelėje 8 pateikiama vidutinė kelionės ir laiko vertė 2015 metų kainomis.

8 lentelė. Vidutinė kelionės ir laiko vertė, 2015 metų kainomis (LAKD duomenys)

Transporto priemonės tipas	Vienos valandos kelionės laiko vertė, Eurų/val.
Lengvasis automobilis	8,66
Krovininiai automobiliai (3 ašių)	11,34

Rezultatai pateikti lentelėje, o išsamūs skaičiavimai - darbo priede. Kelionės laiko santaupos vertinamos iki 2036 metų, įvertinus automobilių srauto sudėtį, išlaidų dėl laiko gaišties skirtumas, lyginant važiavimą esamos būklės šviesoforais reguliuojamoje su rekonstruotoje dviejų lygių sankryžoje.

Atlikus skaičiavimus gauname, kad per 2016 metus dėl laiko gaišties sankryžoje piko valandomis, prarandama 2 364 503 Eur. Įvertinus laiko nuostolius pinigine išraiška per 20 metų, rekonstravus sankryžą būtų sutaupyta daugiau kaip 63 268 000 Eur.

9 lentelė. Ekonomijos skaičiavimas po dviejų lygių sankryžos įrengimo

Metai		Laiko skirtumas per piko valandą (Val)	Pinigų vertė per piko valandą (Eur)	Pinigų vertė per metus (Eur)
1	2016	170	1493	2364503
2	2017	173	1524	2413319
3	2018	177	1555	2463158
4	2019	180	1587	2514040
5	2020	184	1620	2565989
6	2021	188	1653	2619027
7	2022	192	1688	2673177
8	2023	196	1723	2728463
9	2024	200	1758	2784910
10	2025	204	1795	2842542
11	2026	208	1832	2901384
12	2027	214	1888	2990477
13	2028	221	1946	3082325
14	2029	228	2006	3177013
15	2030	235	2067	3274631
16	2031	242	2131	3375270
17	2032	249	2196	3479024
18	2033	257	2264	3585990
19	2034	265	2334	3696269
20	2035	273	2405	3809965
21	2036	281	2479	3927184
Viso		4534	39942	63 268 660

4.4.4 Ekonominiai įverčiai

Ekonominis projekto vertinimas atliekamas apskaičiuojant ekonominius įverčius. Vertinimo metu nustatoma, ar ekonominiu požiūriu projektą tikslinga įgyvendinti visuomeniniu mastu.

Pagrindiniai įverčiai, naudojami projekto ekonominėje analizėje, yra šie:

- Dabartinė kaštų vertė (DKV);
- Dabartinė naudos vertė (DNV);
- Grynoji dabartinė vertė (GDV);
- Naudos ir kaštų santykis (N/K);
- Vidinė grąžos norma (VGN).

Dabartinė kaštų vertė (DKV) - yra rekonstrukcijos projekto įgyvendinimui reikalingų pinigų suma. Šio projekto bazinio varianto nominali kaina priimama pagal sudarytą sąmatą.

Dabartinė naudos vertė (DNV) - yra visų projekto naudą sudarančių diskontuotų pinigų suma.

Grynoji dabartinė vertė (GDV) - yra visų projekto diskontuotų pinigų srautų suma, kuri parodo projekto absoliutų efektą atsižvelgiant į laiko veiksnį per projekto gyvavimo laikotarpį. Grynoji dabartinė vertė yra dabartinės naudos vertės (DNV) ir dabartinės kaštų vertės (DKV) skirtumas.

Naudos ir kaštų santykis (N/K) - tai projekto rentabilumo rodiklis. Jis parodo kiek kartų dabartinė naudos vertė (DNV) yra didesnė už dabartinę kaštų vertę (DKV).

Vienas iš svarbiausių ekonominių rodiklių yra vidinė grąžos norma (VGN). Projekto vidinė grąžos norma yra laikoma tokia diskonto norma, kuriai esant projekto pinigų srautų dabartinė grynoji vertė (GDV) yra lygi nuliui. Šis rodiklis nusako investicijų rentabilumą ir parodo maksimalų leistiną santykinį (procentinį) investicijų kainos lygį, kurį viršijus projektas pasidaro nerentabilus. Projektas yra priimtinas, jei $VGN > 5\%$. Įvertinus kelerių metų patirtį, rengiant investicijų projektus Lietuvos automobilių keliams, projekto patrauklumas pagal VGN kriterijų gyvavimo ciklo pabaigoje yra:

- Patenkinamas, jei VGN yra tarp 5% ir 10%;
- Geras, jei VGN yra tarp 10% ir 15%;
- Labai geras, jei VGN yra lygi 15% ar daugiau.

Vertinant pagal santykį N/K projekto patrauklumas yra:

- Patenkinamas, jei N/K yra tarp 1,0 ir 1,5;
- Geras, jei N/K yra tarp 1,5 ir 2,5;
- Labai geras, jei N/K yra didesnė už 2,5.

Jei VGN yra mažesnė už 5%, rekomenduojama projektą iš esmės keisti arba jo atsisakyti. Pinigų srautas išreiškiamas naudos ir kaštų skirtumu. Šis skirtumas neparodo pinigų nuvertėjimo ateityje. Nuvertėjimas nustatomas diskontuojant būsimus kaštus ir pajamas. Šiam tikslui reikia žinoti diskonto normą t.y. kapitalo metinių palūkanų normą. Diskontavimas - tai būsimosios vertės perskaičiavimas dabartiniam laikotarpiui. Šiame darbe naudos ir kaštų analizės skaičiavimuose naudojama 5 % diskonto norma. Diskontavimo koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$k_d = 1/(1 + k)^n;$$

čia: k_d – diskontavimo koeficientas;

k – diskonto norma, vieneto dalimis;

n – metai nuo rekonstrukcijos.

Atlikus naudos ir kaštų analizę gavome tokius rezultatus:

- Dabartinė kaštų vertė (DKV) = 17 080 421;
- Dabartinė naudos vertė (DNV) = 32 429 072;
- Grynoji dabartinė vertė (GDV) = 15 348 651;
- Naudos ir kaštų santykis (N/K) = 1,9;
- Vidinė grąžos norma (VGN) = 16%.

Apskaičiavus vieną svarbiausių ekonominių rodiklių (vidinę projekto grąžos normą = 16%) ir projekto rentabilumo rodiklį (naudos ir kaštų santykį = 1,9) projektas vertinamas teigiamai ir jo atsiperkamumas yra geras.

IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

Baigiamajame magistro darbe apžvelgtos šiuolaikinių miestų susisiekimo sistemų plėtros tendencijos ir problematikos, Europoje ir Lietuvoje vykdoma politika susiekimo kokybei gerinti. Išnagrinėtos Europos sąjungos šalyse naudojamos metodikos ir modeliai susisiekimo sistemoms planuoti, atlikta „PTV Vision“ modeliavimo paketo apžvalga. Atlikus Žirnių – Liepkalnio – Minsko plento sankryžos bei gatvių sueinančių į ją esamos būklės analizę, įvertinta: gatvių kategorijos, projektiniai greičiai, šviesoforų darbo režimas. Atliktus motorizuoto transporto eismo intensyvumo ir gaiščių tyrimus, nustatyta, kad per sankryžą pravažiuoja 4926 transporto priemonės/val. rytinio ir 4622 transporto priemonės/val. - vakarinio piko metu. Kadangi rytinis pikas 6 % intensyvesnis, todėl modeliuoti nuspręsta būtent šį scenarijų.

Panaudojant transporto srautų modeliavimo programinę įrangą sukurtas esamos būklės ir trys papildomi skirtingi sankryžos modeliai:

1. Žirnių – Liepkalnio – Minsko plento keturšalės šviesoforais reguliuojamos sankryžos (pirmas esamos situacijos modelis);
2. Keturšalės šviesoforais reguliuojamos sankryžos modelis papildomai pridedant po vieną eismo juostą Liepkalnio gatvėje;
3. Keturšalės šviesoforais reguliuojamos sankryžos modelis papildomai pridedant vieną eismo juostą Liepkalnio gatvėje važiuojant iš centro, ir dvi eismo juostas Liepkalnio gatvėje važiuojant iš Lydos plento;

4. Dviejų lygių sankryža su viaduku per Liepkalnio gatvę.

Atlikus keturis modeliavimo variantus (esamos būklės ir trijų galimų rekonstrukcinių variantų modeliavimą), buvo gautas rezultatas, kad didžiausias srauto greitis ir mažiausia kelionės trukmė bus ketvirtuoju variantu – esamą šviesoforais reguliuojamą sankryžą pertvarkius į dviejų lygių sankryžą. Tokiu atveju sugaištas laikas sankryžoje siektų - 32 s (esamos būklės – 160 s), o vidutinis srauto greitis net 37,7 km/val (esamas 13 km/h.). Pagal „Highway Capacity Manual 2010“ rekomendacijose nurodytus aptarnavimo lygius (LOS), sankryžą rekonstravus pastatant viaduką, LOS iš F lygio būtų pagerintas iki C, kas reiškia, jog sankryžoje piko metu būtų užtikrintas stabilus automobilių srautas nesusidarant spūstims.

Vertinant modeliavimo rezultatus buvo pritaikytas naudos ir kaštų analizės metodas. Vertinime buvo atliekamas esamos situacijos palyginimas su siūloma dviejų lygių sankryžos rekonstrukcija. Atlikus ekonominį vertinimą apskaičiuota, kad:

- Dabartinė kaštų vertė (DKV) = 17 080 421;

- Dabartinė naudos vertė (DNV) = 32 429 072;
- Grynoji dabartinė vertė (GDV) = 15 348 651;
- Naudos ir kaštų santykis (N/K) = 1,9;
- Vidinė grąžos norma (VGN) = 16%.

Nustatyta, kad projektas atsipirks po 6 metų nuo įgyvendinimo pradžios. Siekiant sumažinti eismo spūsčių problemas, efektingai išnaudoti keliaujančiųjų laiką piko metu, šį rekonstrukcijos variantą siūloma įgyvendinti tolimesnėje perspektyvoje.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

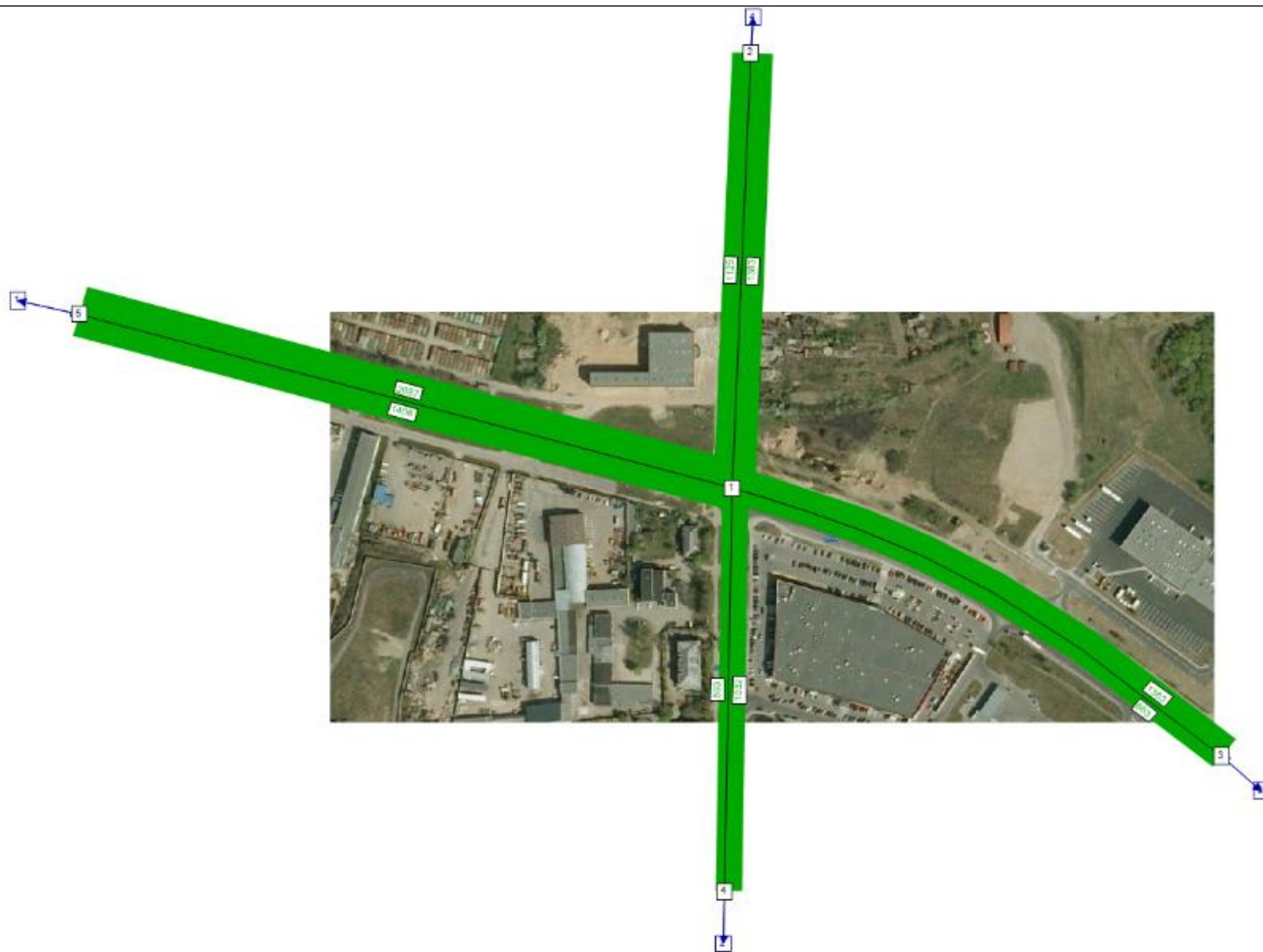
1. S. K. Goyal & Sangita Goel & S. M. Tamhane 2008 m. Assessment of environmental benefits of flyover construction over signalized junctions: a case study 398 p.
2. Dr. Tom V. Mathew, IIT Bombay 2014. Capacity and loss analysis of a signalized i/s.
3. Highway Capacity Manual 2000. Transportation Research Board. Washington DC. 2000. 16-1, 16-3 p.
4. Highway Capacity Manual 2010. Transportation Research Board. Washington DC. 2010.
5. Beljatynskij, A.; Kuzhel, N.; Prentkovskis, O.; Bakulich, O.; Klimenko, I. 2009. The criteria describing the need for highway reconstruction based on the theory of traffic flows and repayment time, Transport 24(4): 308-317.
6. G. M. Paliulis 2007. Eismo inžinerija. Mokomoji knyga. Vilnius. Technika, 5 p.
7. Junevičius, R. 2011. Transporto srautų modeliavimas satelktųjų parametrų metodu gatvių tinkle: daktaro disertacija. Vilnius: Technika.
8. Improving the Environmental Sustainability of Logistics 2010 m.
9. Julia King The Future of Transport: Sustainable, Affordable and Effective 2010 m.
10. L. Bourdeau. Sustainable development and the future of construction: a comparison of visions from various countries 1999 m.
11. Klibavičius, A. 2008. Simulation of capacity of roundabouts applying principles of sustainable urban development, in The 7th International Conference "Environmental engineering": Selected papers, Vol. 3. Ed. by D. Čygas, K. D. Froehner, May 22–23, 2008 Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, 975–980.
12. Grigonis, V. 2011. Miestų transporto srautų modeliavimas: namų darbų metodikos nurodymai. Vilnius: Technika.
13. A Comparison of the VISSIM and CORSIM Traffic Simulation Models, Oakland CA94604 and Seattle WA 98104 <http://trjjournalonline.trb.org/doi/abs/10.3141/1727-07>
14. http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Transport_statistics_introduced
15. Dr. Rodriguesas, J. P. The Geography of transport systems, 2009 m.
16. Henrikas Sivilevičius, Transporto sistemos elementų sąveikos modeliavimas 2011 m.
17. Lietuvos mokslų akademijos ir Lietuvos inžinierių sąjungos mėnesinis žurnalas. Mokslas ir technika 2009 m. 8psl
18. R. Ušpalytė – Vitkūnienė. Miesto viešojo transporto maršrutinio tinklo modeliavimas ir plėtra (Vilniaus miesto pavyzdžiu). Daktaro disertacija. 2006 m.

19. Statistikos Departamentas prie Lietuvos Respublikos vyriausybės, Regioninė duomenų bazė. <http://www.stat.gov.lt/>
20. www.sviesoforai.lt
21. www.vilnius.lt
22. Inžinerinių saugaus eismo priemonių projektavimo ir naudojimo rekomendacijos - http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.dok_priedas?p_id=40316 (2014-01-22)
23. KTR1.01:2008, „Automobilių keliai“ http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.dok_priedas?p_id=55419 (2013-12-20)
24. Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos patvirtintas „Automobilių kelių investicijų vadovas“ 2015 m.
25. Žiedinių sankryžų projektavimo metodiniai nurodymai MN ŽSP 12

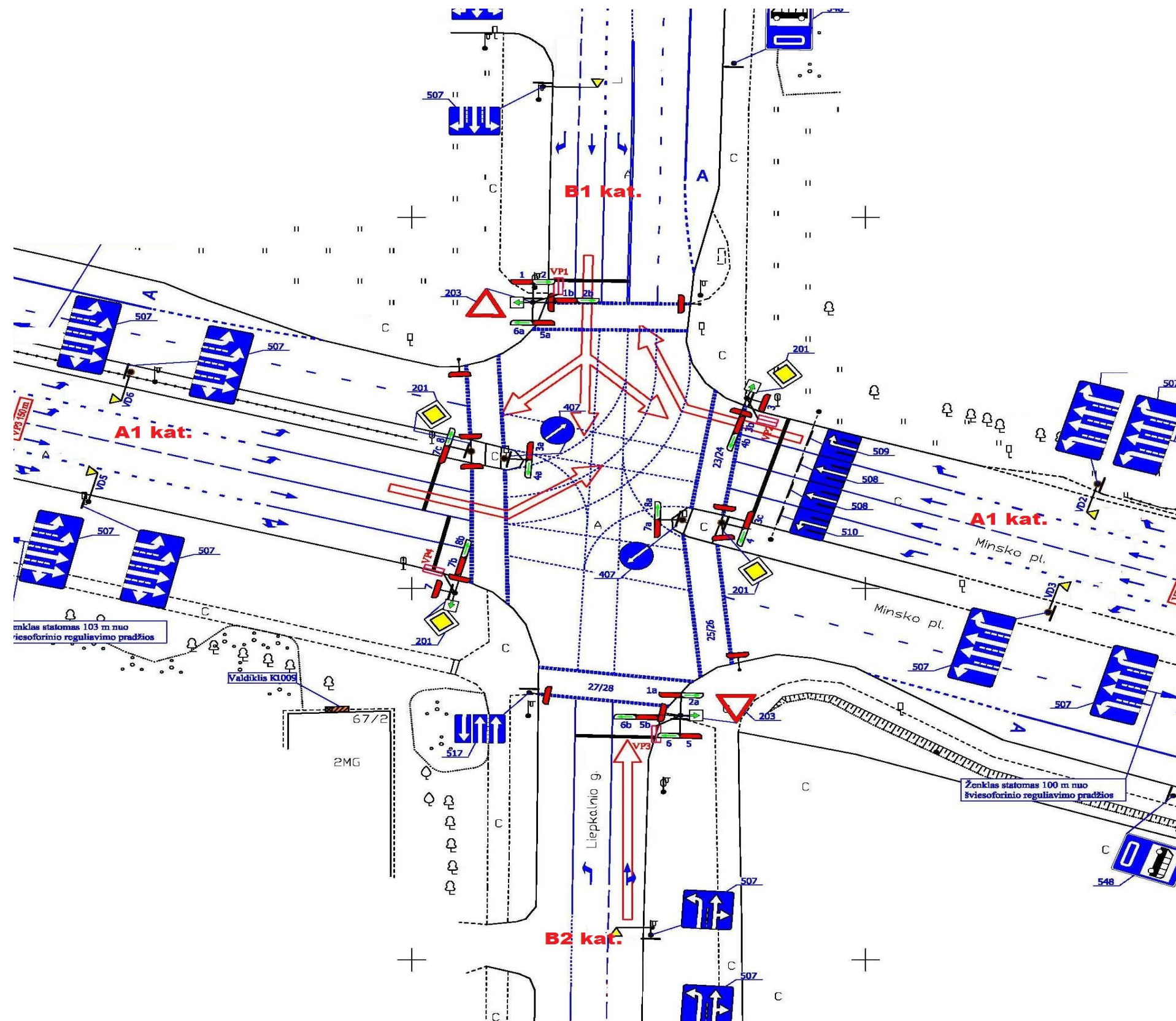
PRIEDAI

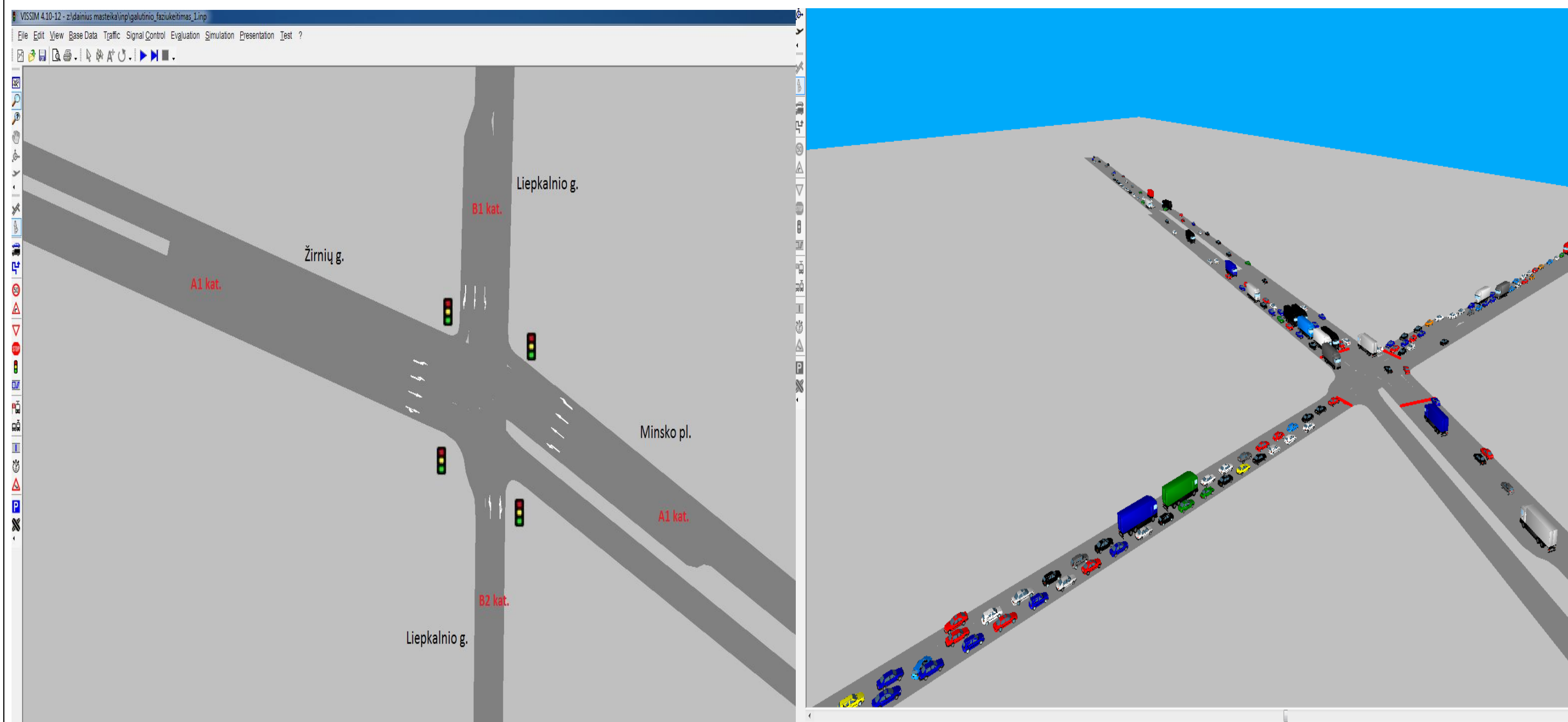
1. Blokinė schema;
2. Transporto srautų kartograma;
3. Esamos būklės sankryžos schema;
4. Esamos būklės modelis;
5. Primas modeliavimo variantas;
6. Antras modeliavimo variantas;
7. Trečias modeliavimo variantas;
8. Naudos ir kaštų suvestinė;
9. Laiko ir pinigų skaičiavimo ekonomija.

Įvadas		
Tiriamoji problema ir temos aktualumas, darbo objektas, pagrindinis darbo tikslas, pagrindiniai darbo uždaviniai, darbo aprobavimas, darbo apimtis ir struktūra.		
Apžvalginė dalis		
Šiuolaikinių miestų susisiekimo plėtros tendencijos ir problematika, miestų motorizuoto transporto sistemų svarba darniam miestų vystymuisi, transporto politikos susisiekimo kokybei gerinti, pasaulinės patirties apžvalga; „PTV VISION“ programinės įrangos apžvalga		
Analitinė dalis		
ES šalyse naudojami susisiekimo kokybės vertinimo kriterijai ir metodai, jų taikymas Lietuvos sąlygomis Vilniaus miesto gatvių tinklo analizė Duomenų rinkimas ir analizė Plėtros variantų/pasiūlymų pirminė analizė ir atranka		
Eksperimentinė dalis		
Makro modelio parengimas VISUM aplinkoje, sankryžos modeliavimo variantai palyginimo kriterijų aprašymas ir atranka, gautų rezultatų ekonominė analizė ir interpretavimas.		
Išvados		
Vilniaus Gedimino technikos universitetas	MTSmf-14 gr. stud. Dainius Masteika Darbo vadovas: doc. dr. Vytautas Grigonis	1 Priedas. Darbo blokinė schema 2016 m. gegužės 24 d.



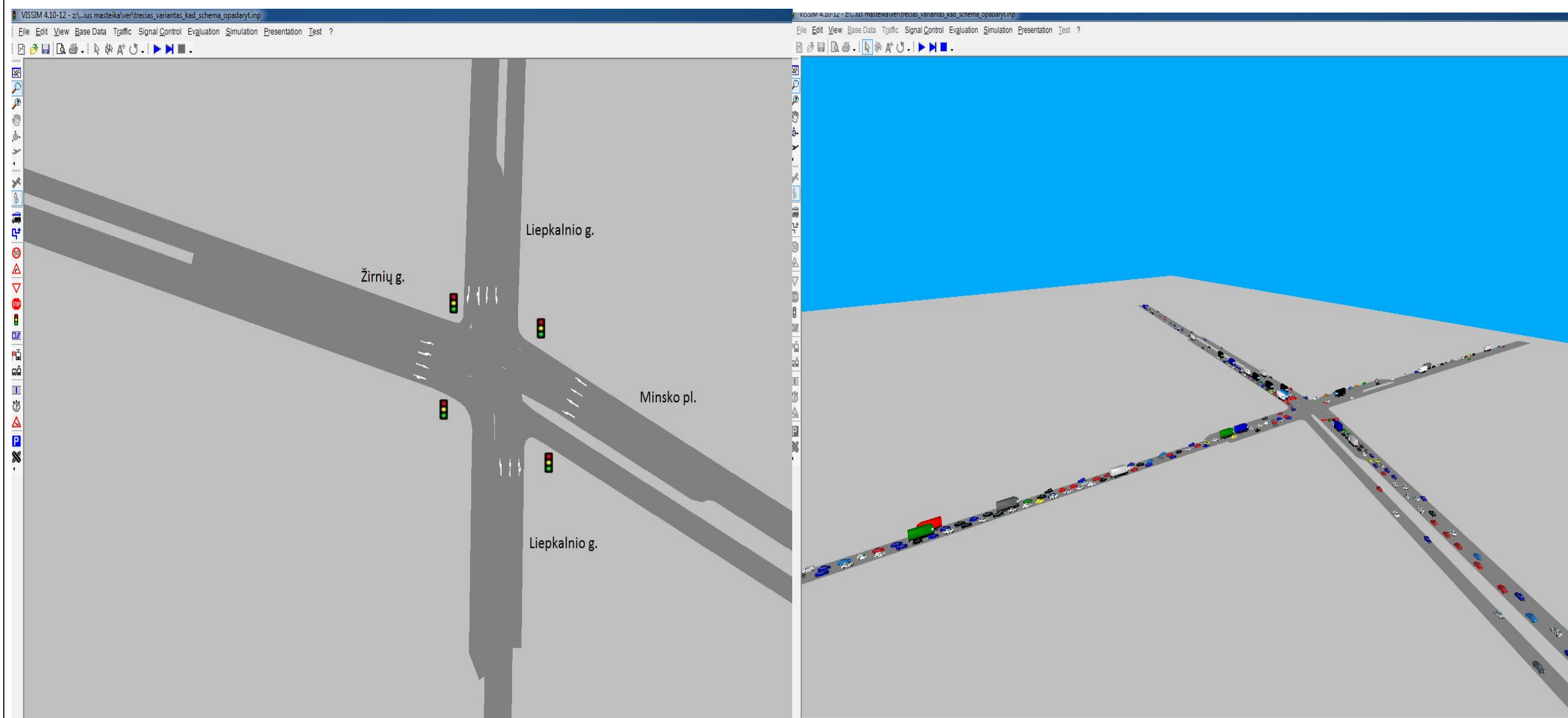
VISSIM 4.10 PTV AG	MTSmf-14 gr. stud. Dainius Masteika	2 Priedas. Transporto srautų kartograma
Vilniaus Gedimino technikos universitetas	Darbo vadovas: doc. dr. Vytautas Grigonis	2016 m. gegužės 24 d.





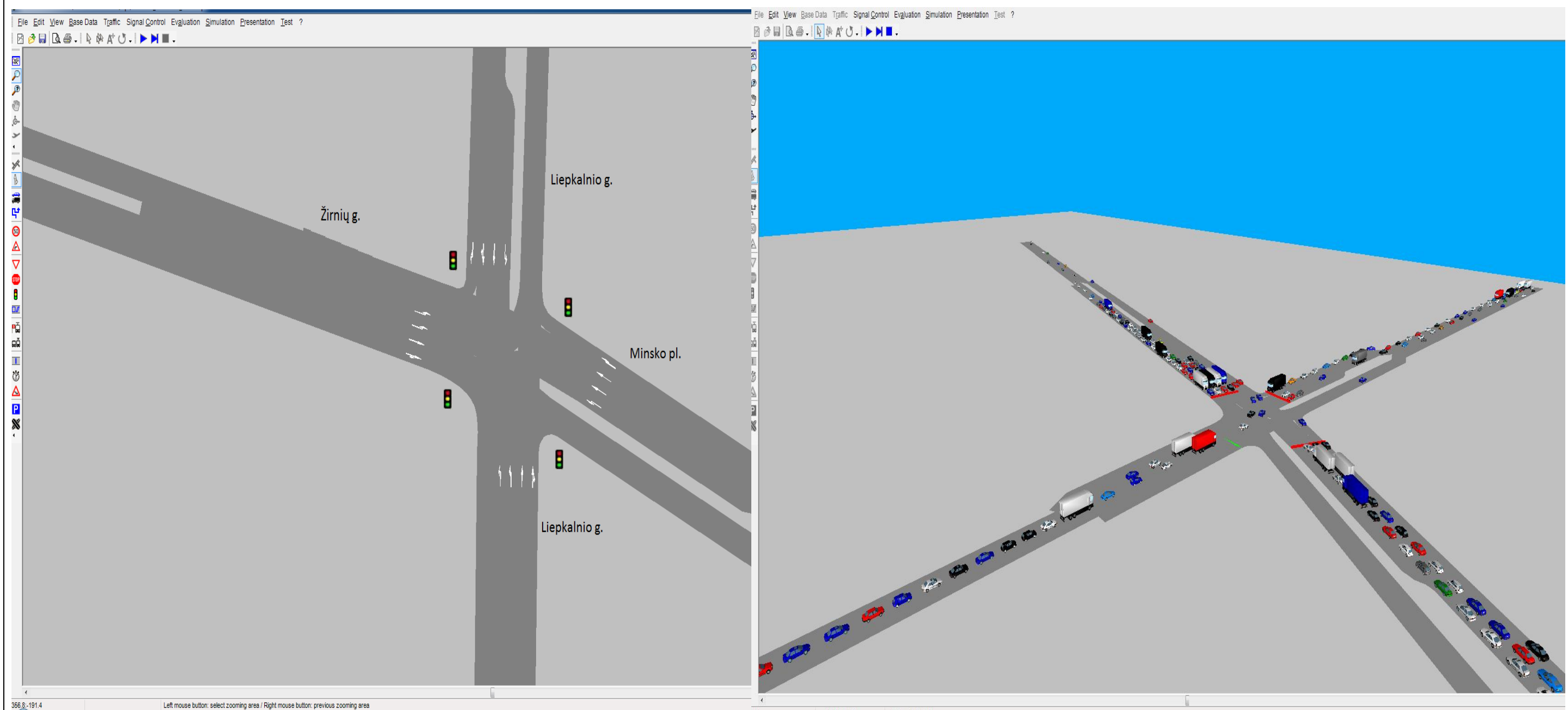
Vidutinis automobilio laukimo laikas sankryžoje (s)	160
Vidutinis srauto greitis (km/h)	13
Aptarnavimo lygis (LOS)	F

VISSIM 4.10 PTV AG	MTSmf-14 gr. stud. Dainius Masteika	4 Priedas. Esama būklė
Vilniaus Gedimino technikos universitetas	Darbo vadovas: doc. dr. Vytautas Grigonis	2016 m. gegužės 24 d.



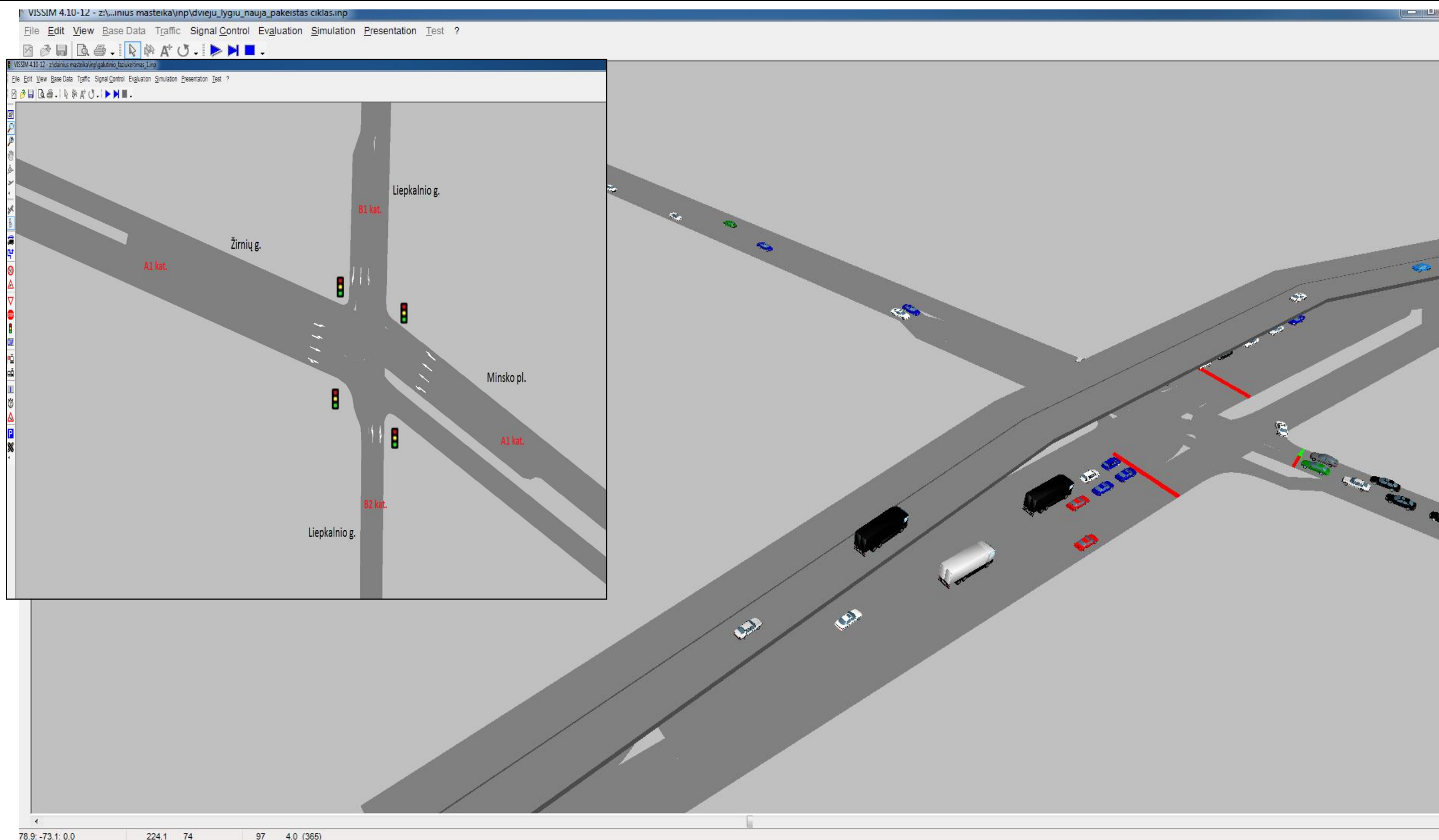
Vidutinis automobilio laukimo laikas sankryžoje (s)	135
Vidutinis srauto greitis (km/h)	15,7
Aptarnavimo lygis (LOS)	F

VISSIM 4.10 PTV AG	MTSmf-14 gr. stud. Dainius Masteika	5 Priedas. Pirmas modelio variantas
Vilniaus Gedimino technikos universitetas	Darbo vadovas: doc. dr. Vytautas Grigonis	2016 m. gegužės 24 d.



Vidutinis automobilio laukimo laikas sankryžoje (s)	123
Vidutinis srauto greitis (km/h)	16,7
Aptarnavimo lygis (LOS)	F

VISSIM 4.10 PTV AG	MTSmf-14 gr. stud. Dainius Masteika	6 Priedas. Antras modelio variantas
Vilniaus Gedimino technikos universitetas	Darbo vadovas: doc. dr. Vytautas Grigonis	2016 m. gegužės 24 d.



Vidutinis automobilio laukimo laikas sankryžoje (s)	32
Vidutinis srauto greitis (km/h)	37,7
Aptarnavimo lygis (LOS)	C

VISSIM 4.10 PTV AG	MTSmf-14 gr. stud. Dainius Masteika	7 Priedas. Trečias modelio variantas
Vilniaus Gedimino technikos universitetas	Darbo vadovas: doc. dr. Vytautas Grigonis	2016 m. gegužės 24 d.

Priedas nr. 8. Naudos ir kaštų suvestinė

Metai	KAŠTAI Lt.					NAUDA Lt.				
	Investiciniai kaštai, Lt		Eksploataciniai kaštai įrengiant šviesoforinį reguliavimą	Iš viso		Eksploataciniai kaštai nerekonstruojant sankryžos	Laiko vertės nuostoliu ekonimija	Iš viso		Diskonto norma
	Turima dalis	Paskola		Nediskontuota	Diskontuota			Nediskontuota	Diskontuota	
2016	2459520	2378232	0	4837752	4837752	50000	2364503	2414503	2414503	1,000
2017	6324480	2378232	22135	8724847	8309378	52500	2413319	2465819	2348399	0,952
2018	-	2378232	23242	2401474	2178208	55125	2463158	2518283	2284157	0,907
2019	-		24404	24404	21081	57881	2514040	2571922	2221723	0,864
2020	-		25624	25624	21081	60775	2565989	2626765	2161046	0,823
2021	-		26905	26905	21081	63814	2619027	2682841	2102076	0,784
2022	-		28251	28251	21081	67005	2673177	2740182	2044766	0,746
2023	-		29663	29663	21081	70355	2728463	2798818	1989068	0,711
2024	-		31146	31146	21081	73873	2784910	2858783	1934937	0,677
2025	-		32704	32704	21081	77566	2842542	2920108	1882328	0,645
2026	-	-	34339	34339	21081	81445	2901384	2982829	1831198	0,614
2027	-	-	36056	36056	21081	85517	2990477	3075994	1798470	0,585
2028	-	-	37858	37858	21081	89793	3082325	3172118	1766354	0,557
2029	-	-	39751	39751	21081	94282	3177013	3271296	1734838	0,530
2030	-	-	41739	41739	21081	98997	3274631	3373628	1703911	0,505
2031	-	-	43826	43826	21081	103946	3375270	3479216	1673563	0,481
2032	-	-	46017	46017	21081	109144	3479024	3588168	1643781	0,458
2033	-	-	48318	48318	21081	114601	3585990	3700591	1614556	0,436
2034	-	-	50734	50734	21081	120331	3696269	3816600	1585876	0,416
2035	-	-	53271	53271	21081	126348	3809965	3936312	1557732	0,396
2036	-	-	55934	55934	21081	132665	3927184	4059848	1530114	0,377
Is viso:	8784000	7134696	731917	16650613	15704796	1785963	63268660	65054623	39823395	

Metai	Nauda	Išlaidos	Nauda- Nuostolis	Atsipirkimo metai
2016	2414503	4.837.752,00	-2.423.249,16	
2017	2.348.399,34	8.309.378,14	-8.384.227,96	1
2018	2.284.156,83	2.178.207,53	-8.278.278,66	2
2019	2.221.722,66	21.081,00	-6.077.637,00	3
2020	2.161.045,67	21.081,00	-3.937.672,33	4
2021	2.102.076,18	21.081,00	-1.856.677,15	5
2022	2.044.765,89	21.081,00	167.007,74	6
2023	1.989.067,88	21.081,00	2.134.994,62	7
2024	1.934.936,57	21.081,00	4.048.850,19	8
2025	1.882.327,67	21.081,00	5.910.096,86	9
2026	1.831.198,14	21.081,00	7.720.214,00	10
2027	1.798.469,96	21.081,00	9.497.602,96	11
2028	1.766.353,74	21.081,00	11.242.875,70	12
2029	1.734.837,95	21.081,00	12.956.632,65	13
2030	1.703.911,26	21.081,00	14.639.462,91	14
2031	1.673.562,54	21.081,00	16.291.944,44	15
2032	1.643.780,90	21.081,00	17.914.644,35	16
2033	1.614.555,64	21.081,00	19.508.118,99	17
2034	1.585.876,27	21.081,00	21.072.914,26	18
2035	1.557.732,49	21.081,00	22.609.565,75	19
2036	1.530.114,20	21.081,00	24.118.598,94	20

Dabartinė kaštų vertė (DKV):	17080420,93
Dabartinė naudos vertė (DNV):	32429072,24
Grynoji dabartinė vertė (GDV):	15348651,32
Naudos ir kaštų santykis (N/K):	1,898610835
Vidinė gražos norma (VGN):	16%

Metai		Lengvieji			Kroviniai			Iš viso, Val	Iš viso, Eur	Iš viso piko valandomis, Eur
		Intensyvumas	Valandos	Eur	Intensyvumas	Valandos	Eur			
1	2016	4535	161,24	1396,38	239	8,50	96,36	170	1493	2364503
2	2017	4626	164,47	1424,30	246	8,75	99,26	173	1524	2413319
3	2018	4718	167,76	1452,79	254	9,02	102,23	177	1555	2463158
4	2019	4813	171,11	1481,85	261	9,29	105,30	180	1587	2514040
5	2020	4909	174,54	1511,48	269	9,56	108,46	184	1620	2565989
6	2021	5007	178,03	1541,71	277	9,85	111,71	188	1653	2619027
7	2022	5107	181,59	1572,55	285	10,15	115,06	192	1688	2673177
8	2023	5209	185,22	1604,00	294	10,45	118,52	196	1723	2728463
9	2024	5313	188,92	1636,08	303	10,76	122,07	200	1758	2784910
10	2025	5420	192,70	1668,80	312	11,09	125,73	204	1795	2842542
11	2026	5528	196,56	1702,18	321	11,42	129,51	208	1832	2901384
12	2027	5694	202,45	1753,24	334	11,88	134,69	214	1888	2990477
13	2028	5865	208,53	1805,84	347	12,35	140,07	221	1946	3082325
14	2029	6041	214,78	1860,01	361	12,85	145,68	228	2006	3177013
15	2030	6222	221,23	1915,81	376	13,36	151,50	235	2067	3274631
16	2031	6409	227,86	1973,29	391	13,89	157,56	242	2131	3375270
17	2032	6601	234,70	2032,49	406	14,45	163,87	249	2196	3479024
18	2033	6799	241,74	2093,46	423	15,03	170,42	257	2264	3585990
19	2034	7003	248,99	2156,27	440	15,63	177,24	265	2334	3696269
20	2035	7213	256,46	2220,95	457	16,25	184,33	273	2405	3809965
21	2036	7429	264,15	2287,58	475	16,90	191,70	281	2479	3927184
								4534	39942	63268660