



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS
LOGISTIKOS IR TRANSPORTO VADYBOS KATEDRA

Šarūnas Šlajus

**KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ OPTIMIZAVIMO
GALIMYBIŲ TYRIMAS MIESTŲ LOGISTIKOS SISTEMOJE**

**INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES OF OPTIMIZATION OF
FREIGHT ROAD TRAFFIC FLOWS IN THE URBAN LOGISTICS SYSTEM**

Baigiamasis magistro darbas

Transporto inžinerinės ekonomikos ir logistikos studijų programa,
valstybinis kodas 6211LX057

Logistikos tiekimo grandinės valdymo specializacija

Verslo studijų kryptis

Vilnius, 2023

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS
LOGISTIKOS IR TRANSPORTO VADYBOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Prof. dr. Darius Bazaras

(Data)

Šarūnas Šlajus

**KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ OPTIMIZAVIMO
GALIMYBIŲ TYRIMAS MIESTŲ LOGISTIKOS SISTEMOJE**

**INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES OF OPTIMIZATION OF
FREIGHT ROAD TRAFFIC FLOWS IN THE URBAN LOGISTICS SYSTEM**

Baigiamasis magistro darbas

Transporto inžinerinės ekonomikos ir logistikos studijų programa, valstybinis kodas 6211LX057

Logistikos tiekimo grandinės valdymo specializacija

Verslo studijų kryptis

Vadovė

prof. dr. Nijolė Batarlienė

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

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantė lektorė Angelika Petrėtienė

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

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2023

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS
LOGISTIKOS IR TRANSPORTO VADYBOS KATEDRA

Studijų kryptis: Verslas

Studijų programa: Transporto inžinerinė ekonomika ir logistika , valstybinis kodas
6211LX057

Specializacija: Logistikos tiekimo grandinės valdymas

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Darius Bazaras

2022-12-13

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS

Nr. LTGVfm-21-802

Vilnius

Studentas (-ė): Šarūnas Šlajus

Baigiamojo darbo tema: Krovininio kelių transporto srautų optimizavimo galimybių tyrimas miestų logistikos sistemoje

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas pagal numatytą studijų kalendorinį grafiką.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Bendroji baigiamojo darbo užduotis:

1. Nustatyti tyrimo objektą ir problematiką.
2. Išanalizuoti mokslinę literatūrą krovininio kelių transporto srautų optimizavimo klausimais, išryškinti ir apibendrinti teorines problemas ir galimus teorinius sprendimo variantus, susijusius su krovininio kelių transporto srautų gerinimu miestų logistikos sistemoje.
3. Nustatyti tyrimo tikslus ir uždavinius.
4. Atlikti tyrimą, siekiant nustatyti pagrindinius veiksnius, kurie įtakoja krovininio transporto srautus miesto logistikoje. Pateikti krovininio kelių transporto srautų optimizavimo galimybių tyrimo rezultatus.
5. Pateikti sprendimo būdus ir sukurti mokslinį modelį.
6. Pateikti apibendrintas darbo išvadas ir pasiūlymus.

Vadovas docentas Nijolė Batarlienė

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Transporto inžinerijos fakultetas
Logistikos ir transporto vadybos katedra

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

Antrosios pakopos studijų **Transporto inžinerinės ekonomikos ir logistikos** programos magistro baigiamasis darbas

Pavadinimas **Krovininio kelių transporto srautų optimizavimo galimybių tyrimas miestų logistikos sistemoje**

Autorius **Šarūnas Šlajus**

Vadovas **Nijolė Batarlienė**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe pateikiamas krovininio kelių transporto srautų optimizavimo galimybių tyrimas miestų logistikos sistemoje.

Pirmoje dalyje nagrinėjami mokslinės literatūros šaltiniai, pateikiami įvairių autorių siūlomi ar jau įgyvendinti sprendimai krovininių automobilių sraut optimiz miestuose.

Antroje dalyje pateikiama krovininių gabenimo kelių transportu miesto teritorijose esamos situacijos procesų analizė bei aprašomas kokybinis tyrimas. Atlikus ekspertų apklausą, nustatyti pagrindiniai veiksniai, krovininio transporto srauts miesto logistikoje. Pristatomi krovininio kelių transporto srautų optimizavimo miesto logistikos sistemoje galimybių tyrimo rezultatai.

Trečioje dalyje apibrėžiamas krovininio kelių transporto srautų optimizavimo miestų logistikoje sistemoje, pritaikant savitarnos terminalus, modelis. Atliktas modelio aprobavimas. Pateikiamos išvados ir pasiūlymai.

Darbą sudaro įvadas, darbo objektas ir problematika, mokslinės literatūros analizė, kokybinis tyrimas, krovininio kelių transporto srautų optimizavimo miestuose modelis, išvados ir siūlymai, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 75 p. teksto be priedų, 21 iliustr., 12 lent., 32 bibliografiniai šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai

Prasminiai žodžiai: miestų logistika, krovininis kelių transportas, transporto srautai, terminalai.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Transport Engineering
Logistics and Transport Management Department

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

Master Degree Studies **Transport Engineering Economics and Logistics** study programme Master Graduation Thesis

Title **Investigation of the possibilities of optimization of freight road traffic flows in the urban logistics system**

Author **Šarūnas Šlajus**

Academic supervisor **Nijolė Batarlienė**

Thesis language: Lithuanian

Annotation

The final master thesis presents a study on the possibilities of optimizing road freight transport flows in an urban logistics system.

The first part of the study examines the sources of scientific literature and presents the solutions proposed or already implemented by various authors to optimize the flow of freight vehicles in urban areas.

The second part presents a qualitative study. A survey of experts was carried out to identify the main factors influencing freight flows in urban logistics. The results of the feasibility study on the optimization of road freight transport flows in urban logistics are presented.

The third part defines a model for the optimization of road freight transport flows in the urban logistics system through the application of self-service terminals. The model is validated. Conclusions and suggestions are given.

The thesis consists of an introduction, the subject and problems of the thesis, analysis of scientific literature, qualitative research, a model of optimization of road freight transport flows in urban logistics, conclusions and suggestions, and a list of references.

The volume of the thesis is 75 p. of text without appendices, 21 illustrations, 12 tables, 32 bibliographic sources.

Annexes are attached separately.

Keywords: urban logistics, road freight transport, transport flows, terminals.

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Šarūnas Šlajus, 20003674

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Transporto inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Transporto inžinerinė ekonomika ir logistika, LTGVfm-21

(Studijų programa, akademinė grupė)

BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)

SAŽININGUMO DEKLARACIJA

2022 m. gruodžio 13 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Krovininio kelių transporto srautų optimizavimo galimybių tyrimas miestų logistikos sistemoje“ yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą, mane konsultavo mokslininkai ir specialistai: docentas daktaras Nijolė Batarlienė, lektorė Angelika Petrėnienė. Mano darbo vadovas docentas daktaras Nijolė Batarlienė.

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

(Parašas)

Šarūnas Šlajus
(Vardas ir pavardė)

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	9
LENTELIŲ SĄRAŠAS	10
ĮVADAS.....	11
1. KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ PASISKIRSTYMO MIESTUOSE TEORINIAI ASPEKTAI.....	14
1.1 MIESTŲ LOGISTIKOS SISTEMOS FUNKCIJOS IR UŽDAVINIAI	14
1.2 KROVININIO TRANSPORTO FUNKCIJOS IR SAVYBĖS MIESTŲ LOGISTIKOS SISTEMOJE	17
1.3 SUNKIOJO TRANSPORTO PANAUDOJIMO PIRMOJE AR PASKUTINĖJE MYLIOJE PROBLEMATIKA IR TAIKOMI SPRENDIMAI	19
1.4 KROVININIO TRANSPORTO SRAUTŲ PASISKIRSTYMO MIESTUOSE ĮTAKOS TURINTYS VEIKSNIAI	21
1.5 KROVININIAM TRANSPORTUI MIESTUOSE OPTIMIZUOTI TAIKOMŲ SPRENDIMŲ ANALIZĖ	22
1.6 INOVACIJOS MIESTŲ LOGISTIKOJE.....	24
1.7 TEORINĖS ANALIZĖS APIBENDRINIMAS, PROBLEMATIKA IR SPRENDIMO VARIANTAI	26
2 KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ OPTIMIZAVIMO MIESTUOSE ANALIZĖ IR TYRIMAS.....	29
2.1 KROVINIŲ GABENIMO KELIŲ TRANSPORTU MIESTO TERITORIJOSE ESAMOS SITUACIJOS PROCESŲ ANALIZĖ.....	29
2.1.1 Miestų augimo įtaka miestų logistikos sistemai.....	29
2.1.2 Europos Sąjungos prioritetai	30
2.2 KROVINIŲ GABENIMO MIESTŲ KELIAIS UŽSIENIO ŠALYSE ANALIZĖ.....	31
2.3 KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ OPTIMIZAVIMO LIETUVOS MIESTUOSE ANALIZĖ.....	35
2.4 KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ VERTINIMO TYRIMAS	37
2.4.1 Tyrimo metodologija.....	38
2.4.2 Ekspertų apklausos tyrimo rezultatai	40
2.5 GAUTŲ DUOMENŲ APIBENDRINAMOJI ANALIZĖ	59
3. KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ OPTIMIZAVIMO MIESTUOSE MODELIS	61
3.1 SIŪLOMO MODELIO AKTUALUMAS IR NAUJUMAS	61
3.2 REIKALINGI VEIKSNIAI MODELIUI SUKURTI	61

3.3 KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ OPTIMIZAVIMO MIESTUOSE, PANAUDOJANT SAVITARNOS TERMINALUS, MODELIS	64
3.4 EKSPERTINIO VERTINIMO METODIKA	68
3.5 EKSPERTINIO VERTINIMO REZULTATAI	68
3.6 APROBUOTAS MOKSLINIS MODELIS	69
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI	71
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	73
PRIEDAI	76

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Miestų logistikos plėtros sričių pasiskirstymas (Anand ir Duin, 2021).....	14
1.2 pav. Ilgosios paskutinės mylios pavyzdys (Ploos van Amstel, Quack, 2017).....	18
1.3 pav. Trumposios paskutinės mylios pavyzdys (Ploos van Amstel, Quack, 2017).....	19
1.4 pav. Padalintosios paskutinės mylios pavyzdys (Ploos van Amstel, Quack, 2017).....	19
1.5 pav. Dviejų pakopų skirstymo sistemos pavyzdys (Crainic, 2012).....	20
1.6 pav. ŠESD emisijos pasiskirstymas pagal miesto logistikos segmentus (Ploos van Amstel, Quack, 2017).....	21
2.1 pav. Įvairių automatizacijos lygių schema (šaltinis – Society of Automotive Engineers, SAE).....	24
2.2 pav. Finansuojamų ES projektų pagal bendrąsias programas procentas (Škultėty et al., 2021).....	29
2.3 pav. Globalių ir lokalių klimato tikslų apžvalga (Anand et al., 2021).....	30
2.4 pav. Įprasto paskirstymo (be konsolidavimo) palyginimas su paskirstymu iš miesto konsolidacijos centro (Özbekler & Akgul, 2020).....	33
2.5 pav. Kelių transporto priemonių įtaka judumui ir ekologijai miesto logistikoje.....	42
2.6 pav. Kelių transporto priemonių įtaką infrastruktūrai ir visai miesto logistikos sistemai.....	46
2.7 pav. Veiksniai, turintys didžiausią įtaką miesto logistikos sistemai.....	49
2.8 pav. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas pagal tai, ar įmonės investuotų į naujas informacines technologijas, tobulinančias krovinių vežimą miesto logistikoje.....	50
2.9 pav. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas pagal tai, ar įmonės būtų linkusios savarankiškai pasiimti ar pristatyti nedidelius krovinius į terminalus miesto periferijoje.....	51
2.10 pav. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas pagal tai, ar įmonės būtų linkusios kooperuotis, parsivežant ar pristatant krovinius į terminalus miesto periferijoje.....	51
2.11 pav. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas pagal tai, ar įmonės būtų linkusios naudotis elektromobiliais, parsivežant ar pristatant krovinius į terminalus miesto periferijoje.....	52
2.12 pav. Veiksniai, darantys didžiausią įtaką miesto logistikos sistemos optimizavimui.....	56
2.13 pav. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas pagal tai, ar įmonės naudotų savitarnos terminalus užmiesčio logistikos centruose pirmos ir pakutinės mylios etape.....	55

2.14 pav. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas pagal tai, ar įmonės investuotų į ekologišką transportą nedideliems kroviniams surinkti ar paskirstyti.....	58
3.1 pav. Pagrindinių veiksmų, nuo kurių priklauso krovinio transporto srautų pasiskirstymas miesto logistikos sistemoje, sąveikos schema	62
3.2 pav. Krovininio transporto srautų optimizavimo modelis miesto logistikos sistemoje.....	64
3.3 pav. Aprobuotas krovininio transporto srautų optimizavimo miesto logistikos sistemoje modelis.....	69

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Įvairių rūšių krovininių transporto priemonių CO ₂ emisija (Prancūzijos aplinkos ir energetikos agentūra, 2005).....	17
2.1 lentelė. Didžiausios miestų aglomeracijos pagal gyventojų skaičių 1950–2030 metais.....	28
2.2 lentelė. Skirtumai tarp tipinės logistikos sistemos ir miesto logistikos sistemos generatorių (Tadić, 2021).....	31
2.3 lentelė. Miesto logistikos schemų vertinimas (Özbekler & Akgul, 2020)	34
2.4 lentelė. Respondentų įvertinimų rangavimas.....	40
2.5 lentelė. Faktorių pasiskirstymas pagal svarbą.....	42
2.6 lentelė. Respondentų įvertinimų rangavimas.....	43
2.7 lentelė. Faktorių pasiskirstymas pagal svarbą.....	45
2.8 lentelė. Respondentų įvertinimų rangavimas.....	46
2.9 lentelė. Faktorių pasiskirstymas pagal svarbą.....	48
2.10 lentelė Respondentų įvertinimų rangavimas.....	53
2.11 lentelė. Faktorių pasiskirstymas pagal svarbą.....	55

IVADAS

Temos aktualumas. Augant miestams, didėja ir transporto paslaugų poreikis. Dėl to augantys krovininio transporto srautai sukelia vis daugiau problemų miestuose, tokių kaip automobilių srauto laisvo judėjimo ribojimas, sudėtingesnis krovinų pakrovimo – pristatymo konkrečiu laiku planavimas, didėjanti aplinkos tarša ir triukšmas. Tuo pačiu atsiranda ir kitų problemų: kelių nusidėvėjimas bei sunkiasvorio transporto vairuotojų trūkumas.

Darbo teorinės analizės dalyje apžvelgiamos miestų logistikos funkcijos ir uždaviniai, krovininio transporto funkcijos ir savybės miestų logistikos sistemoje, sunkiojo transporto panaudojimo pirmoje ar paskutinėje mylioje problematika ir taikomų sprendimų teorinė analizė, krovininio transporto srautų pasiskirstymą miestuose lemiančių veiksnių teorinė analizė, krovininiam transportui miestuose optimizuoti taikomų sprendimų analizė. Atliktas teorinės analizės apibendrinimas ir suformuluota darbo mokslinė problema.

Krovininio transporto srautų optimizavimo miestų logistikoje problemos sprendimas galėtų būti šio transporto srautų optimizavimas pirmos ir pakutinės mylios etape, eliminuojant sunkųjį transportą ir pasitelkiant savitarnos terminalus užmiesčio logistikos centruose bei ekologišką transportą nedidelių krovinų surinkimui ar distribucijai.

Darbo objektas – krovininio kelių transporto srautų optimizavimo galimybių tyrimas miestų logistikos sistemoje ir galima savitarnos terminalų miestų periferijoje panaudojimo įtaka srautų optimizavimui.

Mokslinė problema – krovininio transporto srautai miesto logistikos sistemoje pasiskirsto netolygiai, ypač didelis apkrovimas vyksta piko valandomis. Sunkiasvoris krovininis transportas mažina mobilumą mieste ir yra dažna eismo įvykių priežastis. Dėl susidarančių spūsčių ir ne laiku paimtų ar pristatytų krovinų krinta logistikos įmonių aptarnavimo kokybė.

Daugelio mokslininkų tyrimuose yra atskleista, kokią didelę reikšmę krovininio transporto srautų optimizavimui turi informacinių technologijų panaudojimas bei kelių infrastruktūros plėtojimas.

Krovininio kelių transporto srautų optimizavimo tikslas – numatyti, koku būdu pasiskirstys transporto priemonių eismas miestų logistikos sistemoje nagrinėjamoje teritorijoje. Transporto srautų optimizavimas gali būti naudojamas ekstremalių situacijų pasekmėms modeliuoti bei tokios situacijos optimalių sprendinių paieškai.

Krovininio transporto funkcija, fizinis prekių perkėlimas iš vienos vietos į kitą, priklauso nuo keliamosios galios ir talpos bei reguliavimo miesto teritorijoje. Problema, kad šie parametrai yra dažnai

neišnaudojami, jei miesto logistikos sistemoje nėra bendradarbiavimo tarp viešojo ir privačiojo sektorių bei tarp verslo subjektų, veikiančių vienoje ekonominėje erdvėje tam tikroje teritorijoje.

Idealiu atveju sunkusis transportas turėtų būti naudojamas tik tiesioginiams didelės apimties ir svorio kroviniams gabenti. Miestų logistikos sistemoje jis turėtų būti pritaikomas tik ilgojoje arba padalintoje pirmoje ar paskutinėje mylioje. Tačiau dėl sunkiojo krovininio transporto ribojimo miesto centrinėje dalyje yra reikalingi perkrovimo taškai (paskirstymo centrai) kroviniai perkrauti į mažesnių gabaritų ir keliamosios galios komercinį transportą.

Plečiantis miestams vis didesnę problemą sukelia komercinio transporto patekimas į centrinę miesto dalį, o tai atsiliepia ir bendram judumui mieste, ypač piko valandomis.

Pagrindinės problemos krovininio transporto srauto judumui kyla dėl nemodernios infrastruktūros, vangaus informacinių technologijų diegimo – siekiant sukurti bendrą informacinį miesto logistikos lauką, automobilių talpumo nepanaudojimo, siekiant sumažinant nevisiškai pakrautų automobilių srautą miestuose.

Taip pat, krovininis transportas, ypač sunkusis, didina miestų taršą ir kelia triukšmą. Šiame darbe daroma prielaida, kad savitarnos terminalų nedideliems kroviniams panaudojimas miestų periferijoje padėtų sumažinti sunkiojo transporto srautus miestuose. Atsirastų aiški mažos krovos ekologiško transporto priemonių pritaikymo galimybė, pavyzdžiui, dėl elektromobilių su CO₂ nuline emisija, kurie sumažintų taršą miestuose. Taip pat mažos keliamosios galios, iki 3,5 t, automobilius gali vairuoti ir neprofesionalūs vairuotojai. Tokią transporto priemonę be vargo galėtų vairuoti ne tik transporto įmonės vairuotojas, bet ir pats krovinio siuntėjas ar gavėjas. Tai padėtų spręsti ir dar vieną, šiuo metu aktualią problemą – profesionalių vairuotojų trūkumą.

Transporto įmonės ieško įvairių būdų pritraukti vairuotojus profesionalus tiek iš vietinės darbo rinkos, tiek pasitelkiant migrantus. Šiuo atveju pirmos ar paskutinės mylios transportavimui miestų logistikoje pakaktų vairuotojų, turinčių B kategorijos vairuotojo pažymėjimą, o sunkiasvoris transportas, vairuojamas profesionalių vairuotojų, būtų geriau panaudojamas kroviniams transportuoti tarp logistikos centro ir savitarnos terminalų. Tai turėtų sumažinti tokio transporto poreikį, o kartu padėtų suvaldyti žmogiškųjų resursų trūkumą transporto įmonėse.

Mokslinis naujumas - mokslininkų atliktuose tyrimuose nepavyko rasti, kaip galėtų paveikti krovininio transporto srautus savitarnos terminalų periferijos logistikos centruose panaudojimas nedideliems kroviniams miestų logistikoje, kaip tai daroma gabenant smulkias siuntas. Tyrimuose daug dėmesio skiriama logistikos įmonių bendradarbiavimui pirmoje ar paskutinėje mylioje, informacinių

technologijų panaudojimui, ekologiniam transportui ir judumui, tačiau nenagrinėjamas pačių krovinių siuntėjų ar gavėjų indėlis į planavimą ir darnų transportavimo procesą miestų logistikoje.

Darbo tikslas – ištirti krovininio kelių transporto srautų optimizavimo galimybes miestų logistikos sistemoje pasitelkiant savitarnos paslaugas nedideliems kroviniams surinkti ar paskirstyti iš savitarnos terminalų miestų periferijoje.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti mokslinės literatūros, susijusios su krovininio kelių transporto srautų optimizavimo galimybėmis miesto logistikoje, analizę.
2. Sudaryti kokybinį tyrimą, padėsiantį išsiaiškinti problemas, susijusias su savitarnos terminalų panaudojimu nedideliems kroviniams gabenti pirmoje ar paskutinėje mylioje.
3. Apibrėžti kelių transporto srautų miestų logistikoje optimizavimo modelį, pritaikant savitarnos terminalus nedideliems kroviniams gabenti.
4. Nustatyti, kokią įtaką padarytų savitarnos terminalų periferijos logistikos centruose panaudojimas nedidelių krovinių surinkimui ir paskirstymui miestų logistikoje ir kaip tai paveiktų krovininio transporto srautus.

1. KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ PASISKIRSTYMO MIESTUOSE TEORINIAI ASPEKTAI

1.1 MIESTŲ LOGISTIKOS SISTEMOS FUNKCIJOS IR UŽDAVINIAI

Miestų logistika, augant populiacijai, įgauna vis didesnę reikšmę žmonijos gyvenime ir tampa mokslinių tyrimų objektu. Dar 2014 m. 54% pasaulio populiacijos gyveno miestuose. Jungtinės Tautos (2004 m.) prognozavo, kad iki 2050 m. šis skaičius pasieks 66 %, o iki 2100 m. turėsime 85 % populiacijos, koncentruotos miestuose (OECD, 2003). Augant miestams, didėja ir transporto paslaugų poreikis. Nuolat augantys krovinių transporto srautai sukelia vis daugiau problemų. Taigi daug mokslininkų nagrinėja miestų logistikos problemas, ieškodami įvairiausių sprendimų.

Šiuolaikinėje miestų logistikoje pagrindinis dėmesys yra skiriamas greitam ir patikimam krovinių gabenimui, parenkant ekonomiškus maršrutus ir taikant ekologinius sprendimus. Šiais laikais miestų logistikos paslaugų teikėjai turi įvertinti dinamiką logistikos procesuose, kaip pavyzdžiui trumpesni pristatymo terminai, dažnesnis grafikas, paslaugų patikimumas ir lankstumas (Windt & Hülsmann, 2007). Be to miesto logistikos paslaugų tiekėjai konkuruoja su kitais eismo dalyviais dėl ribotos erdvės miestų teritorijoje ir dažnai būna maksimaliai išnaudojami miesto infrastruktūros pajėgumai.

Miestų logistika yra daugiau nei prekių gabenimas miestų teritorijoje. Tai gali būti vertinama kaip bet kuri paslauga, padedanti efektyviai valdyti prekių judėjimą miestų teritorijoje ir teikti inovatyvius pasiūlymus klientų poreikiams tenkinti (Dablanc, 2019).

Logistika, šiuolaikiniu supratimu, apima analizę, planavimą ir integruotą bei koordinuotą fizinę informacijos ir sprendimų priėmimo valdymą kelių partnerių tinkle. Būtent iš šio požiūrio atsiranda terminas miestų logistika, kuris parodo, kad reikia sisteminio požiūrio į su krovinių vežimu susijusius klausimus ir judėjimą miesto teritorijoje. Tai sistema, kuriai būdingas optimizuotas skirtingų siuntėjų ir vežėjų krovinių konsolidavimas tose pačiose transporto priemonėse ir krovinių vežimo veiklos koordinavimas mieste (Crainic, 2008).

Miestų logistikos tikslas yra didinti logistikos procesų ir veiklos efektyvumą bei sušvelninti neigiamus padarinius, o ir kartu remti darnią miesto teritorijų plėtrą (Tradic, 2015).

Įvairių siuntėjų krovinių konsolidavimas ir vežimas, panaudojant tą pačią transporto priemonę yra susijęs su veiklos koordinavimu mieste ir yra viena iš svarbiausių priemonių, siekiant racionalizuoti prekių paskirstymą. Ekologiškų transporto priemonių panaudojimas ir viešojo transporto infrastruktūros integravimas gali sustiprinti logistikos sistemas ir dar labiau sumažinti krovinių transporto judėjimą, o

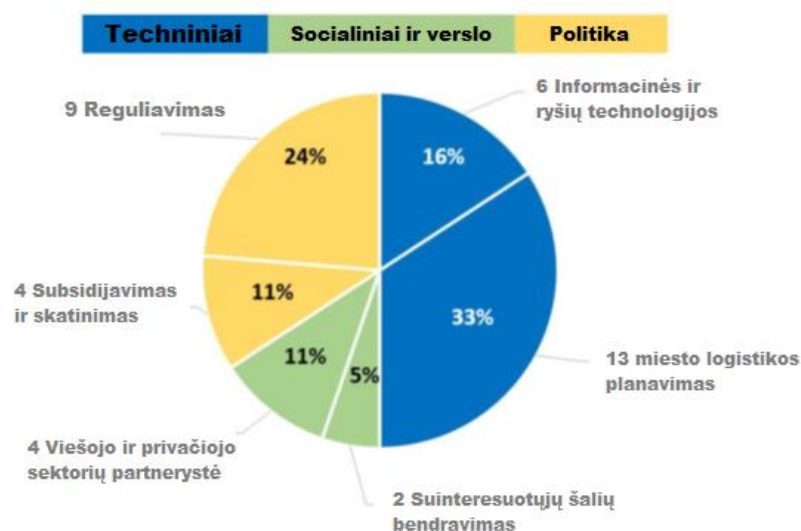
tuo pačių ir emisijas mieste. Taigi konsolidavimas ir koordinavimas yra pagrindinės miesto logistikos sąvokos (Crainic, 2008).

Tyrinėtojas Taniguchi et al. dar 2001 metais miestų logistiką apibrėžė kaip procesą, leidžiantį visiškai optimizuoti įmonių logistikos ir transporto veiklą, remiantis pažangiomis informacinėmis sistemomis miestų teritorijoje, apimančiomis eismo aplinką, eismo spūstis, eismo saugumą ir energijos taupymą rinkos ekonomikos sąlygomis (Taniguchi, 2014).

Miestų logistika yra pagrįsta sisteminiu požiūriu, apimančiu daugybę procesų, įskaitant modeliavimą, informacinių technologijų vertinimą ir taikymą (Taniguchi & Tompson, 2002).

Staigus įpročių pasikeitimas šiuolaikinėje visuomenėje, pažangos žengimas į priekį, gerovės ir klestėjimo siekimas bei siautulingas gyvenimo ritmo augimas lėmė poreikį ieškoti naujų sprendimų krovinių paskirstymo vystymui, siekiant aukštesnio efektyvumo lygio (Mancini, 2013). Šį tikslą galima pasiekti geriau išnaudojant šiuo metu turimus išteklius, sumaniau planuojant visą platinimo procesą, išmaniai projektuojant tinklą ir glaudžiai bendradarbiaujant vežėjų kompanijoms (Mancini et al., 2014).

Anand & Duin (2021), remdamiesi kitų kolegų tyrimais savo moksliniame darbe išryškino šešias miestų logistikos plėtros sritis: informacinės ir ryšių technologijos, miesto logistikos planavimas, suinteresuotųjų šalių komunikacija, viešoji ir privačioji partnerystė, subsidijavimas ir skatinimas bei reguliavimas. 1.1 paveiksle parodyta, kaip nustatytos priemonės pasiskirsto šešiose plėtros srityse.



1.1 pav. Miestų logistikos plėtros sričių pasiskirstymas (Anand & Duin, 2021)

Yra pateikiamos tokios miestų logistikos plėtros sritys:

- *Informacinės ir ryšių technologijos* – miesto logistikos IRT yra susijusios su eismo valdymu, kai eismas reguliuojamas siekiant sumažinti spūstis ir padidinti saugumą (Drop & Garlinska, 2021). Be to, IRT taip pat gali būti naudojamos renkant eismo duomenis, leidžiančios pareigūnams matyti, kurios transporto priemonės įvažiuoja į draudžiamą miesto zoną. Kita sritis, kurioje naudojamos IRT, yra išmetamųjų teršalų ar spūsčių pokyčio matavimas, kai jutikliai gali aptikti transporto priemonių kiekį ir tipą (Anand & Duin, 2021).
- *Miesto logistikos planavimas* – ši kategorija orientuota į miesto logistikos integravimą į miesto planavimą. Tai reiškia, kad buvo atlikta pakankamai tyrimų ir suplanuota, kokie tikslūs poreikiai yra konkrečioms miesto vietovėms (Anand & Duin, 2021).
- *Suinteresuotųjų šalių komunikacija* – ši kategorija daugiausia susijusi su koordinavimo vaidmeniu, tačiau komunikacija taip pat gali būti naudojama, skatinant dalijimąsi gerąja patirtimi ir sujungiant suinteresuotąsias šalis į komunikacijos bendruomenę (Anand & Duin, 2021).
- *Viešojo ir privačiojo partnerystė* – viešojo ir privačiojo partnerystė yra susijusi su miesto logistikos veiklos palengvinimu. Per šias partnerystes savivaldybės taip pat gali eksperimentuoti su naujomis koncepcijomis (Anand & Duin, 2021).
- *Subsidijavimas ir skatinimas* – ši kategorija taip pat yra susijusi su palengvinimu, kaip ir miesto logistikos planavimas bei viešojo ir privačiojo sektorių partnerystė, nors subsidijuojant ir kuriant paskatas tai daroma tiesioginiu būdu (Anand & Duin, 2021).
- *Reguliavimas* – šioje kategorijoje pagrindinis dėmesys skiriamas reikalingų reglamentų ir vykdymo priemonių įgyvendinimui, kurie galėtų būti transporto priemonių apribojimais arba eismo tam tikrose gatvėse laiko ribojimui (Ducret et al., 2015). Ši kategorija atitinka savivaldybių reguliavimo vaidmenį (Anand & Duin, 2021).

Taigi, daugelio mokslininkų vertinimu, šiuolaikinei miestų logistikai yra keliami keli pagrindiniai reikalavimai:

- lankstumas;
- greitis;
- patikimumas;
- ekonomiškumas;
- ekologija.

Šiems tikslams pasiekti mokslininkai išskiria kelis pagrindinius uždavinius, kurie lemia miestų logistikos sistemos efektyvumą ir tvarumą:

- efektyvus valdymas;
- inovatyvumas;
- analizė ir planavimas;
- integruotas ir koordinuotas informacijos ir sprendimų priėmimo valdymas;
- informacinių technologijų vertinimas ir taikymas;
- miestų logistikos sistemoje veikiančių subjektų bendradarbiavimas.

1.2 KROVININIO TRANSPORTO FUNKCIJOS IR SAVYBĖS MIESTŲ LOGISTIKOS SISTEMOJE

Devyni iš dešimties europiečių mano, kad eismo situacija jų aplinkoje turėtų būti pagerinta (Europos Komisija, 2009). Statistikos duomenimis, 69 % eismo įvykių įvyksta miestuose, 25 % viso išmetamo CO₂ kiekio transporto sektoriuje sudaro miesto transportas (Europos Komisija, 2011). Daugiau nei pusė krovinių, atsižvelgiant į svorį, kelių transporte yra vežami mažesniu nei 50 km atstumu ir daugiau nei trys ketvirtadaliai mažesniu nei 150 km atstumu (Baltoji knyga – Europos Komisija, 2011).

Pateikti duomenys parodo, kokią svarbą krovininis kelių transportas mieste, turi privatiems asmenims, valdžios institucijoms ir komercinėms įmonėms (Cattaruzza et al., 2017).

Įdomų tyrimą pristatė Pulawska ir Starowicz (2014). Mokslininkės pateikė miesto, įgyvendinančio ekologišką miesto logistiką, pavyzdį. Tai Lukos miestas, esantis šiaurės Italijoje (80 tūkst. gyventojų). Istoriniame miesto centre, kurį supa miesto sienos, visos veiklos susijusios su paslaugomis koncentruojasi prekyba ir turizmas. Iš viso apie 1700 parduotuvių, restoranų ir kt. Prekybos taškai yra centrinėje teritorijoje. Beveik visas centras yra riboto privažiavimo zonoje (ZTL – Zona Traffico Limitato), kuri apsaugo plačią pėsčiųjų zoną. Vykdam projektą buvo atliktos preliminaros apklausos, kurios parodė, kad (Rudnicki et al., 2010): 27 % centre esančių parduotuvių naudojami nuosavomis transporto priemonėmis, 8 pristatymai (apie 2000 per dieną) vykdomi pristatymo transporto priemonėmis, kurių bendroji masė iki 3,5 tonos. Nustatytas itin mažas (mažiau nei 30 %) transporto priemonių talpumo panaudojimas pristatymo į centrą metu. Per dieną 1680 automobilių įvažiuoja į miesto centrą, tuo tarpu 480 – 500 krovinių pristatymų vyksta piko valandomis (8:00 – 10:00) (Pulawska & Starowicz, 2014).

Siekiant sumažinti neigiamą vežimų poveikį gyventojams ir istoriniams paminklams, 2005–2008 m. buvo imtasi iniciatyvos sukurti ekologinį paskirstymo centrą. Projekte numatyta statyti perkrovimo terminalą, į kur prekės turėjo būti gabenamos dideliais sunkvežimiais, o vėliau – mažomis elektrinėmis transporto priemonėmis prekės būtų pristatomos miesto centre. Antra eksperimento dalis buvo informacinių technologijų panaudojimas, kuris apėmė (Pulawska & Starowicz, 2014):

- automatinį krovinių srauto valdymą paskirstymo centro teritorijoje (atvežamų ir išvežamų krovinių registravimą);
- pristatymų planavimą ir vykdymą, susietą su pristatymo transporto priemonių maršrutų optimizavimu;
- transporto priemonių buvimo vietos ir srauto sekimą;
- GSM, GPRS, Wi-Fi – telekomunikacijų sistemą;
- Rankinių įrenginių brūkšninių kodų nuskaitymo integravimą;
- interneto svetainės paslaugą klientams.

Eksperimentiniame projekto etape buvo gautas vietinių vežėjų pritarimas ir įsitraukimas. Pristatymų paskirstymo sistemoje įvykdyta 15 % viso krovinių vežimo į miesto centrą dalis. Dėl elektromobilių, pristatančių prekes, skaičius gerokai išaugo ir kiekviena iš testuotų transporto priemonių realizavo po 4 pristatymus per dieną su pilnu kroviniu, o tai sudarė 120 pristatymų. Be to, 57 % transporto priemonių išnaudojo savo pajėgumus 90 % ir tik 5 % – mažiau nei 60 %. 2010 m. buvo baigtas ir paleistas paskirstymo centras ir šiais laikais, padedamas vietos valdžios, vykdo ekologiškus pristatymus į miesto centrą (Pulawska & Starowicz, 2014).

Andriankaja (2010) nagrinėjo krovininio transporto įtaką CO₂ emisijai. Tyrimo metu ji rėmėsi Prancūzijos aplinkos ir energetikos agentūros (ADEME) duomenimis. Toliau pateikta ADEME duomenų lentelė, parodanti CO₂ emisijos pasiskirstymą pagal krovinių automobilių svorį.

1.1 lentelė. Įvairių rūšių krovinių transporto priemonių CO₂ emisija

Automobiliai pagal svorį	CO ₂ emisija (g/tkm)
Mažatonis komercinis automobilis (1,5–3,5 t)	1103
Automobilis (6,1–10,9 t)	435
Automobiliai (11–21 t)	221
Automobiliai (21–32,6 t)	196

Šaltinis: sudarytas autorės (Andriankaja, 2010) pagal Prancūzijos aplinkos ir energetikos agentūros duomenis, 2005)

Taip pat buvo nustatyta, kad 82 % krovinių pasiekia miestą mažos keliamosios galios transportu, likusi dalis gabenama sunkiasvoriu kroviniu transportu (Andriankaja, 2010).

Taigi pateikti pavyzdžiai parodo, kad krovininis transportas pasiskirsto netolygiai miesto logistikos sistemoje. Pagrindinė krovininio transporto funkcija yra fizinis prekių perkėlimas iš vienos vietos į kitą, tačiau miestų logistikoje jo panaudojimas labiau priklauso nuo keliamosios galios ir talpos, bei reguliavimo miesto teritorijoje. Šie parametrai yra dažnai neišnaudojami, jei miesto logistikos sistemoje nėra bendradarbiavimo tarp viešo ir privataus sektorių, bei tarp verslo subjektų, veikiančių vienoje ekonominėje erdvėje, tam tikroje teritorijoje. Miestų logistikoje dominuoja mažos, iki 3,5 t keliamosios galios, krovininis transportas, tačiau neišvengiama ir sunkiasvorio transporto, kuris ir sukelia daugiausiai problemų, ypatingai piko valandomis.

1.3 SUNKIOJO TRANSPORTO PANAUDOJIMO PIRMOJE AR PASKUTINĖJE MYLIOJE PROBLEMATIKA IR TAIKOMI SPRENDIMAI

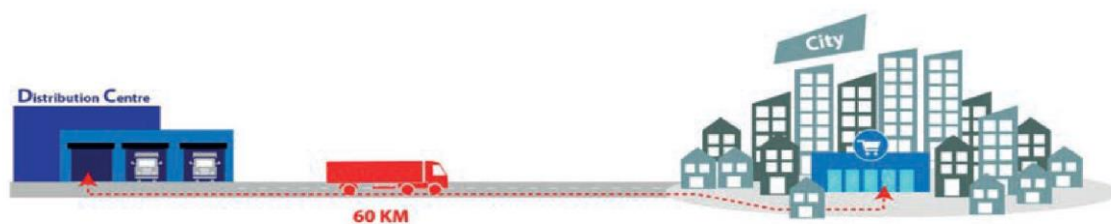
Sunkusis transportas sukelia daug problemų ir nepatogumų miestuose. Keletas jų, tai eismo srautų spūstys, oro tarša, triukšmo tarša, bei saugumo problemos, tokios kaip eismo įvykiai (Grosso et al., 2014). Tačiau miestuose vyksta intensyvi prekyba, teikiamos įvairios paslaugos ir krovininis transportas yra neišvengiama miesto gyvenimo dalis.

Mokslininkai Ploos van Amstel ir Quack savo darbe išskyrė kelis pirmos ar paskutinės mylios variantus, remdamiesi terminalų lokacija, priklausomai nuo miesto dydžio ir terminalo atstumo nuo miesto ribos. Jų teigimu, paskutinė mylia prasideda nuo sandėlio (distribucijos centro) ir baigiasi krovinio pristatymu į paskirties vietą, kaip biuras, įmonės pastatas, parduotuvė ar namai (Ploos van Amstel & Quack, 2017).

Savo darbe mokslininkai išskyrė tris galimus transportavimo paskutinėje mylioje, priklausomai nuo atstumo, variantus:

- **Ilgoji mylia** – kada atstumas nuo paskirstymo centro iki paskirties vietos sudaro 80–100 km.

Ilgosios mylios vizualizacija pavaizduota 1.2 paveiksle.



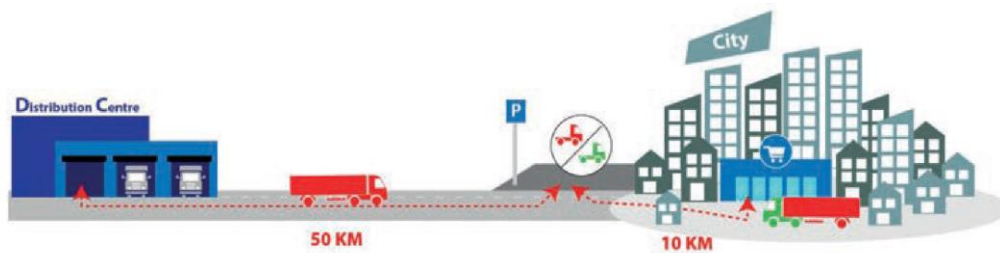
1.2 pav. Ilgosios paskutinės mylios pavyzdys (Ploos van Amstel & Quack, 2017)

- **Trumpoji mylia** – kada paskirstymo centras nuo miesto ribos nutolęs 20-40 km. Trumpoji mylia parodyta vizualiai 1.3 paveiksle.



1.3 pav. Trumposios paskutinės mylios pavyzdys (Ploos van Amstel, Quack, 2017)

- **Padalintoji mylia** – kada ilgoji paskutinė mylia yra padalinta į dvi dalis. Pirmojoje dalyje puspriekabę traukia įprastas vilkikas, o likus apie 10 km iki paskirties vietos, ji yra perkabinama ir krovinys tikslą pasiekia traukiamas elektra varomo vilkiko. Padalintosios mylios pavyzdys pateiktas 1.4 paveiksle.

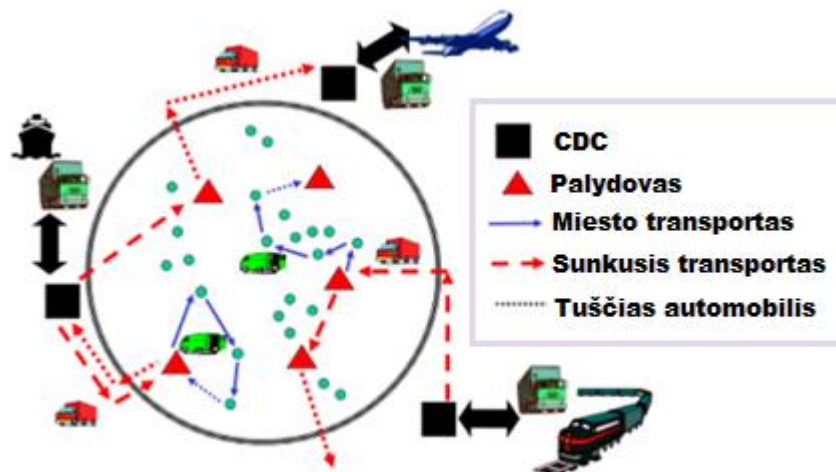


1.4 pav. Padalintosios paskutinės mylios pavyzdys (Ploos van Amstel, Quack, 2017)

Kiti tyrėjai teigia, kad siekiant optimizuoti paskutinės mylios tiekimo grandinėje pristatymus, būtina sujungti keletą logistikos sprendimų, susijusių su prekių sandėliavimu ir naujo krovinio vežimo organizavimu mieste. Pavyzdžiui mes negalime panaudoti elektrinių sunkvežimių mieste be papildomos infrastruktūros, tokios, kaip konsolidacijos centras mieste (Oubihi et al., 2019).

Crainica et al. (2020) siūlo taikyti dviejų pakopų hyper jungties miestų logistikos sistemą, kuri pasak autorių padėtų sumažinti sunkiojo transporto srautus miestuose. Šis siūlomas optimizavimo modelis remiasi idėja, kad įvairių klientų kroviniai galėtų būti konsoliduojami terminaluose netoli miestų ir sunkiuoju transportu būtų pergabenami į mažus distribucijos centrus miestų teritorijoje iš kur miesto komerciniu transportu būtų paskirstyti gavėjams.

Ši dviejų pakopų HCL sistema, pagrįsta paslaugų tinklo projektavimo formulute (Crainica et al., 2020). Dviejų pakopų miestų logistikos sistemos pavyzdys pateiktas 1.5 paveiksle.



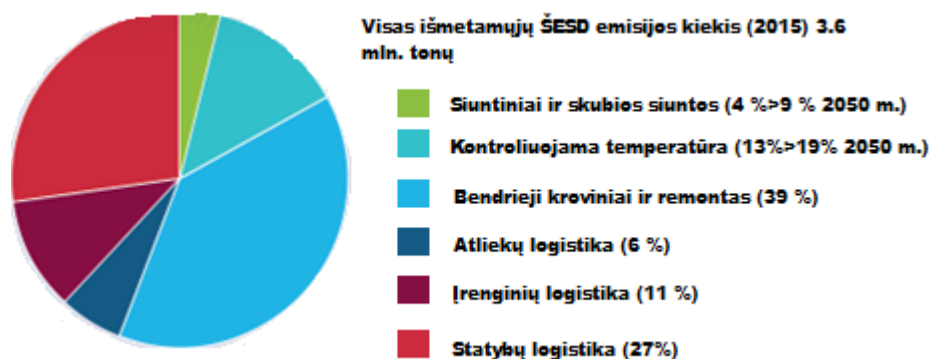
1.5 pav. Dviejų pakopų distribucijos sistemos pavyzdys (Crainic, 2012)

Apibendrinant mokslininkų atliktus tyrimus, galima teigti, kad idealiu atveju sunkusis transportas turėtų būti naudojamas tik tiesioginiams didelės apimties ir svorio kroviniams gabenti. Miestų logistikos sistemoje jis turėtų būti pritaikomas tik ilgojoje arba padalintoje pirmoje ar paskutinėje mylioje. Tačiau dėl sunkiojo krovininio transporto ribojimo miesto centrinėje dalyje yra reikalingi perkrovimo taškai perkrovimui į mažesnių gabaritų ir keliamosios galios komercinį transportą.

1.4 KROVININIO TRANSPORTO SRAUTŲ PASISKIRSTYMUI MIESTUOSE ĮTAKOS TURINTYS VEIKSNIAI

Intensyvus miestų augimas kelia vis naujų iššūkių mobilumui: 10–15 % visos nuvažiuotos ridos miestuose sudaro krovininio transporto rida (Amstel, 2015).

Nyderlandų mokslininkai 2015 m. apskaičiavo, kad miestų logistikos šiltnamio efektą sukeliančių dujų taršos dinamika siekia 0,9 mln. tonų per metus visoje šalyje. Pateikta diagrama parodo, kaip emisija pasiskirsto per skirtingus miesto logistikos segmentus. Kai kuriais atvejais segmento įvertinimas gali skirtis +/- 10 % iki +/- 20 % nuo absoliučios vertės (Ploos van Amstel & Quack, 2017).



1.6 pav. ŠESD emisijos pasiskirstymas pagal miesto logistikos segmentus (Ploos van Amstel & Quack, 2017)

Pateiktoje diagramoje matyti, kad didžioji miestų logistikos ŠESD emisijos dalis tenka mažmeninei prekybai, kuri dažniausiai gabenasi standartinius konsoliduotus krovinis paletėmis iš paskirstymo terminalo į prekybos vietą. Taigi krovininio transporto srautų pasiskirstymą lemia paskirstymo centrų ir prekybos vietų geografinis išsidėstymas miestuose.

Krovininio transporto pasiskirstymas mieste labai priklauso nuo eismo tinklo charakteristikos: kelių kategorijos, judėjimo juostų skaičiaus, judėjimo organizavimo ir reguliavimo, sustojimo vietų organizavimo, parkavimo pajėgumų ir kt. Šie parametrai turi įtakos transporto priemonių struktūrai realizuojant prekių srautus, jų intensyvumui, eismo apsunkinimui komercinėmis transporto priemonėmis, maršruto planavimui, pakrovimo-iškrovimo operacijų trukmei, vežėjų ir paslaugų teikėjų veiklos sąnaudoms ir kt. (Tadić, 2015).

Taigi, apibendrinant skirtingų tyrėjų nuomonę, galima teigti, kad krovininio transporto srautų pasiskirstymą miestuose visų pirma veikia geografinis miesto išsidėstymas, pramonės ir prekybos vietų lokacija bei paskirstymo centrų vietos miesto teritorijoje ir periferijoje. Taip pat krovininio transporto judumui mieste įtaką daro kelių infrastruktūra, eismo reguliavimas ir ribojimai bei parkavimo pajėgumai.

1.5 KROVININIAM TRANSPORTUI MIESTUOSE OPTIMIZUOTI TAIKOMŲ SPRENDIMŲ ANALIZĖ

Pasaulis keičiasi ir vis labiau įsitraukia į žaliosios ekonomikos kursą. Kalbant apie miesto logistiką, naujovių poreikis kyla iš kelių krypčių. Šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimas turi būti drastiškai sumažintas, tuo pat metu išlaikant gyvybingą ir sveiką ekonomiką. Tai reikalauja ryžtingų veiksmų iš kiekvieno sektoriaus, įskaitant transportą (Ploos van Amstel & Quack, 2017).

Šių tyrėjų teigimu, norint patenkinti šiuos poreikius, reikia taikyti naujas, mažai teršalų išmetančių ir (arba) nulinės emisijos technologijas, bei energijos šaltinius ir įdiegti naujas tiekimo grandinės konstrukcijas, kad būtų sumažintas krovinių transporto srautas (Ploos van Amstel & Quack, 2017).

Teodor Gabriel Crainica, kartu su Michel Gendreaud ir Lilia Jemaia siūlymu, dideli terminalai užmiestyje galėtų būti sujungti su mažesniais terminalais miestų teritorijoje, į kuriuos važiuotų konsoliduotus krovinius vežantys transportas, o distribuciją atliktų miestui pritaikytas, ekologiškas ir nedidelės keliamosios galios miesto krovinių transportas. Mokslininkų teigimu, tai sumažintų sunkiojo transporto srautus miestuose (Crainica et al., 2020).

„Dalijimosi ekonomika“ miestų logistikos sistemoje, tai dar vienas kelias transporto srautų optimizavimui. Transporto srityje transporto priemonių ir maršrutų dalijimasis logistikos įmonėms leistų pervežti daugiau krovinių už mažiau pinigų greitu, patogiu ir ekologiškesniu būdu. Tai leistų transporto ir logistikos specialistams geriau panaudoti nepanaudotus išteklius, optimizuoti maršrutus, supaprastinti tvarkaraščius ir sumažinti anglies dvideginio išmetimą. Be didesnio veiklos efektyvumo, dalijimasis nepanaudotais ir (arba) nepakankamai išnaudotais ištekliais taip pat galėtų padėti išspręsti kitas pramonę kamuojančias problemas, pvz., (miesto) spūstis ir kvalifikuotų vairuotojų trūkumą. Sandėliavimo srityje „Dalijimosi ekonomika“ siekia padidinti esamų bendrų klientų sandėlių panaudojimą. Galiausiai, dalijimosi ekonomika pristato naujus ir kūrybiškus būdus, kaip pradėti verslą ir padidinti efektyvumą, naudojant personalo modelius pagal poreikį ir dalijantis logistikos paslaugomis (Duin et al., 2020).

Remiantis skirtingų autorių tyrimais ir siūlymais, galima išskirti keletą svarbiausių sprendimų, lemiančių krovinių transporto srautų optimizavimo miestuose galimybes. Visų pirma, tam reikalingas glaudus viešojo ir privačiojo sektoriaus bendradarbiavimas, priimant reguliavimo ir investicinius sprendimus.

Kiti žingsniai:

- Infrastruktūros modernizavimas (dviejų pakopų miesto logistikos diegimas).
- Informacinių technologijų diegimas – siekiant sukurti bendrą informacinį miesto logistikos lauką.
- „Dalijimosi ekonomika“ – priemonė krovinių automobilių talpumo panaudojimui, sumažinant nevisiškai pakrautų automobilių srautą miestuose.

1.6 INOVACIJOS MIESTŲ LOGISTIKOJE

Inovacijos miestų logistikoje atlieka svarbų vaidmenį, kuriant efektyvias, nekenksmingas aplinkai ir saugias miesto krovinio transporto sistemas. Nemažai reguliavimo priemonių, įskaitant miestų konsolidavimo centrus, patekimo į miestą kontrolės taisykles, pristatymus ne piko valandomis, mažos emisijos zonos, buvo išbandytos ir įdiegtos miestų urbanizuotose zonose visame pasaulyje, siekiant tokių miesto logistikos tikslų, kaip mobilumo, tvarumo ir gyvenimo kokybės (Taniguchia et al., 2014).

Šiuolaikiniai miestai, kaip sudėtingos ir gerai organizuotos sistemos, nuolat juda ir pasižymi sudėtinga dinamika. Miestai vaidina pagrindinį vaidmenį socialinėje ir ekonominėje raidoje, taip pat daro didžiulį poveikį aplinkai. Šiandien miestai susiduria su techninėmis (išteklų tiekimas, transportas, informacija), socialinėmis (socialinė ir materialinė nelygybė, saugumas) ir aplinkosaugos problemomis (Savin, 2020).

Šio mokslininko teigimu, didelis dėmesys šiuolaikinėje miestų logistikoje skiriamas inovacijoms informacinių ir komunikacinių technologijų srityje:

- „žaliosios technologijos“ leidžia atsakingiau naudoti pagrindinius miesto išteklius (dujos, vanduo, CO2 emisija, diegiant elektrinį transportą) ir plėtoti atsinaujinančius energijos šaltinius;
- plačiajuosčio interneto ir 5G diegimas, leidžia nuotoliniu būdu atlikti įvairaus pobūdžio darbus ir užtikrinti modernių informacinių sistemų plėtrą bei uždarų ir saugių tinklų plėtrą;
- „nešvarių duomenų“, kai juos priimant sprendimus naudoja dirbtinis intelektas, kontrolė ir vertinimas;
- eSim technologijos paplitimas, skirtas kontroliuoti prekių judėjimą nuo gamybos proceso iki pardavimo.

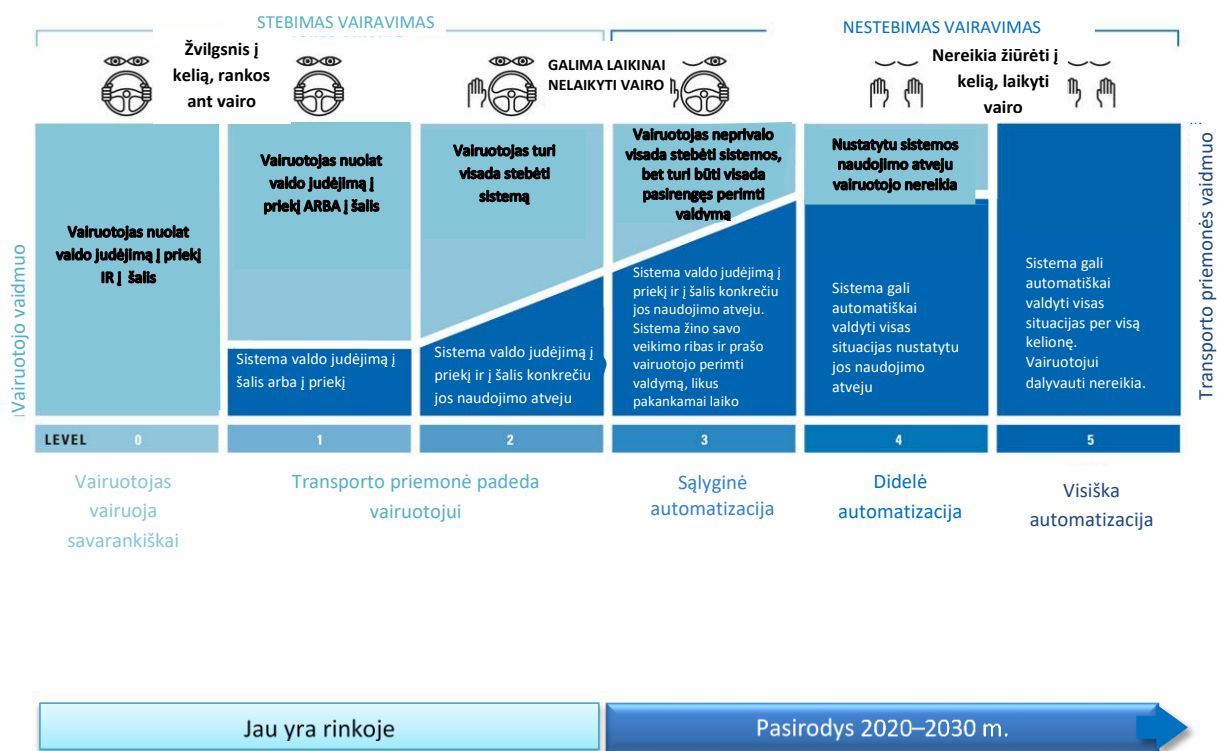
Šiuo metu pasaulyje yra sparčiai vystomos transporto priemonių ir viso eismo valdymo saugos technologijos. Naujausiai išmanųjų sistemų kartai priklauso V2X sistema į kurią yra integruotos V2V (automobilių tarpusavio sąveikos) ir V2I (automobilių ir infrastruktūros sąveikos) sistemos. Duomenų mainai sparčiai perduodami radijo bangomis, todėl duomenų perdavimas yra spartesnis, nei naudojant GSM ar GPS tinklus.

Pasaulyje V2X sistemų lydere kol kas yra laikoma Japonija. Šioje šalyje V2V ir V2I sistemos buvo integruotos į vieną sistemą „ITS Connect“. Šios sistemos tikslas yra užkirsti kelią susidūrimams sankryžose. Sistema stebi situaciją kelių sankirtoje ir praneša vairuotojui (šviesos ir garso signalais), jei atlikti posūkį gali būti nesaugu dėl kelyje esančių kliūčių.

Tačiau V2X sistemų diegimo kelias yra ilgas, nes šios sistemos turi tapti daugumos automobilių standartinės įrangos dalimi, o tada teks rekonstruoti kelių infrastruktūrą, kad būtų užtikrinta tinkama komunikacija.

Europos Sąjungos ateities susisiekimo strategija numato perėjimą prie automatizuoto susisiekimo. Autonominės transporto priemonės pakeis mūsų gyvenimą tiek pat, kiek anksčiau žmonių gyvenimą pakeitė garvežiai ir automobiliai. Jos paskatins dalijimosi automobiliu paslaugas, palengvins galimybę naudotis transporto priemone neįgaliesiems, atsiras daugiau erdvės automobilių parkavimui ir miestų planavimui. Tačiau kol kas yra neišspręsti atsakomybės už eismo įvykį, darbuotojų užimtumo, duomenų apsaugos, infrastruktūros pritaikymo ir kiti uždaviniai (Europos komisija, 2018).

Kol kas automatizuotos transporto priemonės dar negali veikti be žmogaus kontrolės. Dar neišspręsta daug techninių užduočių, kad transporto priemonė gebėtų visapusiškai jausti aplinką, ją suprasti ir tinkamai veikti. Automobilių inžinierių draugija nustatė keletą automobilių automatizacijos lygių, pateikiamų 2.1 paveiksle.



2.1 Pav. Įvairių automatizacijos lygių schema (Society of Automotive Engineers, SAE, 2018)

Pirmojo, antrojo ir trečiojo lygio automatizacijos sistemomis aprūpintų automobilių jau galima įsigyti rinkoje, o aukštesnio lygio automatizuotos transporto priemonės dar yra bandomos.

Mokslininkė Tadić et al. (2021) tyrė dronų miesto logistikoje panaudojimo galimybes. Atlikta analizė parodė, kad bepiločių orlaivių taikymas prekių paskirstymui gali turėti reikšmingos įtakos miesto tvarumui. Dronų taikymo efektai labai priklauso nuo miesto logistikos koncepcijos. Rezultatai rodo, kad srautų konsolidavimas miesto pakraščiuose, mikro-konsolidavimas šalia krovinių srauto generatorių ir dronų panaudojimas paskutinėje pristatymo fazėje gali sumažinti neigiamą krovinių srauto poveikį logistikos tvarumui miestuose (Tadić et al., 2021).

Taigi įvairių mokslininkų tyrimai rodo, kad inovacijos miestų logistikoje yra viena iš priemonių suspėti su augančių miestų ritmu ir poreikiais. Inovacijos diegiamos, ne tik kaip reguliavimo priemonės, per įvairius ribojimus ar sukuriant mažos emisijos zonas miestų centruose, bet ir investuojant į skaitmenines technologijas, ekologiškas transporto priemones, bei alternatyvias transportavimo galimybes. Tai teigiamai veikia transporto judėjimo mobilumą, tvarumą ir gyvenimo mieste kokybę.

1.7 TEORINĖS ANALIZĖS APIBENDRINIMAS, PROBLEMATIKA IR SPRENDIMO VARIANTAI

Teorinės analizės dalyje apžvelgti miestų logistikos funkcijos ir uždaviniai parodė, kad daugelio mokslininkų vertinimu, šiuolaikinei miestų logistikos yra keliami keli pagrindiniai reikalavimai:

- laktumas;
- greitis;
- patikimumas;
- ekonomiškumas;
- ekologija.

Šiems tikslams pasiekti, mokslininkai išskiria kelis pagrindinius uždavinius, kurie lemia miestų logistikos sistemos efektyvumą ir tvarumą:

- efektyvus valdymas;
- inovatyvumas;
- analizė ir planavimas;
- integruotas ir koordinuotas informacijos ir sprendimų priėmimo valdymas;
- informacinių technologijų vertinimas ir taikymas;
- miestų logistikos sistemoje veikiančių subjektų bendradarbiavimas.

Krovininio transporto funkcijų ir savybių analizė, miestų logistikos sistemoje parodė, kad krovininio transporto funkcija, fizinis prekių perkėlimas iš vienos vietos į kitą, priklauso nuo keliamosios galios ir talpos, bei reguliavimo miesto teritorijoje. Problema, kad šie parametrai yra dažnai neišnaudojami, jei miesto logistikos sistemoje nėra bendradarbiavimo tarp viešo ir privataus sektorių, bei tarp verslo subjektų, veikiančių vienoje ekonominėje erdvėje, tam tikroje teritorijoje. Miestų logistikoje dominuoja mažos, iki 3,5 t keliamosios galios, krovininis transportas, tačiau neišvengiama ir sunkiasvorio transporto, kuris ir sukelia daugiausiai problemų, ypač piko valandomis.

Sunkiojo transporto panaudojimo pirmoje ar paskutinėje mylioje problematika ir taikomų sprendimų analizė, parodė, kad idealiu atveju sunkusis transportas turėtų būti naudojamas tik tiesioginiams didelės apimties ir svorio kroviniams gabenti. Miestų logistikos sistemoje jis turėtų būti pritaikomas tik ilgojoje arba padalintoje pirmoje ar paskutinėje mylioje. Tačiau dėl sunkiojo krovininio transporto eismo ribojimo miesto centrinėje dalyje yra reikalingi perkrovimo taškai (distribucijos centrai) krovinio perkrovimui į mažesnių gabaritų ir keliamosios galios komercinį transportą.

Apibendrinant krovininio transporto srautų pasiskirstymui miestuose įtaką darančius veiksnius, galima teigti, kad krovininio transporto srautų pasiskirstymą miestuose visų pirma veikia geografinis miesto išsidėstymas, pramonės ir prekybos vietų lokacija bei paskirstymo centrų vietos miesto teritorijoje ir periferijoje. Taip pat krovininio transporto judumui mieste įtaką daro kelių infrastruktūra, eismo reguliavimas ir ribojimai, bei parkavimo pajėgumai. Plečiantis miestams, vis didesnė problemą sukelia komercinio transporto patekimas į centrinę miesto dalį, o tai atsiliepia ir bendram judumui mieste, ypač piko valandomis.

Krovininiam transportui miestuose optimizuoti taikomi sprendimai, remiantis skirtingų autorių tyrimais ir siūlymais, rodo, kad visų pirma, tam reikalingas glaudus viešojo ir privataus sektoriaus bendradarbiavimas, priimant reguliavimo ir investicinius sprendimus. Pagrindinės problemos krovininio transporto srauto judumui kyla iš nemodernos infrastruktūros (dviejų pakopų miesto logistikos diegimas), vangaus informacinių technologijų diegimo – siekiant sukurti bendrą informacinį miesto logistikos lauką, automobilių talpumo nepanaudojimo, siekiant sumažinant nepilnai pakrautų automobilių srautą miestuose.

Įvairių mokslininkų tyrimai rodo, kad inovacijos miestų logistikoje yra viena iš priemonių suspėti su augančių miestų ritmu ir poreikiais. Inovacijos diegiamos, ne tik kaip reguliavimo priemonės, per įvairius ribojimus ar sukuriant mažos emisijos zonas miestų centruose, bet ir investuojant į skaitmenines technologijas, ekologiškas transporto priemones, bei alternatyvias transportavimo galimybes. Tai teigiamai veikia transporto judėjimo mobilumą, tvarumą ir gyvenimo mieste kokybę.

Analizės metu iškeltų krovinio transporto srautų optimizavimo miestų logistikoje problemoms spręsti galėtų būti organizuotas savitarnos terminalų tinklas nedidelės apimties kroviniams konsoliduoti. Tai sudarytų galimybę patiems krovinių siuntėjams ar gavėjams, esantiems miesto centrinėje dalyje, ar net ir platesnėje miesto teritorijoje, savarankiškai pasiimti ar pristatyti krovinius į savitarnos terminalus, jiems patogiu metu. Tai palengvintų procesų planavimą ir nereikėtų taikytis prie logistikos kompanijų, bei išvengti jų klaidų dėl vėlavimų. Taip pat atsirastų niša tikslingam komercinių elektromobilių panaudojimui miesto teritorijoje, kas padėtų mažinti taršą ir triukšmą.

Žinoma čia nebūtų apsieita be informacinių technologijų diegimo į bendrą informacijos valdymo, koordinavimo ir kontrolės sistemą. Savitarnos terminalai turėtų būti skaitmenizuoti ir sujungti su jų vartotojais bei juos aptarnaujančiomis logistikos kompanijomis.

Tuo tarpu sunkiasvoris transportas būtų pasitelkiamas tik savitarnos terminalams aptarnauti ir didžioji jo dalis eliminuota iš srauto miesto teritorijoje.

2 KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ OPTIMIZAVIMO MIESTUOSE ANALIZĖ IR TYRIMAS

2.1 KROVINIŲ GABENIMO KELIŲ TRANSPORTU MIESTO TERITORIJOSE ESAMOS SITUACIJOS PROCESŲ ANALIZĖ

2.1.1 Miestų augimo įtaka miestų logistikos sistemai

Daugybė tiek privačiojo, tiek viešojo sektoriaus veikia miestų logistikos sistemoje ir neišvengiamai daro įtaką judumui, aplinkai ir bendrai gyvenimo kokybei. Krovininio kelių transporto srautai miestuose tampa opia problema ne tik paties miesto gyventojams, bet ir į miestą atvykstantiems.

Nuolatinės spūstys atsiliepia ir miesto patrauklumui.

Vykstanti nuolatinė aglomeracija, plečia miestų logistikos geografiją, kur ūkio subjektai yra glaudžiai susiję gamybiniais, buitiniais bei transporto ryšiais. Krykavskyy ir Woronina (2015), savo darbe pateikė 10-ies didžiausių pasaulio miestų aglomeracijos tendencijas (2.1 lentelė).

2.1 lentelė. Didžiausios miestų aglomeracijos pagal gyventojų skaičių 1950–2030 metais

Indeksas	1950			2000			2030		
	Miestų aglomeracija	Regiono šalis	Populiacija (mln)	Miestų aglomeracija	Regiono šalis	Populiacija (mln)	Miestų aglomeracija	Regiono šalis	Populiacija (mln)
1	Niujorkas	USA	12.34	Tokijas	Japonija	34.45	Tokijas	Japonija	37.19
2	Tokijas	Japonija	11.27	Osaka	Japonija	18.66	Delis	Indija	36.06
3	Londonas	Jungtinė Karalystė	8.36	Meksika	Meksika	18.46	Šanchajus	Kinija	30.75
4	Osaka	Japonija	7.01	Niujorkas	USA	17.81	Mumbajus	Indija	27.8
5	Paryžius	Prancūzija	6.28	San Paulas	Brazilija	17.01	Pekinas	Kinija	27.71
6	Maskva	Rusija	5.36	Mumbajus	Indija	16.37	Daka	Bangladešas	27.37
7	Buenos Airės	Argentina	5.10	Delis	Indija	15.73	Karačis	Pakistanas	24.84
8	Čikaga	USA	5	Šanchajus	Kinija	13.96	Kairas	Egiptas	24.50
9	Kalkuta	Indija	4.51	Kairas	Egiptas	13.63	Lagosas	Nigerija	24.24
10	Šanchajus	Kinija	4.30	Kalkuta	Indija	13.06	Meksika	Meksika	23.86

Iš pateiktų duomenų matyti, kad miestų augimas vyksta nepriklausomai nuo žemynų ir šalių išsivystymo lygio. Ekonominiai, prekybiniai ir kultūriniai ryšiai skatina populiacijas koncentruotis ir tai sukelia iššūkių miestų logistikos sistemai.

Savo darbe mokslininkai Krykavskyy ir Woronina (2015), (įvardino pagrindines tokio miestų augimo keliamas problemas:

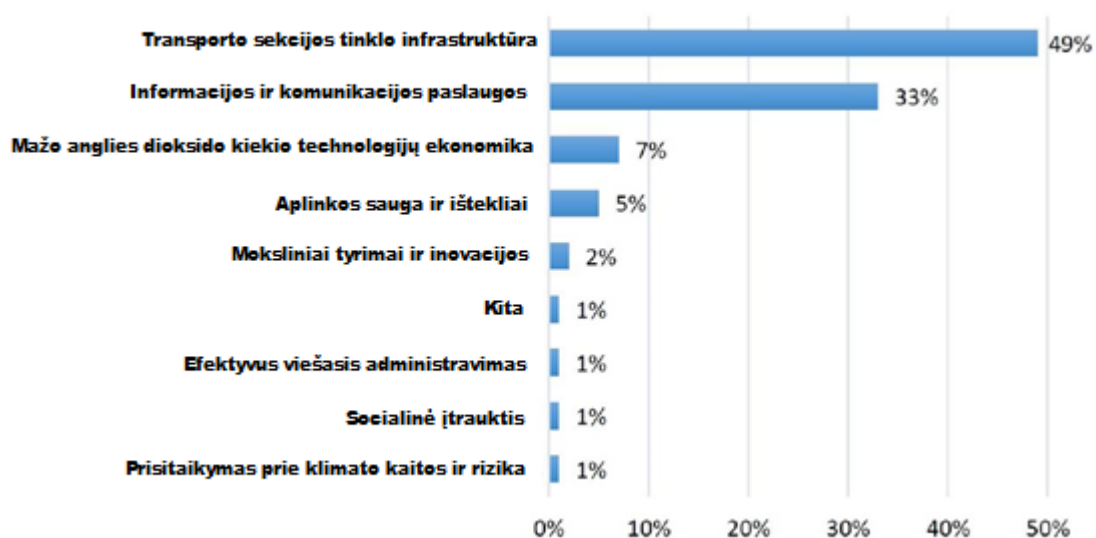
- oro ir triukšmo tarša;

- CO₂ emisija;
- didėjanti ekologinė tarša;
- eismo chaosas ir kamščiai;
- prastėjanti žmonių gyvenimo kokybė;
- perkrauta infrastruktūra;
- nepakankami viešojo transporto pajėgumai;
- parkavimo vietų trūkumas.

Išvardyti ekonominiai ir aplinkosaugos aspektai miesto logistikos sistemoje reikalauja transporto optimizavimo sprendimų, pasitelkiant inovacijas, technologinius ir administracinius įrankius.

2.1.2 Europos Sąjungos prioritetai

ES remia mokslinius tyrimus ir inovacijas savo bendrosiose programose (Škultėty et al., 2021). 2.2 paveiksle parodyta Europos struktūrinių ir investicijų fondų patvirtintų projektų procentinė dalis per 2014–2020 metų laikotarpį.



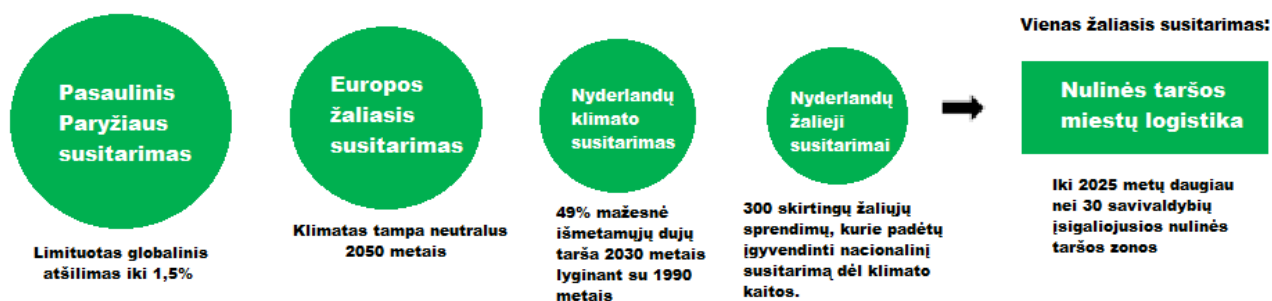
2.2 pav. Finansuojamų ES projektų pagal bendrąsias programas procentas (Škultėty et al., 2021)

Pateikti duomenys parodo, kad didžiausia ES paramos dalis tenka tinklo infrastruktūrai ir transportui. Antra, pagal procentinę išraišką skiriama lėšų dalis, tenka informacijos ir komunikacijos sektoriui, kuris yra tiesiogiai susijęs su logistikos vystymo ir tobulinimo gairėmis. Tai reiškia, kad šalių

vyriausybės ir miestų administracijos aktyviai dalyvauja miestų logistikos ir transporto projektuose, siekiant sumažinti daromą neigiamą įtaką aplinkai ir žmonių gyvenimo kokybei.

2.2 KROVINIŲ GABENIMO MIESTŲ KELIAIS UŽSIENIO ŠALYSE ANALIZĖ

Įdomų pavyzdį pateikia Nyderlandų mokslininkai. Vykdydamos Nyderlandų žaliąjį kursą, daugelis įmonių ir miestų savivaldybių dirba kartu, kad įgyvendintų „Nulinės emisijos miesto logistiką“. Vyriausybės tikslas – iki 2025 m. mažiausiai 30-yje Nyderlandų miestų savivaldybių sukurti nulinės emisijos (ZE) zonas (Anand et al., 2021). 2.3 paveiksle pateikiama šio žaliojo kurso perspektyva.



2.3 pav. Globalių ir lokalių klimato tikslų apžvalga (Anand et al., 2021)

Autorių nuomone, šie tikslai yra gana ambicingi, tačiau dėl logistinio srauto sukeltų problemų, jų būtina siekti. Savo darbe mokslininkai išskyrė tokias pagrindines, logistinio srauto keliams problemas miestuose:

- 60 % taršių medžiagų emisijų bei triukšmo kyla dėl logistikos transporto;
- Daugumą socialinių skundų, ateinančių į savivaldybes, susiję su logistikos eismu;
- Sunkiasvariai sunkvežimiai daro žalą miestų infrastruktūrai;
- 25 % žuvusiųjų eisme yra dėl logistikos eismo;
- Logistinio judėjimo perteklius neigiamai veikia miesto patrauklumą ir gyvenimo kokybę.

Be prieš tai išvardytų, santykinai akivaizdžių problemų, miestų logistikos sėkmingam valdymui trūksta savivaldybių administracijų indėlio ir tai stabdo įmonių pastangas diegti naujoves (Anand et al., 2021).

Tipinė logistikos sistema ir miesto logistikos sistema skiriasi keliais kriterijais (3 lentelė). Skirtumai ypač dideli miesto logistikos sistemoje kur yra pagrindiniai verslo rajonai, kur ir susidaro didžiausios logistikos problemos (Tadić, 2021). Tipinė logistikos sistemos generuojamų srautų kiekis

paprastai yra didesnis nei srautų iš/į miesto logistikos atveju. Būtent didelė dalis srautų, kurie prasideda arba baigiasi tipinėje logistikos sistemoje, yra makro-paskirstymo srautai, kurie atliekami ilgesniais atstumais, didesnės keliamosios galios transporto priemonėmis ir su didesniu prekių konsolidacijos laipsniu.

2.2 lentelė. Skirtumai tarp tipinės logistikos sistemos ir miesto logistikos sistemos generatorių

Kriterijai:	Sistemos tipas	
	Tipinė logistikos sistema	Kito miesto logistikos generatoriai
Srautas	Dažniausiai didesnis	Dažniausiai mažesnis
Vietovė	Dažniausiai miesto pakraščiuose	Visuose miesto vietose
Infrastruktūra	Specializuota	Dažniausiai pritaikyta pagrindinei veiklai ir nėra pakankamai pritaikyta logistinei veiklai.
Aplinkos sąlygos	Kontroliuojama	Dažniausiai nekontroliuojama, varijuojanti
Prekių forma, logistikos padaliniai ir konsolidavimas	Paprastai logistikos vienetai ir konsolidavimo procedūros standartizuojami, moduluojami, sutankinami ir suvienodinami, o tai dažniausiai atliekama iki padėklo, konteinerio ar keičiamos dalies lygio.	Didelė formų ir logistikos vienetų įvairovė. Dažniau naudojami mažesni vienetai (mini krovinų vienetai, dėžės), tačiau jie yra pakankamai kompaktiški dėl nepakankamo konsolidavimo. Be to, daugeliu atvejų konsolidacijos nėra.
Logistikos poreikiai	Didesnis vienodumo ir nuspėjamumo laipsnis	Mažesnis vienodumo ir nuspėjamumo laipsnis
Krovinų perkrovimas	Dažniausiai naudojami įvairūs mechanizuoti prietaisai, tokie kaip liftai, kranai, automatizuotos sistemos ir kt.	Dažniausiai naudojami patys paprasčiausi būdai, tokie kaip rankinė krova.

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus pagal Tadic (2021)

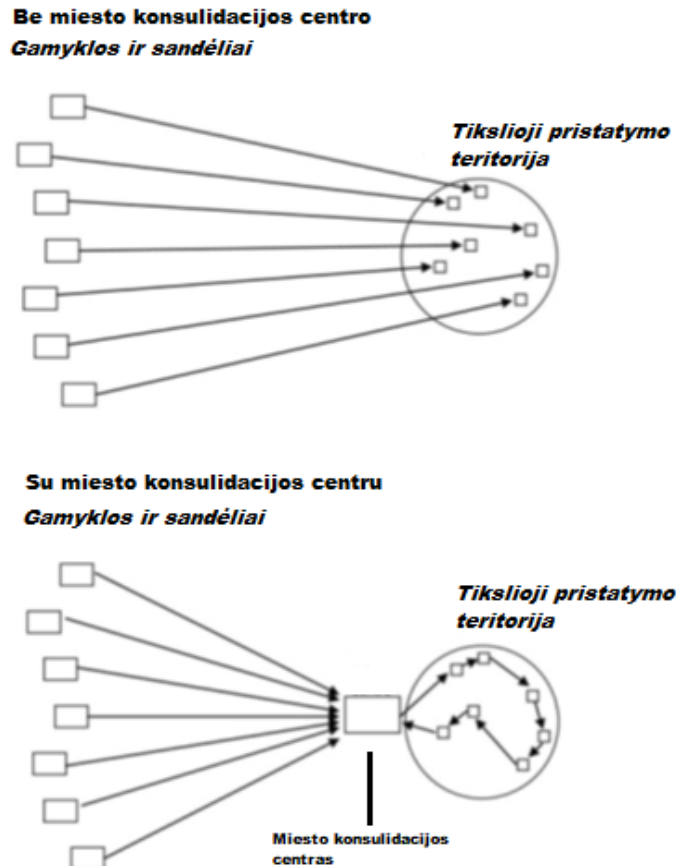
Tadic (2021) teigia, kad tipinės logistikos sistemos generuojamų srautų kiekis paprastai yra didesnis nei srautų miestų logistikos atveju. Būtent didelė dalis srautų, kurie prasideda arba baigiasi tipinėje logistikos sistemoje, yra makro-paskirstymo srautai, kurie atliekami ilgesniais atstumais, transporto priemonėmis, kurių keliamoji galia yra didesnė ir krovinų konsolidacijos laipsnis taip pat yra didesnis. Išimtis yra mikro-paskirstymo srautai, kuriuos generuoja miesto logistikos terminalai, tiekiantys paslaugas pagrindiniams verslo rajonams. Miestų logistikos generuojami srautai (prekių, medžiagų pristatymas ir surinkimas į / iš ūkio subjektų) paprastai yra mažesni, bet dažnesni. Šių prekių ir medžiagų pristatymo bei surinkimo dinamiką lemia daugybė veiksnių. Dėl specifinių architektūrinių-konstruktinių ir eismo ypatybių bei taisyklių, daugelio prekių pristatymui į verslo centrus, gali būti naudojamos tik nedidelės talpos (mažiau nei 3,5 tonos) keleivinės arba krovininės transporto priemonės. Be to, daugėja generatorių, kurių sandėliavimo vietos (taigi ir atsargų lygis) pastaraisiais dešimtmečiais buvo gerokai sumažintos arba visiškai pašalintos dėl didelių sąnaudų ir dėl ploto pagrindinei veiklai išplėtimo. Galiausiai, prekių ir paslaugų paklausos nenuspėjamumas, kintamumas ir įvairovė, platus asortimentas, trumpesnis galiojimo laikas ir prekių šviežumo poreikis labai dažnai reikalauja trumpalaikio užsakymo ir pristatymo organizavimo (Tadić, 2021).

Taigi, remiantis mokslininkės įžvalgomis, galima teigti, kad miestų logistikos sistemoje vyrauja mažesnės keliamosios galios transportas, tačiau šio transporto srautas, dėl verslo rajonų augančio logistikos poreikių dažnio, nuolatos didėja.

Mokslininkės Türkan Özbekler ir Arzu Karaman Akgul 2020 metais pristatė tyrimą apie miestų konsolidacijos centrus, kuris parodė, kad tokie centrai (terminalai) gali būti naudingi tvarumo požiūriu, tačiau jie dažniausiai nėra finansiškai gyvybingi ilgą laiką. Galima manyti, kad didelių objektų eksploatavimas vartotojams kainuoja dideles sąnaudas. Todėl šiuo metu pradedamos konsolidacijos centrų iniciatyvos, daugiau dėmesio skiriant galimybių perspektyvai. Konsolidacijos centrus galima apibrėžti kaip mažesnį miestų konsolidacijos centrų mastą (Özbekler & Akgul, 2020). Ypatingos šių centrų savybės, pasak mokslininkų, yra šios:

1. Dažniausiai tinka paskutinei pristatymo myliai (centrai įrengiami labai centrinėse miesto dalies, kad būtų arti priėmimo punktų).
2. Skirti nedideliems kroviniams (priešingai nei sunkieji miesto kroviniai, pristatomi mažesnio dydžio transportu).
3. Galimybė pristatyti tvarias transporto priemones (elektra varomos transporto priemonės, pavyzdžiui, naudojant krovinį judėjimui iš centrinio taško į bet kurią kitą miesto vietą).
4. Lengva vykdyti pakrovimo / iškrovimo veiklą miesto teritorijoje (naudojant mažas transporto priemones sumažinamas miesto planavimo neigiamas aspektas).
5. Integracija su novatoriškais verslo modeliais (išmanaus miesto integracinė dalis).

Žvelgiant iš tvarumo ir gyvybingumo perspektyvų, labai svarbu atkreipti dėmesį į krovinų paskirstymą ūkio subjektams, esantiems vienoje geografinėje miesto vietovėje. Šiuo metu dažnai naudojamos įvairių tipų transporto priemonės keliuose (dažniausiai su dideliu emisijų lygiu), dažnas pristatymo reisų dažnumas (spūstys) ir orientavimasis į pelną, o ne visuomenės naudą, verčia šią sistemą paversti išmaniąja. 2.4 paveiksle pateikiamas pavyzdys, kaip pasiskirsto transporto srautai įprastinės logistikos atveju ir miesto logistikos atveju, panaudojant distribucijos centrus (Özbekler & Akgul, 2020).



2.4 pav. Įprasto paskirstymo (be konsolidavimo) palyginimas su paskirstymu iš miesto konsolidacijos centro (Özbekler & Akgul, 2020)

Iš pateikto pavyzdžio matyti, kad įprastinės logistikos atveju kiekvieno krovinio pristatymui organizuojama atskira transporto priemonė, o tai ne tik reikalauja didelių resursų, bet ir neišvengiamai didina transporto srautą miestų logistikoje. Todėl siūlomas modelis, naudoti miesto logistikos centrus krovinio konsolidavimui atrodo patraukliai, ne tik dėl galimybės sumažinti krovininio transporto srautą, bet ir pasirinkti elektra varomas transporto priemones terminalų aptarnavimui ir prisidėti prie miesto ekologijos gerinimo.

Miesto logistikos schemas iš išmanumo perspektyvos gali būti vertinamos daugiausia trimis aspektais (Özbekler & Akgul, 2020): mobilumu (sklandus pristatymas miesto viduje), tvarumu (mažėja neigiamas poveikis ekonominiams, socialiniams ir aplinkosaugos klausimams) ir gyvybingumu (siekiama

pateisinti visų miesto veikėjų, tokių kaip logistikos paslaugų teikėjas, gamintojas, vyriausybė ir miesto gyventojas, lūkesčius).

Atsižvelgiant į poveikį mobilumui, tvarumui ir gyvybingumui, miesto logistikos schemų vertinimas, prasto/teisingo/gero diapazone, matomas 2.3 lentelėje.

2.3 lentelė. Miesto logistikos schemų vertinimas (Özbekler & Akgul, 2020)

		Tradicionis paskirstymas	Konsolidavimas mieste	Mikro konsolidavimas	Mobilusis sandėlis
	Mobilumas	Blogas	Geras	Geras	Geras
Tvarumas	Aplinkosauga	Blogas	Geras	Geras	Geras
	Socialumas	Blogas	Geras	Geras	Geras
	Ekonomika	Teisingas	Teisingas	Geras	Geras
	Gyvenimo kokybė	Blogas	Teisingas	Geras	Geras

Apibendrinant krovinių gabenimą miestuose užsienio šalyse, galima teigti, kad yra naudojamos kompleksinės priemonės krovinių transporto srautų reguliavimui. Prie miestų tvarumo ženkliai prisideda teisinis reguliavimas, draudžiantis sunkiajam transportui patekti į centrinę miesto dalį, tačiau čia reikia savivaldybių aktyvumo ir bendradarbiavimo su ūkio subjektais, veikiančiais mieste. Miestų logistikoje, užsienio šalyse vyrauja mažos keliamosios galios transportas, o krovinių paskirstymas vyksta per priemiesčio terminalų sistemą. Nuo to neatsiejamą yra inovacijos ir informacinės technologijos.

2.3 KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ OPTIMIZAVIMO LIETUVOS MIESTUOSE ANALIZĖ

Krovininio transporto srautų optimizavimui Lietuvoje skiriamas taip pat nemažas dėmesys. Ypač koncentruojamasi į miesto infrastruktūrą ir eismo reguliavimą. Pavyzdžiui, Vilniaus miesto savivaldybė per 2020 m. įrengė arba koregavo 102 šviesoforų valdymo programas, rekonstravo 41 sankryžą, bei įrengė 4 naujas sankryžas. Didelę krovininio srauto dalį nuo miesto centrinės dalies atitraukė pastatytas naujas pietinis aplinkkelis. Tačiau šios priemonės nėra pakankamos ir miestas toliau kenčia nuo transporto srautų keliamo triukšmo ir ekologinės taršos.

Vilniaus miesto darnaus judumo plane atspindėtos kelios pagrindinės įžvalgos ir išvados (SĮ „Vilniaus planas“, 2020):

- Nėra priemonių, apribojančių miesto logistikos veiklą spūsčių metu, todėl miesto logistikos transportas – vienas iš dalyvių formuojant spūstis, didinant miesto taršą ir triukšmą.
- Krovininis transportas preliminariais skaičiavimais atlieka iki 9 tūkst. kelionių per dieną, iš kurių 82 proc. vyksta lengvaisiais (iki 3,5 t) ir taršiais krovininiais automobiliais.
- Kaip pasekmė apie 40 proc. krovininio transporto užvažiavimo ant pėsčiųjų ir susidūrimų su dviratininkais atvejų 2014–2016 metais fiksuojama rytinio ir vakarinio piko metu. Pastaruosius dvejus metus atvejai išaugo 3 kartus ir nusistovėjo: tiek 2015, tiek 2016 metais fiksuojama po 6 atvejus.
- Krovininis transportas bendroje eismo intensyvumo apimtyje Vilniaus artimiausioje aplinkoje vertinant nuo 2011 metų vidutiniškai sudarė 10,6 proc. dalį. Didžiausi krovininio transporto srautai mieste stebimi TEN koridoriuje (apie 46 proc. viso krovininio transporto srauto), kur nuosekliai ir kryptingai vystosi logistikos įmonių plėtra bei artimiausioje aplinkoje bendrajame plane numatomos pramonės įmonių plėtros teritorijos.
- Tik 0,7 proc. registruotų krovininio transporto priemonių varomi alternatyviais degalais, kuriuos daugiausia (94,7 proc.) sudaro suskystintos naftos dujos. Užsienio miestuose krovininių logistikai pasitelkiamos gamtinėmis dujomis (metano dujomis) varomos transporto priemonės. Deklaruojama, kad jų naudojimas lėmė perpus mažesnes degalų sąnaudas ir, atitikdamas EURO6 standarto taršai keliamus reikalavimus, jis išskyrė trečdaliu mažesnes CO₂ ir 36 proc. mažesnes CO emisijas, 5 kartus mažesnę išmetamų kietųjų dalelių kiekį ir net 11 kartų mažesnę NOx lygį, lyginant su dyzeliniu EURO5 klasės transportu.
- Taršiausia Vilniaus miesto teritorija – centras, papildomai yra veikiamas tokių urbanistinių sprendimų, kaip didžiųjų prekybos centrų lokalizavimas teritorijoje arba artimiausioje jos aplinkoje, ir tampa didelių sunkiųjų krovininių automobilių traukos centru. 36 proc. didžiųjų prekybos centrų koncentruojasi centro ir artimiausioje aplinkoje.

Vilniaus miestas yra neblogas pavyzdys, kuomet didėjant populiacijai ir miestui plečiantis miesto logistinės problemos taip pat didėja ir kelia vis daugiau iššūkių. Iš pateiktos SĮ „Vilniaus planas“ ataskaitos matyti, jog trūksta nuoseklaus požiūrio į vientisą miesto logistikos sistemą, bendradarbiavimo tarp miesto savivaldybės ir logistikos įmonių bei ūkio subjektų, dirbančių miesto centrinėje dalyje.

2.4 KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ VERTINIMO TYRIMAS

Apžvelgus šiandieninius mokslininkų atliktus tyrimus ir siūlomus krovininio transporto srautų optimizavimo sprendimus, aiškiai matyti, kad ši problematika yra aktuali šiandieną ir išliks aktuali ateityje, dėl miestų aglomeracijos, ekologinių iššūkių, judumo ribotumo ir bendros gyvenimo kokybės miestuose gerinimo perspektyvų. Miestų logistikos problemos yra sprendžiamos nuo strateginio lygmens iki bendradarbiavimo tarp miesto savivaldybių administracijos ir ūkio subjektų.

Krovinio kelių transporto srautų optimizavimo galimybių tyrimo metu, atlikta respondentų apklausa. Respondentų apklausos duomenys išreikšti skaitinėmis reikšmėmis, pasiskirsto pagal teikiamą pirmenybę. Duomenų apdorojimo tikslas – gauti apibendrintus duomenis tyrimo atlikimui apie krovininio transporto srautų optimizavimo galimybes miesto logistikos sistemoje.

Tyrimo objektas: tyrimui atlikti pasirinkti logistikos srities ekspertai, turintys tiek teorinių žinių, tiek praktinių įgūdžių miestų logistikoje, todėl betarpiškai susiję su krovininio kelių transporto srautų optimizavimo problematika miestuose.

Tyrimo tikslas: atlikus ekspertų apklausą, išsiaiškinti krovininio transporto srautų optimizavimo miestų logistikoje pagrindines problemas ir optimizavimo galimybes. Susistemintus gautus rezultatus sumodeliuoti galimą sprendimą krovininio transporto srautams optimizuoti mieste, kuris, tyrime dalyvavusių ekspertų nuomone, būtų pripažintas tinkamu ir suteiktų realų pagrindą optimaliam krovininio transporto srautų pasiskirstymui miestuose.

Tyrimo uždaviniai:

1. Nustatyti su krovininio kelių transporto srautų optimizavimu miestuose susijusias problemas.
2. Išsiaiškinti krovininio transporto srautų optimizavimo miestų logistikoje galimybes.
3. Išskirti problemas, susijusias su savitarnos terminalų panaudojimu nedideliems kroviniams gabenti pirmoje ar paskutinėje mylioje.
4. Remiantis moksline literatūra ir ekspertų nuomone, pasiūlyti kelių transporto srautų miestų logistikoje optimizavimo modelį, pritaikant savitarnos terminalus, nedidelių krovinų gabenimui.
5. Pagal ekspertų rekomendacijas siūlomą modelį patobulinti.
6. Gauti krovininio transporto srautų optimizavimo miestų logistikoje siūlomam modeliui ekspertų pritarimą.

2.4.1 Tyrimo metodologija

Problematikos ištyrimui krovinių transporto srautų optimizavimo miestų logistikoje taikomas kokybinis tyrimas. Kokybinių tyrimų skiriamųjų bruožų analizė, atlikta remiantis įvairiais šaltiniais, leidžia jį apibūdinti kaip sistemingą, nestruktūrizuotą atvejo ar individų grupės, situacijos ar įvykio tyrimą natūralioje aplinkoje, siekiant suprasti tiriamuosius reiškinius bei pateikti interpretacinį, holistinių jų paaiškinimą (Kardelis, 2007). Tyrime dalyvauja tiriamosios srities ekspertai. Ekspertų apklausos metu apklausama žmonių grupė, kuri pasižymi tam tikros srities žiniomis. Kuo daugiau srities specialistų sudaro ekspertų grupę, tuo didesnis apklausos patikimumas.

Krovinių transporto srautų optimizavimo galimybėms tirti miestų logistikos sistemoje atliekama kokybinė anketinė apklausa.

Anketinės apklausos respondentai yra logistikos sektoriaus ekspertai, įmonių ar įmonių padalinių vadovai, turintys aukštąjį išsilavinimą ir ne mažiau nei 5 metų patirtį, vadovaujant tarptautiniams ir vietiniams vežimams, bei krovinių konsolidavimo ar paskirstymo miestų logistikos sistemoje organizavimo srityje. Anketa siunčiama respondentams elektronine forma per www.apklausa.lt puslapį. Anketa sudaryta pagal bene dažniausiai naudojamą, ranginę klausimų skalę. Tokio grupavimo esmė ta, kad visi atsakymai eina griežta didėjančia arba mažėjančia tvarka (Kardelis, 2007). Su nagrinėjama problema susiję klausimai pateikiami kaip teiginiai arba kriterijai ir reitingavimo būdu nustatomas sutikimo ar pritarimo teiginiui arba kriterijui mastas.

Apklausos metu buvo naudojami statistiniai analizės kriterijai:

- respondentų atsakymų pasiskirstymas;
- pateiktų kriterijų vertinimų vidurkių skaičiavimas.

Tyrimo rezultatai pavaizduoti grafiškai.

Kokybinio tyrimo metu, remiantis ekspertų grupės išreikšta nuomone, nustatoma kokios priežastys lemia krovinių kelių transporto srautų optimizavimo galimybių problematiką miestų logistikos sistemoje ir paneigti arba patvirtinti hipotezę dėl galimybės optimizuoti srautus per savitarnos paslaugas, nedidelių krovinių surinkimui ar distribucijai iš savitarnos terminalų miestų periferijoje.

Ekspertų vertinimo metodo esmė ta, kad ekspertai logiškai analizuoja kurią nors problemą, kiekybiškai vertindami ir formaliai apdorodami duomenis. Pagal ekspertų vertinimus nustatomas jų

nuomonių atitikimo laipsnis tiriamuoju klausimu, bei ekspertų išvadų objektyvumas, kurį lemia esminiai, realūs faktų ir reiškinių ryšiai (Kardelis, 2007).

Išanalizavus krovininio kelių transporto srautų optimizavimo problematiką miestų logistikos sistemoje, atliktas kokybinis tyrimas, atlikta ekspertų apklausa, siekiant išsiaiškinti krovininio transporto srautų pasiskirstymo problemas, išsiaiškinti ir įvertinti miestų logistikos organizavimo galimybių problemas, išsiaiškinti šiuo metu esančią situaciją ir pasiūlyti galimą darbo temos problematikos sprendimo variantą.

Atlikus ekspertų grupės apklausą, gauti rezultatų skaitiniai duomenys apdorojami. Rezultatų duomenys rodo respondentų teikiamą pirmenybę, pagrįstą įgytomis žiniomis ir praktiniu patyrimu. Gauti duomenys apibendrinami. Remiantis apibendrintais duomenimis, atliekamas tyrimas apie krovininio kelių transporto srautų optimizavimo galimybes miestų logistikos sistemoje. Pateikiamos išvados ir rekomendacijos, žvelgiant į ateities perspektyvą.

Tyrimo hipotezė: dėl miestų aglomeracijos krovininio kelių transporto srautai miestų logistikoje didėja, todėl savitarnos terminalų sistemos integravimas į miestų logistiką turės didžiulę reikšmę krovininio transporto srautų optimizavimui ir efektyvesniam transportavimo organizavimui.

Tyrimo eiga: siekiant išnagrinėti išsikeltus tyrimo uždavinius bei nustatyti krovininio kelių transporto optimizavimo miesto logistikoje pagrindines problemas ir optimizavimo galimybes, tyrimas atliktas tokia eiga:

1. Atsižvelgiant į analizuojamos mokslinės literatūros pažvalgą yra susistemunami gauti apklausos duomenys.
2. Pagal gautus ekspertų apklausos duomenis nustatomi veiksniai ir priemonės, lemiančios galimus problemų sprendimus krovininio kelių transporto srautams optimizuoti miestų logistikoje.
3. Apibendrinami rezultatai ir pateikiamos išvados.
4. Remiantis gautais rezultatais pateikiamas koncepcinis modelis krovininio kelių transporto srautų optimizavimui miestų logistikoje.
5. Pateikiamos ekspertų rekomendacijos krovininio kelių transporto srautų optimizavimui miestų logistikoje.

Apklausa raštu: Mokslinių apklausų uždavinys – gauti kuo objektyvesnę informaciją (Kardelis, 2007). Šiam tyrimui pasirinktas apklausos raštu metodas, leidžia lengviau pasiekti respondentus ir

atsakyti į užduotus klausimus, jiems patogiu laiku, neskubant, bei įsigilinant į pateiktą temos problematiką. Apklausa raštu padeda gana greitai surinkti duomenis, reikalingus tyrimui atlikti.

Apklausos raštu pasirinkimo metodą lėmė keli faktoriai:

- Metodas tinkamas moksliniams tyrimams atlikti.
- Leidžia lengvai ir greitai surinkti ekspertinius duomenis.
- Leidžia pasiekti užsibrėžtą tikslą ir įvykdyti tyrime iškeltus uždavinius.

Norint atsakyti, kokios pagrindinės krovininio kelių transporto srautų optimizavimo problemos miestų logistikos sistemoje, jų sprendimai ir galimybės, orientuotasi į tikslinę auditoriją, turinčią pakankamai kompetencijos ir patirties, dirbant miestų logistikos aplinkoje ir galinčią kiek įmanoma objektyviau atsakyti į užduodamus klausimus.

Šis tyrimas yra skirtas nustatyti krovininio kelių transporto optimizavimo galimybių tendencijas ir jų įgyvendinimą praktikoje. Klausimų tikslas - nuodugniau pažinti tiriamąjį reiškinį, gauti išsamesnės informacijos apie elgesio pobūdį (Kardelis, 2007). Atliekant krovininio kelių transporto optimizavimo galimybių miestų logistikos sistemoje tyrimą, respondentams pateikti klausimai susiję su miestų logistika, krovinio transporto įtaką judumui, ekologijai, infrastruktūrai ir visai sistemai. Taip pat pateikti klausimai apie galimas priemones krovininio kelių transporto srautų optimizavimui miesto logistikos sistemoje, galimybę panaudoti nedidelių krovinių vežimams pirmoje ar paskutinėje mylioje savitarnos terminalus, investicijas į ekologišką transportą ir išmaniojo miesto technologijas.

Gauti ekspertų duomenys šiais klausimais panaudojami ne tik šiandieninei situacijai apibendrinti, bet ir yra pagrindas tobulinant sprendimo modelį.

2.4.2 Ekspertų apklausos tyrimo rezultatai

Tyrimo metu buvo apklausta 10 respondentų, logistikos srities ekspertų, turinčių ne mažesnę nei 5 metų tarptautinių krovinių vežimų ir krovinių konsolidavimo bei paskirstymo miestų logistikoje patirtį. Visi ekspertai, dalyvavę apklausoje, turi aukštąjį išsilavinimą, o bendras darbo stažo vidurkis logistikos srityje sudaro beveik 14 metų.

Respondentų buvo klausiama, kurios krovininio transporto priemonės miestų logistikoje kelia daugiausiai problemų judumui ir miesto ekologijai pagal transporto priemonės keliamąją galią. Kiekvieno eksperto pateikti įvertinimai kiekvienam faktoriui (transporto priemonės keliamajai galiai, kg)

buvo susumuoti. Respondentų vertinimai verčiami į rangus pagal formulę $R_{ij} = (n+1) - B_{ij}$ ir surašomi į lentelę.

2.4 lentelė. Respondentų įvertinimų rangavimas

Respondento eil. Nr.	Iki 999	1000- 1499	1500- 2999	3000- 4999	5000- 6999	7000- 9999	10000- 14999	15000 ir daugiau
E1	8	7	6	5	4	3	2	1
E2	8	7	6	5	4	3	2	1
E3	8	5	3	4	6	7	2	1
E4	8	7	6	5	4	3	2	1
E5	8	7	3	6	4	5	2	1
E6	8	7	6	3	5	4	2	1
E7	2	4	3	1	5	6	8	7
E8	7	4	3	2	6	8	5	1
E9	8	7	6	5	4	3	2	1
E10	8	7	6	5	4	3	2	1
Rangų suma $\sum_{i=1}^n R_{ij}$	73	62	48	41	46	45	29	16
Rangų vidurkis $\bar{R}_j = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ij}}{n}$	7,3	6,2	4,8	4,1	4,6	4,5	2,9	1,6
Rangų sumos ir pastovaus dydžio	28	17	3	-4	1	0	-16	-29

skirtumas $\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1)$								
Skirtumo kvadratais $\left[\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1) \right]^2$	784	289	9	16	1	0	256	841

Šaltinis: sudaryta darbo autoriaus pagal respondentų atsakymus

Pagal formulę $W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}$ (1) buvo apskaičiuotas Kendallo konkordancijos koeficientas.

$W = 12 \cdot 2196 / 100 \cdot (512 - 8) = 0,523$, kadangi gautas kaičius yra didesnis už 0,5 reikšmę, galima teigti, kad respondentų nuomonės yra suderintos.

Konkordancijos koeficiento svoris apskaičiuojamas pagal formulę (2) $\chi^2 = n(m-1)W = \frac{12S}{nm(m+1)}$:

$\chi^2 = 12 \cdot 2196 / 10 \cdot 8(8+1) = 36,60$, kadangi apskaičiuota χ^2 reikšmė yra už χ^2_{kr} (18,4753) reikšmę, tai respondentų nuomonė laikoma suderinta, o vidutiniai rangai rodo bendrą nuomonę.

Pagal formulę (3) $W_{\min} = \frac{\chi^2_{v,\alpha}}{n(m-1)}$ buvo apskaičiuota mažiausia konkordancijos koeficiento reikšmė

$$W_{\min} = 18,4753 / 10(8-1) = 0,264 \ll 0,523$$

Skaičiavimai parodė, kad 10-ties respondentų, dėl 8 faktorių, turinčių įtakos miesto logistikos judumui ir ekologijai, nuomonės sutampa ir visų respondentų nuomonė yra apibendrinta.

Buvo apskaičiuoti faktorių, turinčių įtakos miesto logistikos judumui ir ekologijai, svarbumo rodikliai Q_j .

Pirmojo kriterijaus koreliacija apskaičiuojama pagal formulę $\bar{q}_1 = \frac{\bar{R}_1}{\sum_{j=1}^m R_j}$ (4)

Atvirkštinis dydis apskaičiuojamas pagal formulę $d_1 = 1 - \bar{q}_1$ (5)

Gaunamas svorio rodiklis $Q_1 = \frac{d_1}{m-1}$ (6)

Gauti duomenys surašomi į 2.5 lentelę.

Analogiška seka apskaičiuojami rodikliai pagal visus kriterijus ir taip pat surašomi į 6 lentelę.

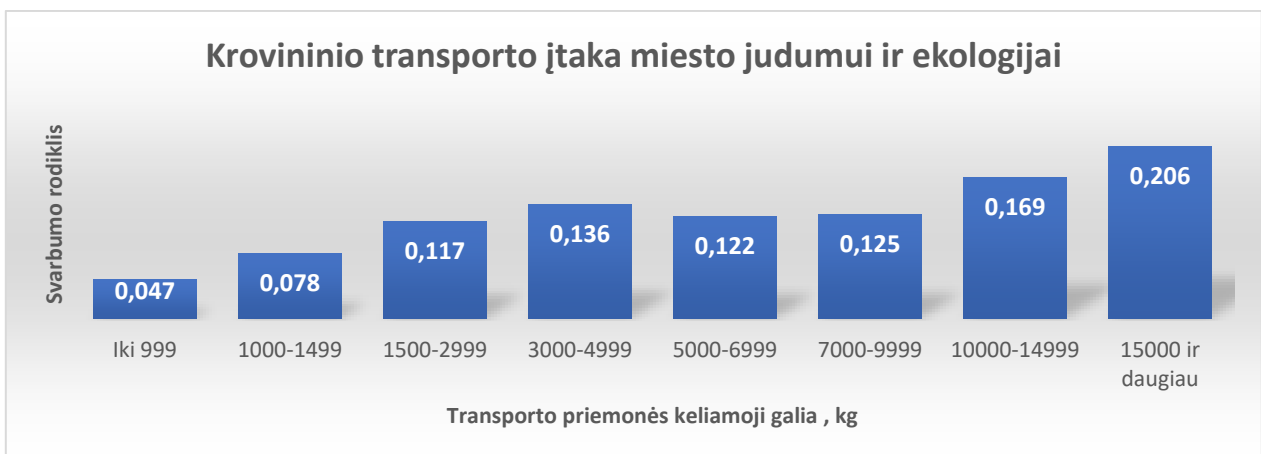
Pagal formulę $\tilde{Q}_i = \frac{\sum_{j=1}^m B_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{ij}}$ (7) buvo apskaičiuoti kiekvieno faktoriaus svarbumo rodikliai ir taip pat surašomi į 2.5 lentelę.

2.5 lentelė. Faktorių pasiskirstymas pagal svarbą

Rodiklio žymuo	Iki 999	1000–1499	1500–2999	3000–4999	5000–6999	7000–9999	10 000–14999	15 000 ir daugiau
q_j	0,203	0,172	0,133	0,114	0,128	0,125	0,081	0,044
d_j	0,797	0,828	0,867	0,886	0,872	0,875	0,919	0,956
Q_j	0,114	0,118	0,124	0,127	0,125	0,125	0,131	0,137
$\tilde{Q}_j$	0,047	0,078	0,117	0,136	0,122	0,125	0,169	0,206
Svarba	8	7	6	3	5	4	2	1

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

Faktorių, turinčių įtakos miesto logistikos judumui ir ekologijai, pasiskirstymas pagal svarbą grafiškai pavaizduotas 2.5 paveiksle.



2.5 pav. Kelių transporto priemonių įtaka judumui ir ekologijai miesto logistikoje

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

Tyrimo metu buvo siekiama nustatyti, kurios krovinio transporto priemonės miestų logistikoje kelia daugiausiai problemų judumui ir miesto ekologijai pagal transporto priemonės keliamąją galią. Respondentai 8 balų sistemoje vertino kiekvienos transporto priemonės įtaką (1 – mažiausia įtaka; 4 – vidutinė įtaka; 8 – didžiausia įtaka (atsakymai negali kartotis)). Kendall konkordancijos koeficientas 0,523 parodo nuomonių suderinamumą. Remiantis respondentų gautais atsakymais ir apskaičiuotais svarbumo rodikliais, galima teigti, kad mažiausią įtaką miesto judumui ir ekologijai daro transporto priemonės, kurių keliamoji galia yra iki 999 kg ir 1000–1499 kg (Svarbumo rodiklis 0,047 ir 0,078). Reiktų atkreipti dėmesį, kad šios transporto priemonės yra lengviausiai pakeičiamos į ekologiškas, elektra varomas priemones. Tuo tarpu daugiausiai problemų judumui ir ekologijai miestuose kelia 15000 ir daugiau kg keliamosios galios transportas (svarbumo rodiklis 0,206).

Respondentų buvo klausiama kurios krovinio transporto priemonės miestų logistikoje kelia daugiausiai problemų miesto infrastruktūrai ir visai miesto logistikos sistemai, pagal transporto priemonės keliamąją galią. Kiekvieno eksperto pateikti įvertinimai kiekvienam faktoriui (transporto priemonės keliamajai galiai, kg) buvo susumuoti. Respondentų vertinimai verčiami į rangus pagal formulę $R_{ij} = (n+1) - B_{ij}$ ir surašomi į 2.6 lentelę.

2.6 lentelė. Respondentų įvertinimų rangavimas

Respondento eil. Nr.	Iki 999	1000- 1499	1500- 2999	3000- 4999	5000- 6999	7000- 9999	10000-14 999	15 000 ir daugiau
E1	8	7	6	5	4	3	1	2
E2	8	7	3	4	5	6	2	1
E3	8	7	6	5	4	3	2	1
E4	8	7	6	5	4	3	2	1
E5	4	3	8	5	7	6	2	1
E6	8	7	6	5	2	4	3	1
E7	2	3	4	1	5	6	7	8
E8	8	7	3	5	6	4	2	1
E9	6	8	7	5	4	3	2	1

E10	8	7	6	5	3	4	2	1
Rangų suma $\sum_{i=1}^n R_{ij}$	68	63	55	45	44	42	25	18
Rangų vidurkis $\bar{R}_j = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ij}}{n}$	6,8	6,3	5,5	4,5	4,4	4,2	2,5	1,8
Rangų sumos ir pastovau s dydžio skirtuma s $\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1)$	23	18	10	0	-1	-3	-20	-27
Skirtum o kvadrata s $\left[\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1) \right]^2$	529	324	100	0	1	9	400	729

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

Pagal formulę $W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}$ (8) buvo paskaičiuotas Kendallo konkordancijos koeficientas.

$W = 12 \cdot 2092 / 100 \cdot (512 - 8) = 0,498$, kadangi gautas skaičius yra arti 0,5 reikšmės, galima teigti, kad respondentų nuomonės yra suderintos.

Konkordancijos koeficiento svoris apskaičiuojamas pagal formulę $\chi^2 = n(m-1)W = \frac{12S}{nm(m+1)}$: (9)

$\hat{p} = 12 \cdot 2092 / 10 \cdot 8(8+1) = 34,87$, kadangi apskaičiuota $\hat{p}$ reikšmė yra už χ_{kr}^2 (18,4753) reikšmę, tai respondentų nuomonė laikoma suderinta, o vidutiniai rangai rodo bendrą nuomonę.

Pagal formulę $W_{\min} = \frac{\chi_{\nu, \alpha}^2}{n(m-1)}$: (10) buvo apskaičiuota mažiausia konkordancijos koeficiento reikšmė

$$W_{\min} = 18,4753 / 10(8-1) = 0.264 < 0,498$$

Skaiciavimai parodė, kad 10-ties respondentų, dėl 8 faktorių, turinčių įtakos miesto infrastruktūrai ir visai miesto logistikos sistemai, nuomonės sutampa ir visų respondentų nuomonė yra apibendrinta.

Buvo paskaičiuoti faktorių, įtakojančių miesto logistikos judumą ir ekologiją, svarbumo rodikliai Q_j .

Pirmo kriterijaus koreliacija apskaičiuojama pagal formulę $\bar{q}_1 = \frac{\bar{R}_1}{\sum_{j=1}^m R_j}$ (11)

Atvirkštinis dydis paskaičiuojamas pagal formulę $d_1 = 1 - \bar{q}_1$ (12)

Gaunamas svorio rodiklis $Q_1 = \frac{d_1}{m-1}$ (13)

Gauti duomenys surašomi į 2.7 lentelę.

Analogiška seka paskaičiuojami rodikliai pagal visus kriterijus ir taip pat surašomi į 2.7 lentelę.

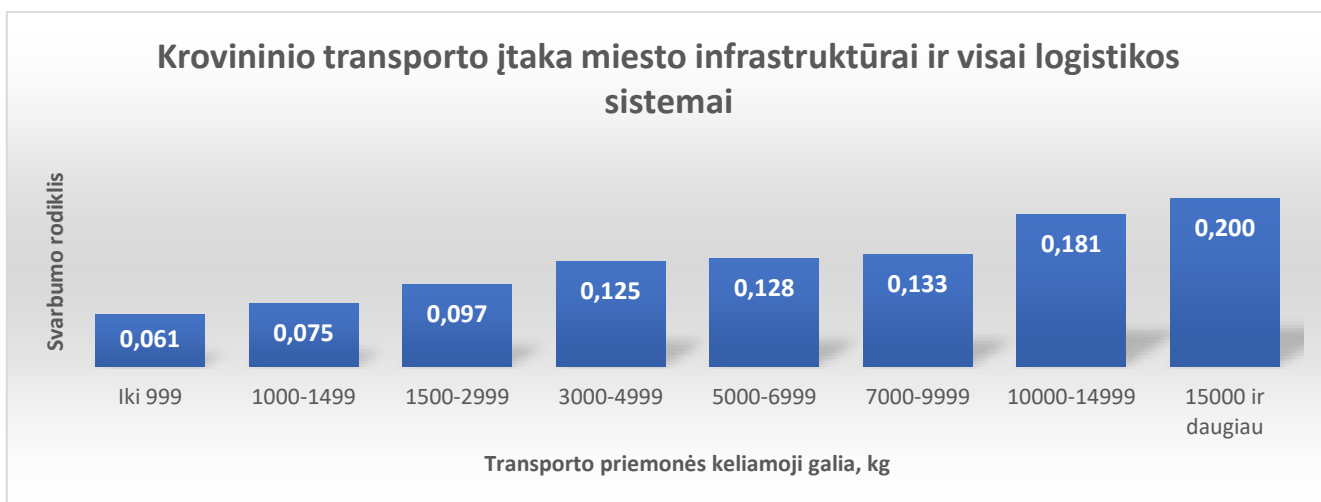
Pagal formulę $\tilde{Q}_i = \frac{\sum_{j=1}^m B_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{ij}}$ (14) buvo apskaičiuoti kiekvieno faktoriaus svarbumo rodikliai ir taip pat supildyti į 8 lentelę.

2.7 lentelė. Faktorių pasiskirstymas pagal svarbą

Rodiklio žymuo	Iki 999	1000-1499	1500-2999	3000-4999	5000-6999	7000-9999	10000-14999	15000 ir daugiau
$\bar{q}_j$	0,189	0,175	0,153	0,125	0,122	0,117	0,069	0,050
d_j	0,811	0,825	0,847	0,875	0,878	0,883	0,931	0,950
Q_j	0,116	0,118	0,121	0,125	0,125	0,126	0,133	0,136
$\tilde{Q}_j$	0,061	0,075	0,097	0,125	0,128	0,133	0,181	0,200
Svarba	8	7	6	5	4	3	2	1

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

Faktorių, darančių įtaką miesto infrastruktūrai ir visą miesto logistikos sistemą, pasiskirstymas pagal svarbą grafiškai pavaizduotas darbo 2.6 paveiksle.



2.6 pav. Kelių transporto priemonių įtaka infrastruktūrai ir visai miesto logistikos sistemai

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

Tyrimo metu buvo siekiama nustatyti kurios krovininio transporto priemonės miestų logistikoje kelia daugiausiai problemų miesto infrastruktūrai ir visai miesto logistikos sistemai, pagal transporto priemonės keliamąją galią. Respondentai 8 balų sistemoje vertino kiekvienos transporto priemonės įtaką (1 – mažiausia įtaka; 4 – vidutinė įtaka; 8 – didžiausia įtaką (atsakymai negali kartotis)). Kendall konkordancijos koeficientas 0,498 parodo nuomonių suderinamumą. Remiantis respondentų gautais atsakymais ir paskaičiuotais svarbumo rodikliais, galima teigti, kad mažiausią įtaką miesto infrastruktūrai ir visai miesto logistikos sistemai daro transporto priemonės, kurių keliamoji galia yra iki 999 kg, 1000-1499 kg ir 1500 -2999 kg (rodikliai 0,061, 0,075 ir 0,097). Tuo tarpu daugiausiai problemų infrastruktūrai ir visai miesto logistikos sistemai kelia 15 000 kg ir didesnės keliamosios galios transportas (svarbumo rodiklis 0,2).

Respondentų buvo klausiama, kurie veiksniai turi didžiausią įtaką miesto logistikos sistemai. Kiekvieno eksperto pateikti įvertinimai kiekvienam faktoriui buvo susumuoti. Respondentų vertinimai verčiami į rangus pagal formulę $R_{ij} = (n + 1) - B_{ij}$ ir surašomi į 2.8 lentelę.

2.8 lentelė. Respondentų įvertinimų rangavimas

Respondento eil. Nr.	Miesto kelių	Eismo reguliavimas	Teisinis reguliavimas	Miesto geografinis	Ūkio subjektų	Inovacijos ir informacija	Bendradarbiavimas	Bendradarbiavimas tarp miesto
----------------------	--------------	--------------------	-----------------------	--------------------	---------------	---------------------------	-------------------	-------------------------------

	infrastruktūra			išsidėstymas	geografinis išsidėstymas	cinės technologijos	tarp ūkio subjektų	administracijos ir ūkio subjektų
E1	3	1	7	2	5	6	8	4
E2	1	2	3	4	5	6	7	8
E3	2	1	8	3	6	7	5	4
E4	1	2	3	8	7	6	5	4
E5	1	3	8	2	7	6	5	4
E6	1	2	6	7	8	4	5	3
E7	1	2	7	4	5	8	6	3
E8	2	3	4	5	6	8	6	7
E9	4	5	7	1	2	8	6	3
E10	2	4	7	1	8	3	6	5
Rangų suma $\sum_{i=1}^n R_{ij}$	18	25	60	37	59	62	59	45
Rangų vidurkis $\bar{R}_j = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ij}}{n}$	1,8	2,5	6	3,7	5,9	6,2	5,9	4,5
Rangų sumos ir pastovaus dydžio skirtumas $\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1)$	-27	-20	15	-8	14	17	14	0
Skirtumo kvadratas $\left[\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1) \right]^2$	729	400	225	64	196	289	196	0

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

Pagal formulę $W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}$ (15) buvo paskaičiuotas Kendall konkordancijos koeficientas.

$W = 12 \cdot 2099 / 100 \cdot (512 - 8) = 0,500$, kadangi gautas kaičius yra lygus 0.5 reikšmei, galima teigti, kad respondentų nuomonės yra suderintos.

Konkordancijos koeficiento svoris apskaičiuojamas pagal formulę $\chi^2 = n(m-1)W = \frac{12S}{nm(m+1)}$: (16)

$\hat{p} = 12 \cdot 2099 / 10 \cdot 8(8+1) = 34,98$, kadangi apskaičiuota $\hat{p}$ reikšmė yra už χ_{kr}^2 (18,4753) reikšmę, tai respondentų nuomonė laikoma suderinta, o vidutiniai rangai rodo bendrą nuomonę.

Pagal formulę $W_{\min} = \frac{\chi_{v,\alpha}^2}{n(m-1)}$: (17) buvo paskaičiuota mažiausia konkordancijos koeficiento reikšmė

$$W_{\min} = 18,4753 / 10(8-1) = 0.264 < 0,500$$

Skaiciavimai parodė, kad 10-ties respondentų, dėl 8 faktorių, įtakančių miesto logistikos judumą ir ekologiją, nuomonės sutampa ir visų respondentų nuomonė yra apibendrinta.

Buvo paskaičiuoti faktorių, darančių įtaką miesto logistikos judumą ir ekologiją, svarbumo rodikliai Q_i .

Pirmo kriterijaus koreliacija apskaičiuojama pagal formulę $\bar{q}_1 = \frac{\bar{R}_1}{\sum_{j=1}^m R_j}$ (18)

Atvirkštinis dydis paskaičiuojamas pagal formulę $d_1 = 1 - \bar{q}_1$ (19)

Gaunamas svorio rodiklis $Q_1 = \frac{d_1}{m-1}$: (20)

Gauti duomenys surašomi į 2.9 lentelę.

Analogiška seka paskaičiuojami rodikliai pagal visus kriterijus ir taip pat supildomi į 2.9 lentelę.

Pagal formulę $\tilde{Q}_i = \frac{\sum_{j=1}^m B_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{ij}}$ (21) buvo paskaičiuoti kiekvieno faktoriaus svarbumo rodikliai ir taip pat supildyti į 2.9 lentelę.

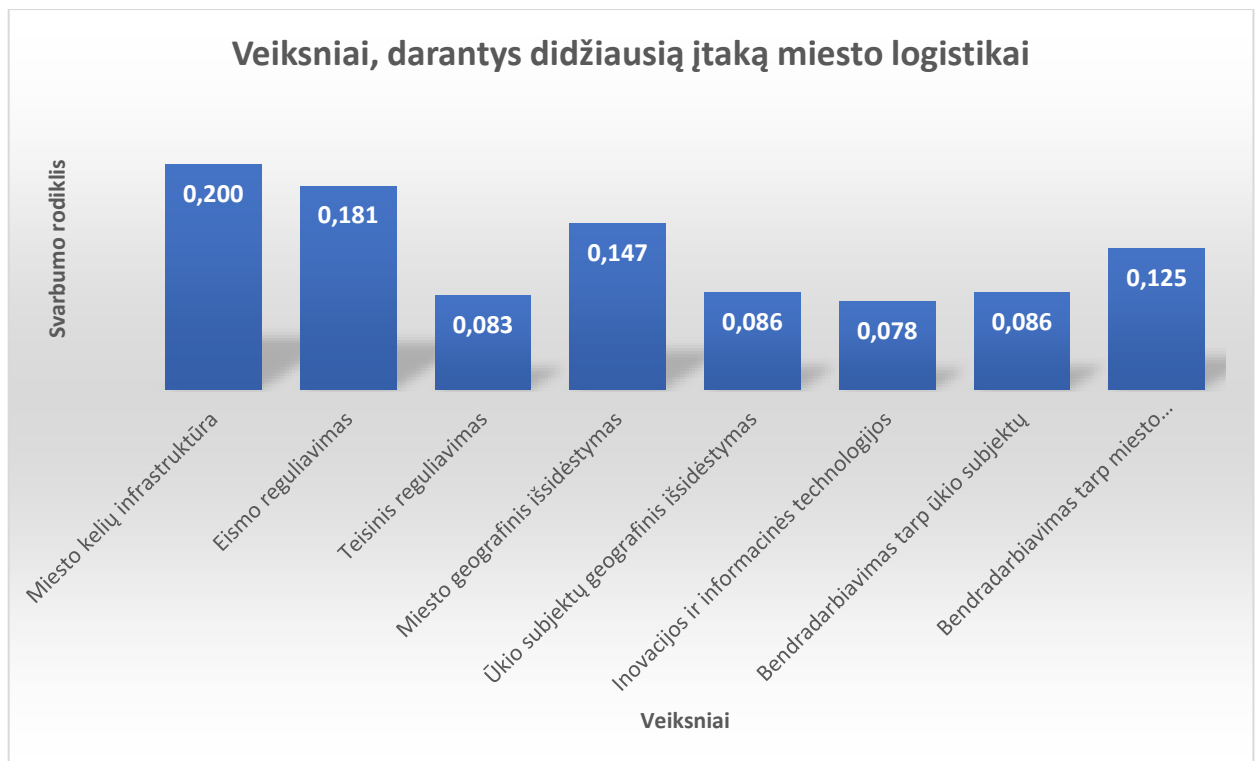
2.9 lentelė. Faktorių pasiskirstymas pagal svarbą

Rodiklio žymuo	Miesto kelių infrastruktūra	Eismo reguliavimas	Teisinis reguliavimas	Miesto geografinis išsidėstymas	Ūkio subjektų geografinis išsidėstymas	Inovacijos ir informacinės technologijos	Bendradarbiavimas tarp ūkio subjektų	Bendradarbiavimas tarp miesto administracijos ir ūkio subjektų
----------------	-----------------------------	--------------------	-----------------------	---------------------------------	--	--	--------------------------------------	--

$\bar{q}_j$	0,049	0,068	0,164	0,101	0,162	0,170	0,162	0,123
d_j	0,951	0,932	0,836	0,899	0,838	0,830	0,838	0,877
Q_j	0,136	0,133	0,119	0,128	0,120	0,119	0,120	0,125
$\tilde{Q}_j$	0,200	0,181	0,083	0,147	0,086	0,078	0,086	0,125
Svarba	1	2	7	3	5	8	6	4

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

Faktorių, turinčių įtaką miesto logistikos judumui ir ekologijai, pasiskirstymas pagal svarbą grafiškai pavaizduotas 2.7 paveiksle.

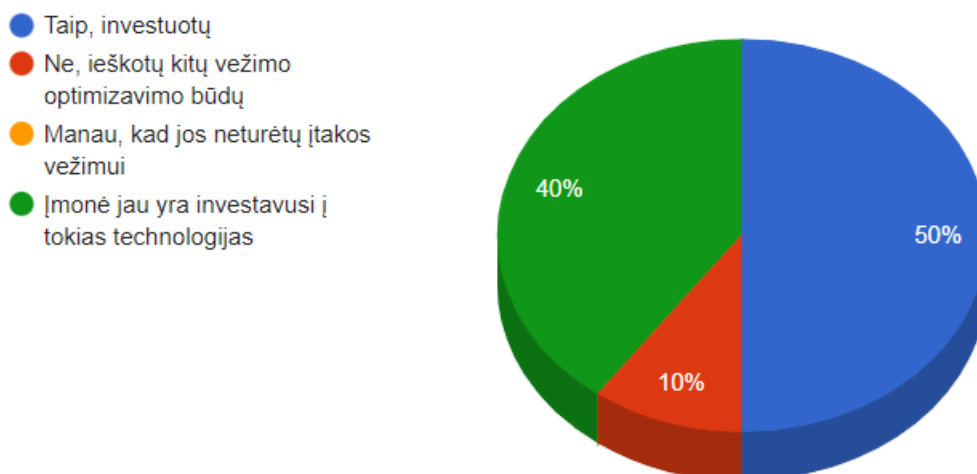


2.7 pav. Veiksniai, turintys didžiausią įtaką miesto logistikos sistemai

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

Tyrimo metu buvo siekiama nustatyti kurie veiksniai turi didžiausią įtaką miesto logistikos sistemai. Respondentai 8 balų sistemoje vertino kiekvieno veiksnio įtaką (1 – mažiausia įtaka; 4 – vidutinė įtaka; 8 – didžiausia įtaką (atsakymai negali kartotis)). Kendall konkordancijos koeficientas 0,5 parodo nuomonių suderinamumą. Remiantis respondentų gautais atsakymais ir paskaičiuotais svarbumo

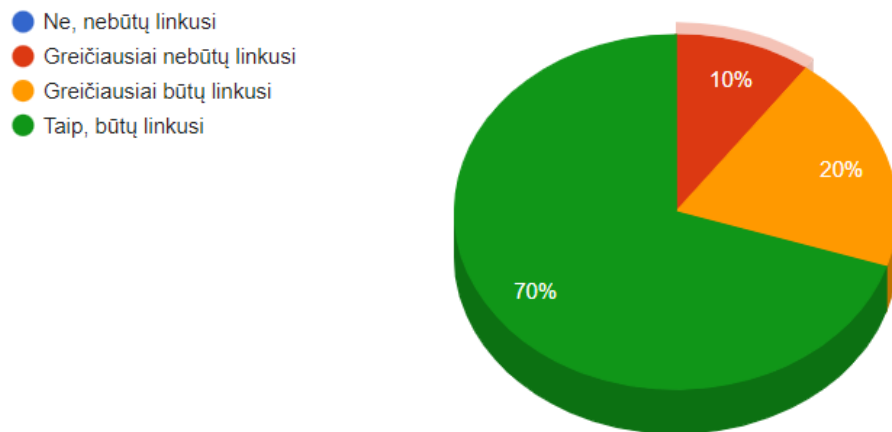
rodikliais, galima teigti, kad šiuo metu teisinis reguliavimas, ūkio subjektų geografinis išsidėstymas, inovacijos ir informacinės technologijos ir bendradarbiavimas tarp ūkio subjektų daro mažesnę įtaką miestų logistikai (atitinkamai svarbumo rodikliai pasiskirstė 0,083; 0,086; 0,078 ir 0,086). Tuo tarpu didžiausią įtaką, ekspertų nuomone, miestų logistikai daro eismo reguliavimas ir miesto kelių infrastruktūra (rodikliai 0,181 ir 0,2).



2.8 pav. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas pagal tai, ar įmonės investuotų į naujas informacines technologijas, tobulinančias krovinių vežimą miesto logistikoje

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

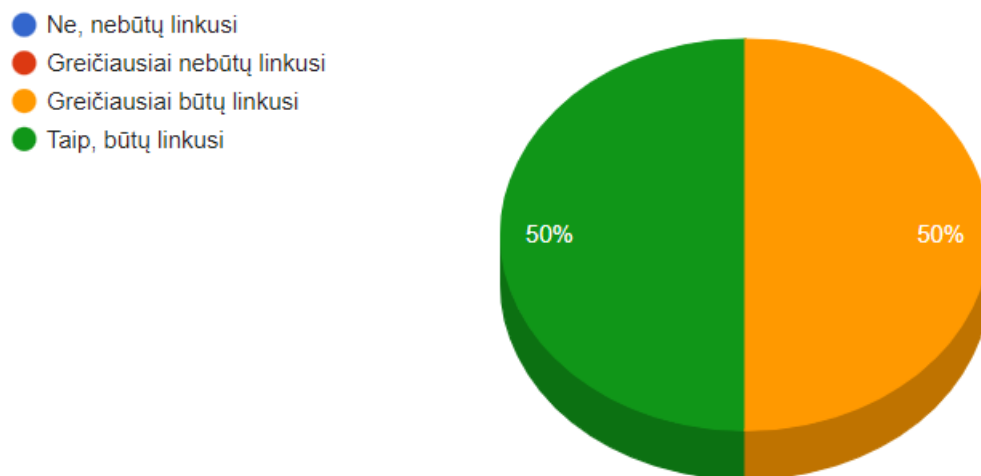
Apklausoje metu ekspertų buvo prašoma nurodyti kiek įmonės pasirengusios investuoti į naujas informacines technologijas, tobulinančias krovinių vežimą miesto logistikoje. Respondentų atsakymai pasiskirstė gana aiškiai. 50 % respondentų pritarė tokiai iniciatyvai ir net 40 % dalis jau yra investavusi į tokias technologijas. Tik 10 % respondentų ieškotų kitų alternatyvų krovinių transporto srautų optimizavimui miestų logistikoje. Galima teigti, įmonėms rūpi krovinių transporto srautų optimizavimas, diegiant informacines technologijas vežimams organizuoti pirmoje ar paskutinėje mylioje.



2.9 pav. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas pagal tai, ar įmonės būtų linkusios savarankiškai pasiimti ar pristatyti nedidelius krovinius į terminalus miesto periferijoje

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

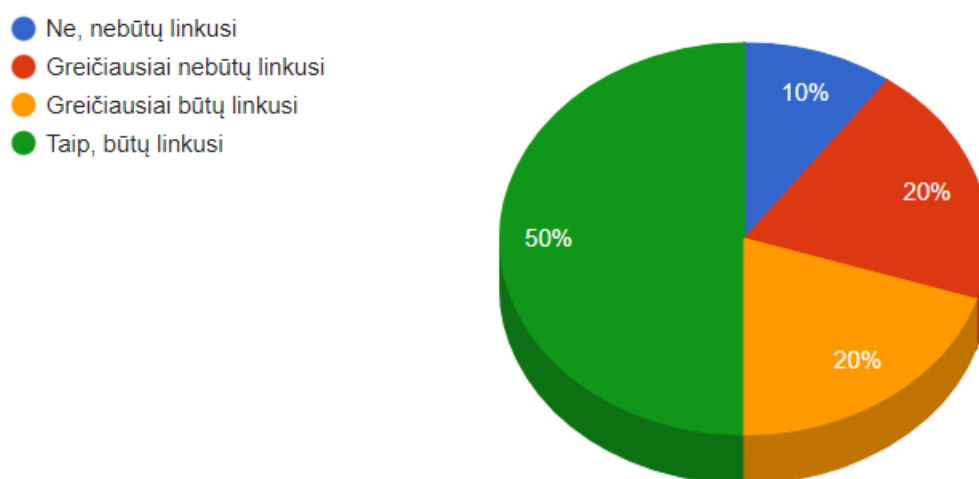
Apklausos metu ekspertų buvo prašoma nurodyti kiek įmonės būtų linkusios savarankiškai pasiimti ar pristatyti nedidelius krovinius į terminalus miesto periferijoje. Respondentų atsakymai pasiskirstė gana aiškiai. Net 70 % respondentų pritarė tokiai iniciatyvai, 20 % respondentų greičiausiai tam pritartų. Galima teigti, įmonės yra pasirengusios savarankiškai pasiimti ar pristatyti nedidelius krovinius į terminalus miesto periferijoje.



2.10 pav. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas pagal tai, ar įmonės būtų linkusios kooperuotis, parsivežant ar pristatant krovinius į terminalus miesto periferijoje

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

Apklausos metu ekspertų buvo prašoma nurodyti kiek įmonės pasirengusios kooperuotis, parsivežant ar pristatant krovinius į terminalus miesto periferijoje. Respondentų atsakymai pasiskirstė taip pat gana aiškiai. 50 % respondentų pritarė tokiai iniciatyvai, o likusi 50 % dalis nurodė, kad įmonės greičiausiai būtų linkusios kooperuotis. Tai parodo bendrą tendenciją, kad įmonėms yra svarbus bendradarbiavimas, konsoliduojant krovinius ar vykdant krovinių paskirstymą iš miesto periferijoje esančių terminalų.



2.11 pav. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas pagal tai, ar įmonės būtų linkusios naudotis elektromobiliais, parsivežant ar pristatant krovinius į terminalus miesto periferijoje

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

Apklausos metu ekspertų buvo prašoma nurodyti kiek įmonės yra suinteresuotos naudotis elektra varomais automobiliais, parsivežant ar pristatant krovinius į terminalus miesto periferijoje. Dauguma respondentų 50 % nurodė, kad tai yra prioritetas, 20 % respondentų nurodė, kad įmonės greičiausiai taip pat pasinaudotų tokia galimybe. Toks ekspertų nuomonių pasiskirstymas parodo ūkio subjektų interesą naudotis ekologišku transportu, atliekant transportavimo operacijas miesto logistikos sistemoje.

Respondentų buvo klausiama kurie iš veiksnių turėtų didžiausią įtaką miesto logistikos sistemos optimizavimui. Kiekvieno eksperto pateikti įvertinimai kiekvienam faktoriui buvo susumuoti. Respondentų vertinimai verčiami į rangus pagal formulę $R_{ij} = (n+1) - B_{ij}$ ir surašomi į 2.10 lentelę.

2.10 lentelė. Respondentų įvertinimų rangavimas

Respondento eil. Nr.	Draudi- mas sunkia- jam trans- portui patekti į miesto centrinę dalį	Ekologi- jos mokestis krovini- niam transpor- tui mieste	Valsty- bės skatini- mas, įsigyjant ekologi- škas trans- porto priemo- nes	Stam- bių ūkio subje- ktų iškėli- mas į miesto perife- riją	Valstybės skatini- mas, diegiant informa- cines technolo- gijas ir jungiantis prie išmanaus miesto sistemos	Mokesti- nės lengvatos ūkio subjek- tams kooperuo- jantis tarpusavy- je, krovinių vežimui miesto teritorijoje	Logisti- kos kompani- jų pajungi- mas į vieningą informa- cinę sistemą miesto krovinių vežimuo- se	Nedide- lių savitar- nos termina- lų tinklo sukūri- mas miesto periferi- joje
E1	3	1	5	4	8	7	2	6
E2	1	2	4	6	8	5	7	3
E3	2	3	1	8	5	7	6	4
E4	1	3	2	8	6	5	7	4
E5	1	2	8	3	6	4	7	5
E6	2	3	1	4	6	8	7	5
E7	1	2	3	5	7	8	6	4
E8	1	4	7	6	8	5	3	2
E9	5	6	3	7	8	2	4	1
E10	1	2	4	5	7	8	6	3
Rangų suma $\sum_{i=1}^n R_{ij}$	18	28	38	56	69	59	55	37
Rangų vidurkis $\bar{R}_j = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ij}}{n}$	1,8	2,8	3,8	5,6	6,9	5,9	5,5	3,7
Rangų sumos ir pastovaus	-27	-17	-7	11	24	14	10	-8

dydžio skirtumas $\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1)$								
Skirtumo kvadratas $\left[\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1) \right]^2$	729	289	49	121	576	196	100	64

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

Pagal formulę $W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}$ (22) buvo paskaičiuotas Kendall konkordancijos koeficientas.

$W = 12 \cdot 2124 / 100 \cdot (512 - 8) = 0,506$, kadangi gautas kaičius yra didesnis už 0.5 reikšmę, galima teigti, kad respondentų nuomonės yra suderintos.

Konkordancijos koeficiento svoris apskaičiuojamas pagal formulę $\chi^2 = n(m-1)W = \frac{12S}{nm(m+1)}$: (23)

$\chi^2 = 12 \cdot 2124 / 10 \cdot 8(8+1) = 35,40$, kadangi apskaičiuota χ^2 reikšmė yra už χ^2_{kr} (18,4753) reikšmę, tai respondentų nuomonė laikoma suderinta, o vidutiniai rangai rodo bendrą nuomonę.

Pagal formulę $W_{\min} = \frac{\chi^2_{\alpha}}{n(m-1)}$: (24) buvo paskaičiuota mažiausia konkordancijos koeficiento reikšmė

$$W_{\min} = 18,4753 / 10(8-1) = 0.264 < 0,506$$

Skaičiavimai parodė, kad 10-ties respondentų, dėl 8 faktorių, įtakančių miesto logistikos sistemos optimizavimą, nuomonės sutampa ir visų respondentų nuomonė yra apibendrinta.

Buvo paskaičiuoti faktorių, įtakančių miesto logistikos sistemos optimizavimą, svarbumo rodikliai Q_j .

Pirmo kriterijaus koreliacija apskaičiuojama pagal formulę $\bar{q}_1 = \frac{\bar{R}_1}{\sum_{j=1}^m R_j}$ (25)

Atvirkštinis dydis paskaičiuojamas pagal formulę $d_1 = 1 - \bar{q}_1$ (26)

Gaunamas svorio rodiklis $Q_1 = \frac{d_1}{m-1}$: (27)

Gauti duomenys surašomi į 2.11 lentelę.

Analogiška seka paskaičiuojami rodikliai pagal visus kriterijus ir taip pat supildomi į 2.11 lentelę.

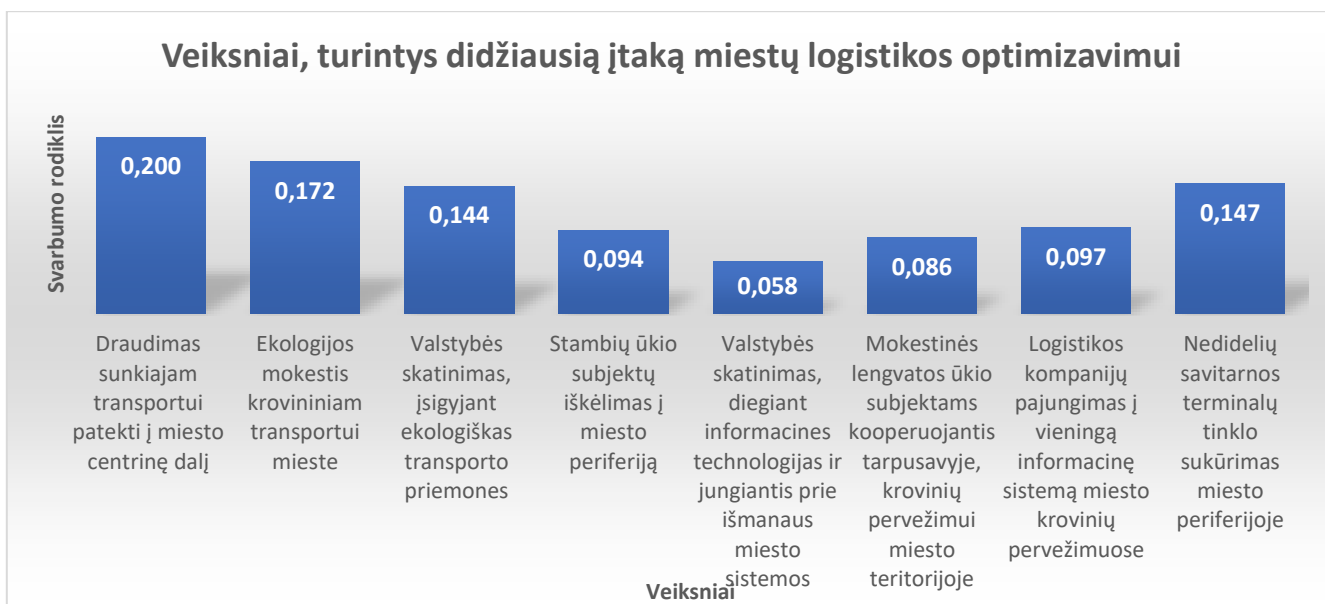
Pagal formulę $\tilde{Q}_i = \frac{\sum_{j=1}^m B_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{ij}}$ (28) buvo paskaičiuoti kiekvieno faktoriaus svarbumo rodikliai ir taip pat supildyti į 2.11 lentelę.

2.11 lentelė. Faktorių pasiskirstymas pagal svarbą

Rodiklio žymuo	Draudimas sunkiajame transportui patekti į miesto centrinę dalį	Ekologijos mokestis kroviniams transportu mieste	Valstybės skatinimas, išsivysčiusi ekologiškas transporto priemonės	Stambių ūkio subjektų iškelimas į miesto periferiją	Valstybės skatinimas, diegiant informacines technologijas ir jungiantis prie išmanaus miesto sistemos	Mokestinės lengvatos ūkio subjektams kooperuojantis tarpusavyje, krovinių vežimui miesto teritorijoje	Logistikos kompanijų pajungimas į vieningą informacinę sistemą miesto krovinių vežimuose	Nedidelių savitarnos terminalų tinklo sukūrimas miesto periferijoje
q_j	0,050	0,078	0,106	0,156	0,192	0,164	0,153	0,103
d_j	0,950	0,922	0,894	0,844	0,808	0,836	0,847	0,897
Q_j	0,136	0,132	0,128	0,121	0,115	0,119	0,121	0,128
$\tilde{Q}_j$	0,200	0,172	0,144	0,094	0,058	0,086	0,097	0,147
Svarba	1	2	4	6	8	7	6	3

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

Faktorių, darančių didžiausią įtaką miesto logistikos sistemos optimizavimui, pasiskirstymas pagal svarbą grafiškai pavaizduotas 2.12 paveiksle.



2.12 pav. Veiksniai, darantys didžiausią įtaką miesto logistikos sistemos optimizavimui

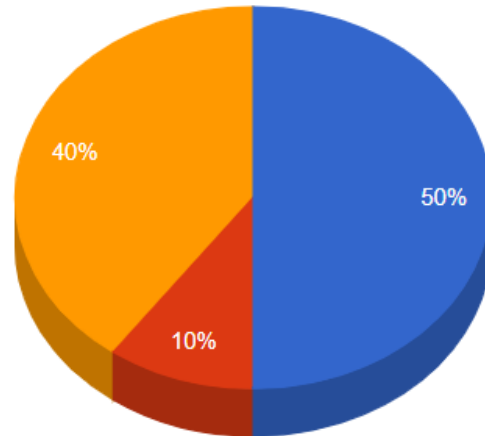
Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

Tyrimo metu buvo siekiama nustatyti, kokie veiksniai daro didžiausią įtaką logistikos sistemos optimizavimui. Respondentai 8 balų sistemoje vertino kiekvienos transporto priemonės įtaką (1 – mažiausia įtaka; 4 – vidutinė įtaka; 8 – didžiausia įtaka (atsakymai negali kartotis)). Kendall konkordancijos koeficientas 0,506 parodo nuomonių suderinamumą. Remiantis respondentų gautais atsakymais ir apskaičiuotais svarbumo rodikliais, galima teigti, kad didžiausią įtaką miesto logistikos sistemos optimizavimui daro draudimas miesto transportui patekti į miesto centrinę dalį (rodiklis 0,2) ir ekologinis mokestis krovininiam transportui mieste (rodiklis 0,172). Kiti pagal svarbą yra nedidelių savitarnos terminalų tinklo sukūrimas miesto periferijoje (rodiklis 0,147), valstybės skatinimas, įsigyjant ekologiškas transporto priemones (rodiklis 0,144), toliau seka logistikos įmonių įsijungimas į bendrą informacinę sistemą miesto krovinių vežimuose (rodiklis 0,097). Tokie rezultatai parodo, kad strateginis valstybės vaidmuo yra labai laukiamas ir svarbus, priimant ir taikant įvairias reguliavimo ir skatinimo priemones krovininio kelių transporto srautų optimizavimo problemoms miesto logistikos sistemoje spręsti.

Respondentai taip pat nurodė, kokios, jų manymu, papildomos priemonės padėtų spręsti krovinio kelių transporto srautų optimizavimo problemas miestų logistikos sistemoje. Susisteminus atsakymus galima pateikti keletą pagrindinių priemonių:

- krovinio transporto judėjimo ribojimas tam tikromis valandomis, savaitgaliais ir švenčių dienomis;
- Tranzitinio transporto srauto nukreipimas aplinkkeliais;
- Smulkių krovinių pristatymas dronais

- Taip, pritartų
- Ne, tam būtų per didelės investicijos
- Manau, kad tai nebūtų patrauklu
- Įmonė jau siūlo tokią priemonę savo klientams



2.13 pav. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas, pagal tai ar įmonės naudotų savitarnos terminalus užmiesčio logistikos centruose pirmos ir pakutinės mylios etape

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

Apklausoje metu ekspertų buvo prašoma nurodyti kiek įmonės yra būtų suinteresuotos naudotis savitarnos terminalais užmiesčio logistikos centruose pirmos ir pakutinės mylios etape. Didžioji dauguma respondentų, 50 % pateikė atsakymą, jog tokiai priemonei pritaria, tačiau 40 % ekspertų kelia abejonę ar tai būtų patrauklu. Tik 10 % nepritaria tokiai idėjai. Toks nuomonių išsiskyrimas parodo, kad siūloma priemonė yra gana inovatyvi ir jos patrauklumas kol kas kelia tam tikras abejones. Pripratimas naudotis logistikos kompanijų paslaugomis kelia mažiau rūpesčių ūkio subjektams, organizuojant transportavimą, bei krovinių nukrovimą ar pasiėmimą iš terminalų.



2.14 pav. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas, pagal tai ar įmonės investuotų į ekologišką transportą, nedidelių krovinių surinkimui ar paskirstymui

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal respondentų atsakymus

Apklausoje metu, ekspertų buvo prašoma nurodyti kiek ūkio subjektai būtų linkę investuoti į ekologišką transportą, nedidelių krovinių surinkimui ar distribucijai. Didžioji dauguma respondentų, teigia, kad įmonė jau yra investavusi į ekologiškas transporto priemones arba pritartų tokioms investicijoms. Atsakymai pasidalino po 30 %. Tačiau nemaža dalis, 40 % nurodė, kad tokioms investicijoms yra reikalinga valstybės pagalba. Apibendrinant gautus rezultatus galima teigti, kad ūkių subjektams rūpi miesto ekologija ir jie pasiruošę prie to prisidėti patys arba padedant valstybei.

2.5 GAUTŲ DUOMENŲ APIBENDRINAMOJI ANALIZĖ

Remiantis atliktos apklausos rezultatais daromos išvados, kurios padės suformuoti galimo sprendimo modelį, krovininio kelių transporto srautų optimizavimui miestų logistikos sistemoje. Susisteminius gautus ekspertų atsakymus galima išskirti esminius punktus modelio formavimui:

- Miesto logistikoje krovininio transporto srautams optimizuoti ir ekologiniam klimatui gerinti, reikia naudoti mažos keliamosios galios transporto priemones iki 999 kg, 1000–1499 kg ir 1500–2999 kg. Tokios keliamosios galios, elektra varomas krovines transporto priemones, įvairūs gamintojai, jau siūlo rinkoje.

- Miesto logistikos sistema labiausiai priklauso nuo miesto infrastruktūros ir eismo reguliavimo. Miesto infrastruktūra turi būti nuolatos tobulinama, siekiant optimizuoti krovinių transporto srautus.
- Įmonėms rūpi krovinių transporto srautų optimizavimas, diegiant informacines technologijas vežimų organizavimui pirmoje ar paskutinėje mylioje.
- Įmonės yra pasirengusios savarankiškai pasiimti ar pristatyti nedidelius krovinius į terminalus miesto periferijoje.
- Įmonėms yra svarbus bendradarbiavimas, konsoliduojant krovinius ar vykdant krovinių distribuciją iš miesto terminalų periferijoje.
- Ūkio subjektai naudoja ekologišką transportą, atliekant transportavimo operacijas miesto logistikos sistemoje.
- Strateginis valstybės vaidmuo yra labai laukiamas ir svarbus, priimant ir taikant įvairias skatinimo priemones, krovinių kelių transporto srautų optimizavimo problemoms miesto logistikos sistemoje spręsti.
- Savitarnos terminalų miesto periferijoje idėja yra gana patraukli, tačiau dėl inovatyvumo, kelia abejones ar bus pritraukta pakankamai vartotojų.
- Ūkių subjektams rūpi miesto ekologija ir jie yra pasiruošę prie to prisidėti patys, savo investicijomis į ekologišką transportą arba padedant valstybei.

3. KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ OPTIMIZAVIMO MIESTUOSE MODELIS

3.1 SIŪLOMO MODELIO AKTUALUMAS IR NAUJUMAS

Mokslinių šaltinių analizė ir atliktas tyrimas išryškino pagrindines gaires krovininio kelių transporto srautų optimizavimo modelio sukūrimui. Šiuolaikinė miesto logistika turi aiškų poreikį lankstumui, greičiui, patikimumui, ekonomiškumui ir ekologijai. Remiantis mokslininkų atliktais tyrimais buvo nustatyta, kad šiems miesto logistikos poreikiams patenkinti yra būtinas efektyvus valdymas, inovatyvumas, analizė ir planavimas, integruotas ir koordinuotas informacijos ir sprendimų priėmimo valdymas, informacinių technologijų vertinimas ir taikymas, bei miesto logistikos sistemoje veikiančių subjektų bendradarbiavimas.

Kuriant modelį, atsižvelgta į ekspertų nuomonę dėl būtinumo naudoti ekologiškas, mažos keliamosios galios transporto priemones iki 999 kg, 1000–1499 kg ir 1500–2999 kg krovininio transporto srautams optimizuoti ir ekologiniam klimatui gerinti miesto logistikoje. Dėl tyrimo metu patvirtinto ūkio subjektų rūpesčio transporto srautų optimizavimui ir noro dalyvauti, bei bendradarbiauti miesto gyvenimo kokybės gerinimo procese modelio kūrimui, buvo pasitelkta savitarnos terminalų miesto centrinės dalies periferijoje idėja, kaip galimybė nedidelių krovininių vežimams pirmoje ar paskutinėje mylioje.

3.2 REIKALINGI VEIKSNIAI MODELIUI SUKURTI

Krovininio kelių transporto srautų optimizavimo miestuose analizė ir tyrimas išryškino pagrindinius veiksnius, turinčius didžiausią įtaką miesto logistikos sistemos optimizavimui, kuriuos būtų galima suskirstyti į tris pagrindines sąveikaujančias grupes – bendradarbiavimą, reguliavimą ir pritaikytą infrastruktūrą. Tačiau viena iš esminių sąlygų – sistema turėtų veikti vieningoje informacijos valdymo platformoje.

Reguliavimas. Remiantis respondentų gautais atsakymais ir paskaičiuotais svarbumo rodikliais, naudojant Kendalo konkordancijos metodą, nustatyta, kad didžiausią įtaką miesto logistikos sistemos optimizavimui daro draudimas miesto transportui patekti į miesto centrinę dalį (rodiklis 0,2) ir ekologinis mokestis krovininiam transportui mieste (rodiklis 0,172). Kitaip tariant, miesto logistikos sistemos optimizavimo pagrindinis veiksnys yra valstybinis reguliavimas.

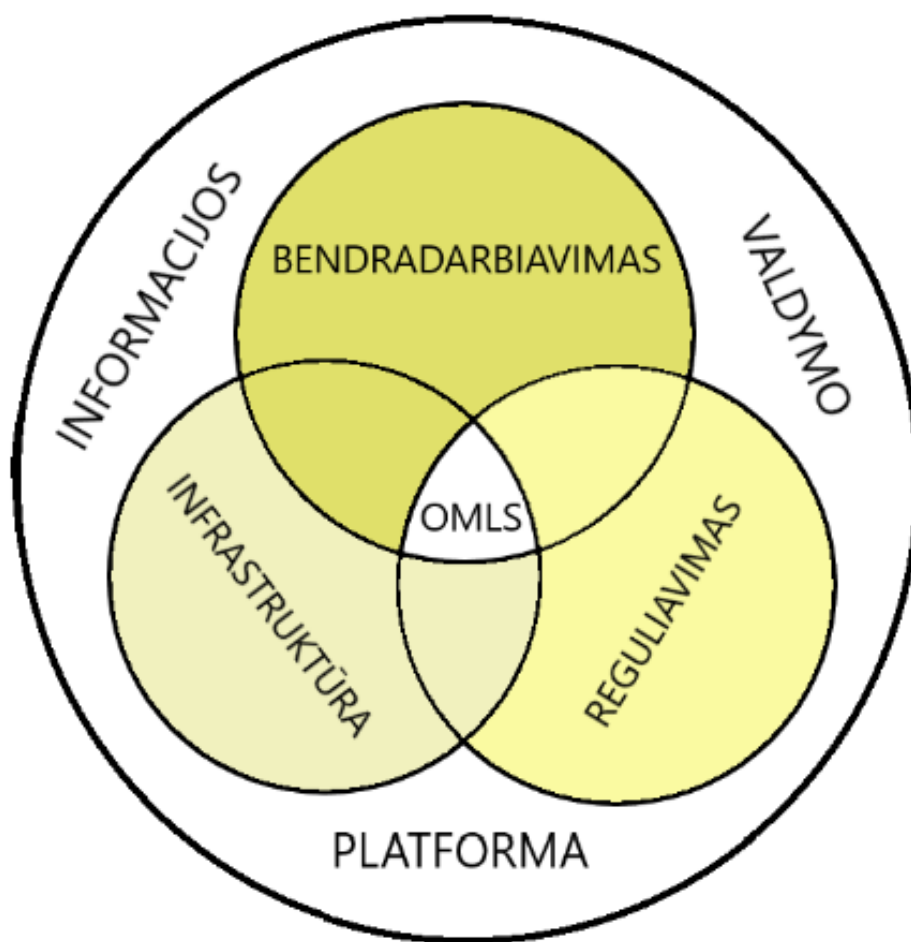
Valstybinis strateginis vaidmuo yra labai laukiamas ir svarbus, priimant ir taikant įvairias reguliavimo ir skatinimo priemones krovininio kelių transporto srautų optimizavimo problemoms miesto logistikos sistemoje spręsti. Miestų savivaldybės turėtų prisiimti atsakomybę už kokybišką miesto logistikos sistemos sukūrimą ir palaikymą.

Tyrimas parodė, kad valstybės skatinimas įsigyti ekologiškas transporto priemones (rodiklis 0,144) būtų stimulus ūkio subjektams rūpintis miesto ekologija ir gyvenimo kokybe. Remiantis respondentų gautais atsakymais ir paskaičiuotais svarbumo rodikliais, nustatyta, kad mažiausią įtaką miesto infrastruktūrai ir visai miesto logistikos sistemai daro transporto priemonės, kurių keliamoji galia yra iki 999 kg, 1000–1499 kg ir 1500–2999 kg (rodikliai 0,061, 0,075 ir 0,097). Tokios transporto priemonės galėtų būti panaudojamos nedidelių krovininių surinkimui ar paskirstymui per savitarnos terminalus. Taip pat reiktų atkreipti dėmesį, kad šiuo metu tokios keliamosios galios transporto priemonės jau yra varomos elektros varikliais, o tai ženkliai prisideda prie miestų ekologinės būklės gerinimo.

Infrastruktūra. Krovininis transportas yra mažiausiai pageidaujamas miesto centrinėje dalyje, nes būtent ten jis sukelia daugiausiai problemų dėl savo gabaritų, taršos, įsibėgėjimo bei stabdymo greičio. Transporto judėjimo srautus lemia sukurta miesto infrastruktūra, kelių pralaidumas, eismo reguliavimas, prekybos vietų, pramonės centrų ir logistikos centrų išsidėstymas. Kad krovininis transportas kuo mažiau judėtų chaotiškai per miesto teritoriją, reikalinga tinkama infrastruktūra krovinio transporto srautų optimizavimui. Tyrimas atskleidė, kad tokiai funkcijai atlikti būtų naudingas nedidelių savitarnos terminalų tinklo sukūrimas miesto periferijoje (rodiklis 0,147). Tokio tipo terminalai turėtų būti išdėstyti miesto centrinės dalies pakraščiuose, atsižvelgiant į ūkio subjektų koncentraciją ir geografinį išsidėstymą. Terminalų funkcionavimas ir aptarnavimas turėtų būti deleguotas logistikos kompanijoms, turinčioms logistikos sandėlius už miesto teritorijos ribų. Į savitarnos terminalus miesto centrinėje dalyje ūkio subjektai galėtų gabenti nedidelius krovininius nustatytais transporto kanalais.

Bendradarbiavimas. Miestų logistikoje veikiančių subjektų bendradarbiavimas, kooperavimasis, dalinimasis, keitimasis informacija ir resursais, tai vienas svarbiausių veiksnių, siekiant sukurti optimizuotą krovininio transporto srautų sistemą miesto logistikoje. Be viešojo ir privataus sektoriaus bendradarbiavimo, atitinkamos infrastruktūros pritaikymo ir jos palaikymo, tokį tikslą pasiekti būtų be galo sudėtinga. Tyrimo rezultatai patvirtino, kad itin didelę įtaką miesto logistikos sistemai, be reguliavimo ir miesto kelių infrastruktūros (rodikliai 0,181 ir 0,2), daro ūkio subjektų geografinis išsidėstymas ir bendradarbiavimas tarp ūkio subjektų tarpusavyje, bei tarp ūkio subjektų ir miesto savivaldybės (atitinkamai svarbumo rodikliai pasiskirstė 0,147, 0,086 ir 0,125). Svarbu paminėti, kad

privataus ir viešojo sektoriaus bendradarbiavimas yra būtinas ne tik priimant reguliavimo, bet ir investicinius sprendimus. Taip pat, tyrimas atskleidė, kad įmonės pasirengusios kooperuotis, parsivežant ar pristatant krovinius į terminalus miesto periferijoje. Respondentų atsakymai pasiskirstė taip pat gana aiškiai. 50% respondentų pritarė tokiai iniciatyvai, o likusi 50 % dalis nurodė, kad įmonės greičiausiai būtų linkusios kooperuotis. Tai parodo bendrą tendenciją, kad įmonėms yra svarbus bendradarbiavimas, konsoliduojant krovinius ar vykdant krovinių paskirstymą iš miesto periferijoje esančių terminalų.



3.1 pav. Pagrindinių veiksnių, nuo kurių priklauso krovinių transporto srautų pasiskirstymas miesto logistikos sistemoje, sąveikos schema

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis atlikto tyrimo rezultatais

Informacijos valdymo platforma. Susisteminus tyrimo rezultatus galima pateikti pagrindinių veiksnių, nuo kurių priklauso krovinių transporto srautų pasiskirstymas miesto logistikos sistemoje, sąveikos schemą, pavaizduotą 3.1 paveiksle. Visų trijų aukščiau minėtų veiksnių tarpusavio sąveiką

turėtų užtikrinti tam sukurta informacijos valdymo platforma, kuri sudarytų sąlygas kurti optimizuotą miesto logistikos sistemą (OMLS). Itin svarbus veiksnys yra logistikos kompanijų, ūkio subjektų, savivaldybės reguliuotojo ir miesto transporto infrastruktūros susijungimas į bendrą informacinę sistemą miesto krovinių vežimuose (rodiklis 0,097). Vieninga sistema sudarytų galimybę ūkio subjektams matyti planuojamus gabenti krovinius į savitarnos terminalą ir padėtų jiems kooperuotis, dalinantis transporto resursais. Per bendrą informacijos valdymo platformą ūkio subjektai galėtų suformuoti kiekvieno krovinio identifikacinę kortelę bei važtaraščius. Savitarnos terminalą aptarnaujanti logistikos kompanija turėtų gauti informaciją apie atvykstančius į konkretų terminalą krovinius, jų išmatavimus, kiekius, svorius, siuntėjus, gavėjus ir paskirties adresus. Sistema turėtų užtikrinti krovinių sekimo funkciją. Savivaldybės administracija, matydama realius krovinių transporto srautus mieste, galėtų priimti atitinkamus sprendimus miesto logistikos sistemai toliau tobulinti.

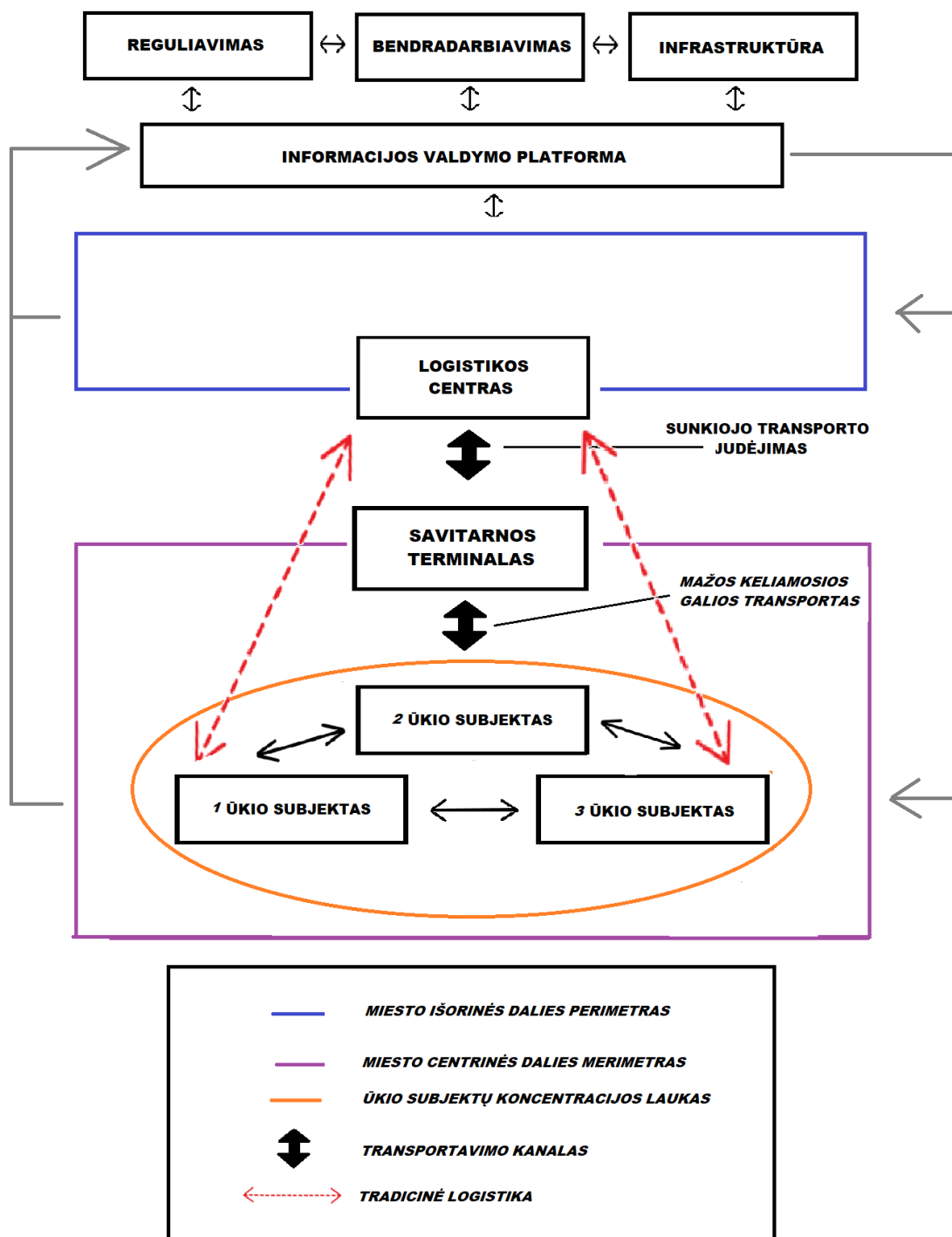
3.3 KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ OPTIMIZAVIMO MIESTUOSE, PANAUDOJANT SAVITARNOS TERMINALUS, MODELIS

Mokslinės literatūros šaltinių analizė ir atlikto tyrimo rezultatai padėjo suformuoti krovinių kelių transporto srautų optimizavimo miesto logistikoje modelį, pavaizduotą 3.2 paveiksle. Tam, kad būtų galima suformuoti modelį ir jis funkcionuotų yra būtina išvardintų veiksmų sąveika:

- reguliavimas;
- infrastruktūra;
- bendradarbiavimas;
- procesų ir informacijos valdymas per vieningą informacijos valdymo platformą.

Siūlomo mokslinio modelio veikimas paremtas pagrindinių veiksmų sąveika per bendrą informacijos valdymo platformą.

KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ OPTIMIZAVIMO MODELIS MIESTO LOGISTIKOJE



3.2 pav. Krovinių transporto srautų optimizavimo miesto logistikos sistemoje modelis

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis atlikto tyrimo rezultatais

Modelio struktūra suskirstyta į dvi pagrindines zonas, vaizduojančias miesto centrinę dalį ir miesto išorinę dalį. Modelyje šios zonos apibrėžtos skirtingomis spalvomis, žyminčiomis:

- miesto centrinės dalies perimetrą;
- miesto išorinės dalies perimetrą.

Miesto centrinės dalies perimetras. Miesto centrinėje dalyje veikiantys ūkio subjektai (nedidelės įmonės, prekybininkai, paslaugų teikėjai), vykdančys veiklą vienoje miesto geografinėje teritorijoje, pagal koncentracijos kiekį turėtų būti suskirstomi į kelis ūkio subjektų koncentracijos laukus. Štai šioje vietoje yra ypatingai svarbus skirtingų ūkio subjektų bendradarbiavimas ir kooperavimasis, sprendžiant prekių tiekimo klausimus. Bendradarbiavimui užtikrinti būtų naudojama bendra informacijos valdymo platforma, per kurią ūkio subjektai keistųsi informacija apie turimus krovinius, laisvą vietą transporto priemonėje, planuojamus krovinių paruošimo gabenimui laikus ir kita svarbia informacija. Taip pat per šią platformą būtų formuojami užsakymai logistikos įmonei tolimesniam krovinių vežimui iš savitarnos terminalo į galutinį paskirties tašką.

Priklausomai nuo ūkio subjektų koncentracijos tam tikroje miesto centrinės dalies geografinėje teritorijoje, miesto centrinės dalies perimetre turėtų būti įkurtas atitinkamas skaičius savitarnos terminalų. Tokia infrastruktūra turėtų sudaryti galimybę nustatyti tam tikrus krovinių transporto kanalus miesto centrinėje dalyje, palengvinti krovinių transporto reguliavimą ir eliminuoti chaotišką jo judėjimą centrinės dalies teritorijoje. Šį reguliavimą turėtų įgyvendinti ir kontroliuoti miesto savivaldybė. Tuo pačiu, siekdamos taupyti resursus, įmonės, esančios miesto centrinėje dalyje, turėtų bendradarbiauti tarpusavyje ir kooperotis, pervežant kelių įmonių krovinis viena transporto priemone. Kooperuodamiesi tarpusavyje, ūkio subjektai turėtų nedidelius krovinis savarankiškai pristatyti į savitarnos terminalus arba iš jų parsivežti ir paskirstyti kaimynams. Sunkiojo krovinių transporto įvažiavimas į centrinę miesto dalį turėtų būti draudžiamas arba itin ribojamas.

Nedidelių krovinių vežimo funkcijai atlikti galėtų būti nesunkiai pritaikytas nedidelės krovos ekologiškas transportas.

Informacija apie savitarnos terminaluose koncentruojamus krovinis būtų valdoma per bendrą informacijos platformą. Prie šios platformos prisijungusios logistikos kompanijos būtų atsakingos už joms priskirtų savitarnos terminalų aptarnavimą už miesto centrinės dalies perimetru.

Miesto išorinės dalies perimetras. Miesto išorinės dalies perimetre logistikos kompanijos dažniausiai yra įsisteigusios logistikos centrus, kuriuose koncentruoja dalinius krovinius, vykdo jų žymėjimą, rūšiavimą, pakavimą, paskirstymą, atlieka muitinės procedūras ir kitas logistikos paslaugas. Logistikos centrai yra puiki vieta krovinių surinkimui iš savitarnos terminalų ir pristatymo organizavimui į tolimesnes paskirties vietas arba priešingai, atvežti ūkio subjektams, vykdančiams veiklą miesto centrinėje dalyje, skirtus krovinius į savitarnos terminalus.

Vienas iš savitarnos terminalų privalumų būtų ūkio subjektų laisvas laiko planavimas, nepriklausomai nuo logistikos kompanijų transporto judėjimo grafikų. Taip pat logistikos kompanijų transporto planavimas nebūtų priklausomas nuo klientų fiksuotų laikų pakrovimui ar iškrovimui.

Tačiau svarbiausia, kad pritaikius šį krovininio transporto srautų optimizavimo modelį miesto logistikos sistemoje, sunkusis transportas išvengtų patekimo į centrinę miesto dalį, o dėl ūkio subjektų kooperavimosi sumažėtų mažos keliamosios galios krovininio transporto srautas centrinėje miesto dalyje. Padedant valstybiniam reguliavimui ir tikslingam skatinimui, miestų centrinėje dalyje galėtų judėti ekologiškos transporto priemonės. O nusistovėjus krovinių reguliarumui per transportavimo kanalus, būtų galima svarstyti apie autonominių automobilių pritaikymą miesto logistikoje.

Modelio veikimo principas. Pagrindinis modelio veikimo principas paremtas ūkio subjektų, veikiančių miesto centrinėje dalyje bendradarbiavimu ir kooperavimusi, savarankiškai pervežant nedidelius krovinius į savitarnos terminalus, esančius miesto centrinės dalies periferijoje, mažos keliamosios galios automobiliais.

Didesnės keliamosios galios krovinis transportas juda tik miesto išorinėje dalyje tarp savitarnos terminalų ir logistikos centrų, nepatekdamas į miesto centrinę dalį.

Modelio pritaikymo tikėtinas efektas:

- Sukiojo transporto eliminavimas iš centrinės miesto dalies arba jo ženklus apribojimas.
- Mažos keliamosios galios transporto srautų sumažėjimas dėl kooperavimosi.
- Tikslingas ekologiškų transporto priemonių panaudojimas.
- Laisvas laiko planavimas, nepriklausomai nuo logistikos kompanijų transporto judėjimo grafikų.
- Transportavimo kanalų pritaikymas autonominėms transporto priemonėms.

3.4 EKSPERTINIO VERTINIMO METODIKA

Sukurtas modelis buvo pateiktas ekspertų vertinimui. Ekspertinis vertinimas buvo atliktas apklausos metodu. Modelio aprobacijai buvo sudaryta anketa iš penkių klausimų kuriais buvo siekiama išsiaiškinti modelio taikymo efektyvumą ir tinkamumą. Vertinime dalyvavo tie patys 10 ekspertų, kurių pagalba buvo atliktas krovininio kelių transporto srautų optimizavimo galimybių tyrimas miestų logistikoje ir nustatyti pagrindiniai veiksniai įtakojantys krovininio transporto srautus miestuose.

Visi parinkti logistikos srities ekspertai turi ne mažesnę nei 5 metų tarptautinių krovininių vežimų ir krovininių konsolidavimo bei paskirstymo miestų logistikoje patirtį. Keli ekspertai yra įgiję patirtį didelėse tarptautinėse kompanijose, veikiančiose visame pasaulyje. Visi turi aukštąjį išsilavinimą, o bendras darbo stažo vidurkis logistikos srityje sudaro beveik 14 metų.

3.5 EKSPERTINIO VERTINIMO REZULTATAI

Ekspertams buvo užduotas klausimas, ar pristatytas modelis būtų efektyvus, siekiant didesnio krovininio transporto srautų optimizavimo miesto logistikos sistemoje. Ekspertų nuomonė šiuo klausimu buvo vieninga ir jie patvirtino, kad pristatytas modelis būtų efektyvus. Ekspertų nuomone modelis leistų optimizuoti krovininio transporto srautus, mažinti CO₂ emisiją, padėti taupyti lėšas kelių renovavimui, bei leistų vystyti šią strategiją ateityje. Ekspertai pabrėžė reguliavimo ir stiprios bei aiškos vizijos, ateinančios iš vietos savivaldos ar valstybinio lygio būtinumą.

Antru klausimu ekspertų buvo prašoma įvertinti ar savitarnos terminalų sistemos įdiegimas miesto centrinės dalies perimetre būtų tinkama priemonė krovininio transporto srautų optimizavimui miesto logistikos sistemoje. Ekspertų nuomonės šiuo klausimu taip pat neišsiskyrė ir vieningai buvo patvirtintas modelio tinkamumas. Daugelio ekspertų nuomone, modelio taikymas leistų pagerinti ne tik transporto srautų pralaidumą, bet ir užtikrintų žaliajo krovininio transporto patekimą į miesto centrinę dalį. Taip pat, padėtų eliminuoti sunkųjų transportą. Pagerėtų krovinio transporto krovimo panaudojimas. Krovinių siuntėjai galėtų pasirinkti optimaliai patogią terminalo vietą ir supaprastėtų krovinių išsiuntimas ar gavimas. Tai leistų sutaupyti laiko tiek transporto kompanijoms, tiek klientams. Kaip gerą pavyzdį ekspertai pateikė smulkių siuntų terminalų plėtrą, kuomet kooperavimasis, bendradarbiavimas ir parama

šiai veiklai vykdyti ir įgyvendinti lėmė puikius rezultatus. Transporto priemonės sparčiai keičiamos į elektromobilius.

Trečiuoju klausimu buvo prašoma ekspertų nuomonės ar nuomone modelyje integruotų veiksmų - reguliavimo, bendradarbiavimo ir infrastruktūros sąveikos per vieningą informacinę platformą pakanka pristatytam modeliui funkcionuoti. Ekspertai atkreipė dėmesį, kad informacijos valdymas per vieningą informacijos valdymo platformą, būtų efektyvus tik jei reguliuotojas sukurtų tam sąlygas. Taip pat, reiktų įvertinti tarpusavio atsiskaitymų sureguliovimą (supaprastinimą) tarp ūkio subjektų miesto centrinėje dalyje.

Ekspertų buvo prašoma įvardyti, kokie galimi modelio diegimo trikdžiai. Pagrindiniai pastebėjimai tokie:

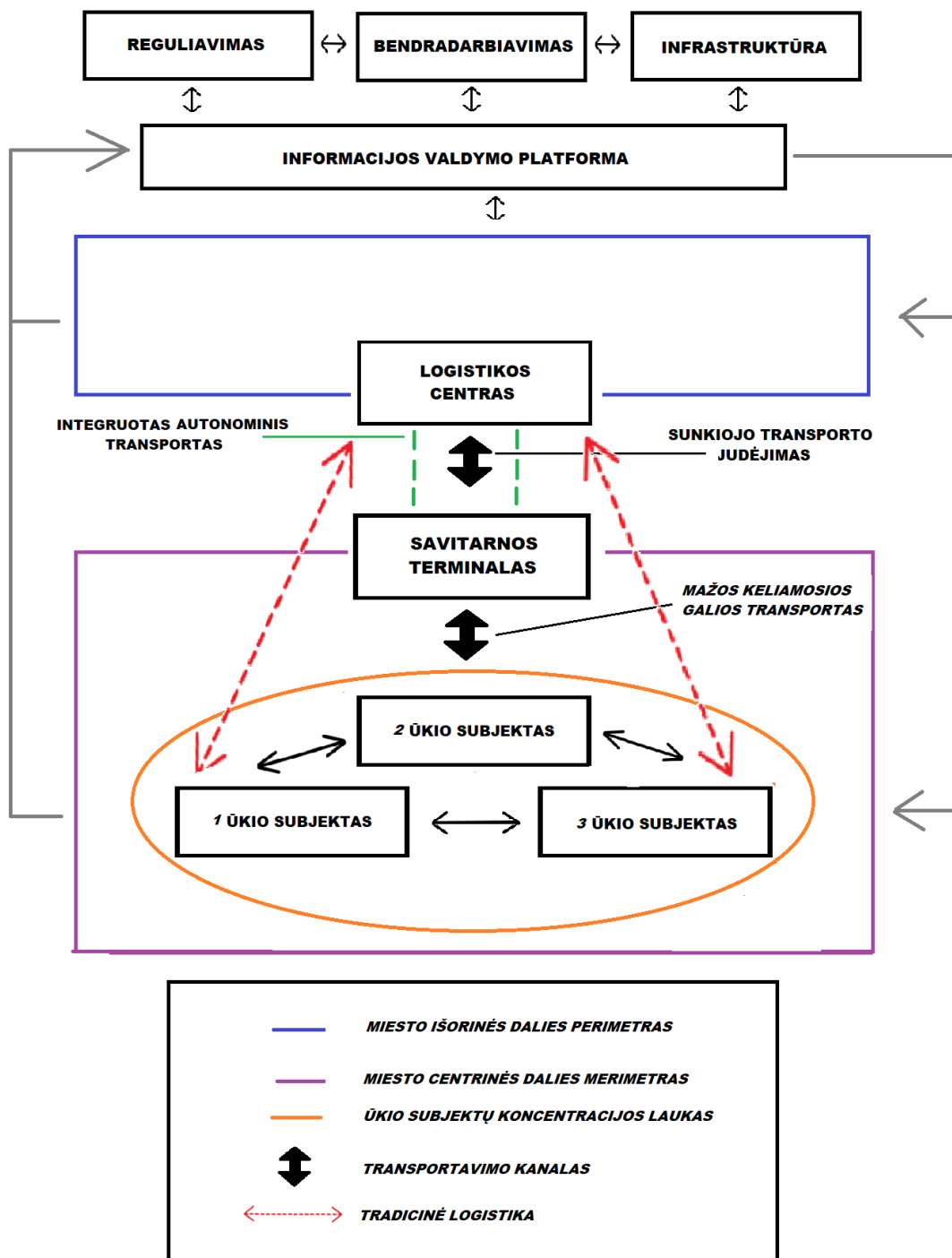
- Reguliuotojo aiškos vizijos ir strategijos neturėjimas.
- Ūkio subjektų nenoras bendradarbiauti.
- Nepakankamas finansavimas ir investavimas į infrastruktūrą, savitarnos terminalus.
- Logistikos kompanijų konkurencija dėl modelio administravimo.
- Biurokratiniai trikdžiai.

Paskutiniu klausimu ekspertų buvo prašoma pateikti pastebėjimus ar pasiūlymus modeliui gerinti. Vienas iš pastebėjimų, kad modelis yra labai priklausomas nuo įstatyminės bazės. Taip pat buvo atkreiptas dėmesys, kad modelis yra tinkamas autonominio, elektra varomo, krovinio transporto pritaikymui.

3.6 APROBUOTAS MOKSLINIS MODELIS

Atlikus ekspertinį vertinimą, buvo atsižvelgta į modelio tinkamumą ne tik ekologiško transporto pritaikymui, bet ir autonominio transporto integravimui į transportavimo kanalą tarp savitarnos terminalų ir logistikos centrų. Kadangi tarp šių taškų gali būti vykdomi reguliarūs ir nusistovėję vežimai pastoviais maršrutais, susidaro puiki terpė panaudoti visas inovacijas autonominio transporto integravimui. Modelis, papildytas ekspertų siūlymu, pateikiamas 3.3 paveiksle. Reiktų pabrėžti, kad ekologiškas transportas galėtų būti naudojamas tiek miesto centrinėje dalyje, tiek ir tarp savitarnos terminalo ir logistikos centro.

KROVININIO KELIŲ TRANSPORTO SRAUTŲ OPTIMIZAVIMO MODELIS MIESTO LOGISTIKOJE



3.3 pav. Aprobuotas krovininio transporto srautų optimizavimo miesto logistikos sistemoje modelis

Šaltinis: sudaryta autoriaus remiantis atlikto tyrimo rezultatais

IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

1. Mokslinės literatūros analizė išryškino keletą mokslininkų siūlomų sprendimų krovinio transporto srautams optimizuoti:
 - Valdymo efektyvinimas, diegiant inovacijas tiek į reguliavimą mieste, tiek į ekologinius sprendimus.
 - Informacinių technologijų panaudojimas ir tobulinimas informacijai valdyti, koordinuoti ir kontrolei užtikrinti.
 - Infrastruktūros plėtojimas, pasitelkiant inovatyvius sprendimus ir informacines technologijas.
 - Didelių terminalų užmiestyje ir mažų paskirstymo centrų išsidėstymas, atsižvelgiant į prekybos centrų ir pramonės rajonų vietą.
 - Miestų logistikoje veikiančių subjektų bendradarbiavimas, kooperavimasis, dalijimasis, keitimasis informacija ir resursais.
2. Tyrimo rezultatai išryškino prioritetinius veiksmus miesto logistikos sistemos optimizavimui:
 - mažos keliamosios galios transporto priemonių naudojimas;
 - miesto infrastruktūros tobulinamas;
 - informacinių technologijų diegimas;
 - savarankiškas nedidelių krovinių gabenimas į terminalus miesto periferijoje;
 - įmonių bendradarbiavimas;
 - ekologiškas transportas;
 - strateginis valstybės vaidmuo.

Savitarnos terminalų miesto periferijoje idėja yra gana patraukli, tačiau dėl inovatyvumo kelia abejonių, ar bus pritraukta pakankamai vartotojų.
3. Atliktas tyrimas patvirtino hipotezę, kad krovinio kelių transporto srautų optimizavimui miestų logistikoje sprendimas galėtų būti savitarnos paslaugos, nedidelių krovinių surinkimui ar distribucijai per savitarnos terminalus miestų periferijoje. Įmonės naudotų ekologiškas, mažesnės keliamosios galios transporto priemones ir kooperuotųsi krovinių surinkimui ar paskirstymui.
4. Siekiant optimizuoti krovinio transporto srautus, miesto infrastruktūra turi būti nuolatos tobulinama, o transportavimo operacijoms turi būti naudojamos mažos keliamosios galios, ekologiškos transporto priemonės.

5. Įmonėms rūpi krovinių transporto srautų optimizavimas ir jos yra pasirengusios kooperuotis bei savarankiškai pasiimti ar pristatyti nedidelius krovinius į terminalus miesto periferijoje bei bendradarbiauti, diegiant informacines technologijas vežimams organizuoti pirmoje ar paskutinėje mylioje.
6. Strateginis valstybės vaidmuo yra labai laukiamas ir svarbus priimant ir taikant įvairias reguliavimo ir skatinimo priemones krovinių kelių transporto srautų optimizavimo problemoms miesto logistikos sistemoje spręsti.

PASIŪLYMAI:

1. Savitarnos terminalų diegimą derinti kartu su tradicinės miesto logistikos terminalų operatorių paslaugomis. Logistikos įmonės, valdančios priemiesčio terminalus, turėtų sudaryti galimybę ir savitarnos paslaugoms. Žinoma, neišvengiamai reikalinga bendra krovinių valdymo informacinė sistema, kurios diegimu turėtų būti suinteresuotos visos šalys – nuo valstybinių institucijų iki smulkių miesto ūkio subjektų.
2. Praktikoje modelis galėtų būti pritaikytas ne tik tikslingam krovinių transporto srautų optimizavimui, ekologiško transporto panaudojimui, bet ir integruojant autonomišką krovinių transportą į nustatytus krovinių transportavimo kanalus miestų logistikos sistemoje.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Absi N., Cattaruzza D., & Gonzalez-Feliu J. (2017). *Vehicle Routing Problems for City Logistics*. EURO Journal on Transportation and Logistics <http://dx.doi.org/10.1007/s13676-014-0074-0>
2. Anand N., Van den Band, Van Duin J. H. R., & Quak H.J. (2020). *Designing sharing logistics as a disruptive innovation in city logistics*. Rotterdam University of Applied Sciences. Delft University of Technology. Breda University of Applied Sciences. TNO. https://www.researchgate.net/publication/347522008_Designing_sharing_logistics_as_a_disruptiv_e_innovation_in_city_logistics
3. Anand N., Van Duin J. H. R. (2021). *Development Of City Logistics Maturity Model For Municipality Performance Measurement*. Hogeschool Rotterdam. https://www.researchgate.net/publication/357221217_DEVELOPMENT_OF_CITY_LOGISTICS_MATURITY_MODEL_FOR_MUNICIPALITY_PERFORMANCE_MEASUREMENT
4. Andriankaja D. (2010). *The impacts of logistics sprawl: How does the location of parcel transport terminals affect the energy efficiency of goods' movements in Paris and what can we do about it?* French National Institute for Transport and Safety Research. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.04.021>
5. Carrillo J., Cortes P., Grosso R., & Muñozuri J. (2014). *City logistics: Are sustainability policies really sustainable?* Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas II. ETSI. Universidad de Sevilla. <http://dx.doi.org/10.37610/dyo.v0i53.451>
6. Commission of the European Communities. (2009). *Action plan on urban mobility*. Technical Report COM. <http://ec.europa.eu>
7. Commission of the European Communities. (2011). *Roadmap to a single European transport area - Towards a competitive and resource efficient transport system*. https://transport.ec.europa.eu/white-paper-2011_en
8. Crainic T.G. (2008). *City Logistics*. School of Management, Université du Québec à Montréal. <http://dx.doi.org/10.1287/educ.1080.0047>
9. Crainic T.G., Gonzalez-Feliu J., & Mancini S. (2014). *Planning and Optimization Methods for Advanced Urban Logistics Systems at Tactical Level*. Dipartimento di Automatica ed Informatica, Laboratoire d'Economie des Transports, Département de Management et Technologie, ESG-UQAM and CIRRELT. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-31788-0_8
10. Crainica T G., Gendreaux M., & Jemaia L. (2019). *Planning hyperconnected, urban logistics systems*. Interuniversity Research Centre on Enterprise Networks, Logistics and Transportation. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.070>
11. Čokorilo O., Kovač M., & Tadić S. (2021). *The Application of Drones in City Logistics Concepts*. University of Belgrade. <http://dx.doi.org/10.7307/ptt.v33i3.3721> Dablan L., (2019). *City Logistics*. University of Paris East/IFSTTAR. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0137.pub2>

12. Diziain D., Ducret R., & Plantier T. (2015). *Proposal for an evaluation grid for analysing local public urban freight policies: strengths, weaknesses and opportunities for French cities*. Ecole des Mines de Paris, 60 boulevard Saint-Michel, Paris. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.051>
13. Drop N., & Garlińska D. (2021). *Evaluation of Intelligent Transport Systems Used in Urban Agglomerations and Intercity Roads by Professional Truck Drivers*. Faculty of Economics and Transport Engineering, Maritime University of Szczecin. <http://dx.doi.org/10.3390/su13052935>
14. EUR-Lex (2018 05 17). *Komisijos komunikatas. Perėjimas prie automatizuoto susisiekimo: ES ateities susisiekimo strategija*. Komisijos komunikatas Europos parlamentui, tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0283>
15. Hülsmann M., & Windt K., (2007). *Understanding Autonomous Cooperation & Control - The Impact of Autonomy on Management, Information, Communication, and Material Flow*. Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-47450-0>
16. Kardelis K. *Mokslinių tyrimų metodologija ir metodai*. Kaunas: Technologija, 2007.
17. Krykavskyy Y., & Woronina R. (2015). *The Impact of Globalization on the Development of City Logistics*. Lviv Polytechnic National University. <http://dx.doi.org/10.17951/h.2015.49.3.81>
18. LR susisiekimo ministerija <https://sumin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys/darnaus-judumo-mieste-planai>
19. Mancini S. (2013). *Multi-Echelon freight distribution systems: A smart and innovative tool for increasing logistic operations efficiency*. Alpen-Adria-Universität Klagenfurt. https://www.researchgate.net/publication/287469998_Multi-Echelon_freight_distribution_systems_A_smart_and_innovative_tool_for_increasing_logistic_operations_efficiency
20. Meryem O., Mohamed K., & Saâd L.E. (2019). *Review of good practices in urban freight transportation and benchmarking city logistics schemes*. Paris. <http://dx.doi.org/10.1109/LOGISTQUA.2019.8907328>
21. OECD., (2003). *Delivering the Goods: 21st Century Challenges to Urban Goods Transport*. OECD Publications. <https://www.itf-oecd.org/delivering-goods-21st-century-challenges-urban-goods-transport>
22. Özbekler T. M., & Akgül A.K., (2020). *Last Mile Logistics In The Framework Of Smart Cities: A Typology Of City Logistics Schemes*, Sinop University, Department of Logistics, Sinop. <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4-W3-2020-335-2020>
23. Ploos van Amstel W. (2015). *City Logistics*. Amsterdam University of Applied Sciences (HvA), Faculty of Technology Urban Technology research program. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1090.2168>

24. Ploos van Amstel W., & Quak H. (2017). *Annual Outlook City Logistics 2050*. Amsterdam University of Applied Sciences/Centre for Applied Research on Education. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.23563.18729>
25. Pulawska S., & Starowicz W. *Ecological urban logistics in the historical centers of cities*. Politechnika Krakowska, Zakład Transportu. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.026>
26. Savin G. (2020). *Smart city logistics*. Ural State University of Economics. <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202020804005>
27. Škultéty F., Beňová D., & Gnap J., (2021). *City Logistics as an Imperative Smart City Mechanism: Scrutiny of Clustered EU27 Capitals*. Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications. <http://dx.doi.org/10.3390/su13073641>
28. Tadić R. S., (2021). *Differences Between Typical Logistics Systems and Other City Logistics Generators*. <http://dx.doi.org/10.5937/tehnika2104485T>
29. Tadić S. (2015). *City Logistics Performance*. Conference: LOGIC, 2nd Logistics International Conference. https://www.researchgate.net/publication/284901146_CITY_LOGISTICS_PERFORMANCE
30. Taniguchi E. (2014). *Concepts of City Logistics for Sustainable and Liveable Cities*. Procedia - Social and Behavioral Sciences. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.029>
31. Taniguchi E., & Thompson R. (2011). *Modeling City Logistics*. Transportation Research Record. <http://dx.doi.org/10.3141/1790-06>
32. United Nations (2004). *World Urbanization Prospects: The 2003 Revision*. United Nations Publications. <https://www.environmentandurbanization.org/world-urbanization-prospects-2003-revision>

PRIEDAI

- 1 priedas. Apklausos anketa
- 2 priedas. Ekspertų apklausos duomenų apdorojimas
- 3 priedas. Modelio aprobavimo klausimynas
- 4 priedas. Mokslinis straipsnis pristatytas ir pateiktas Tarptautinėje konferencijoje "Transbaltica 2022".

Apklauso anketa

Laba diena,

Esu Vilniaus Gedimino technikos universiteto transporto inžinerijos fakulteto studentas ir rašau baigiamąjį magistro darbą, kurio tema yra „Krovininio kelių transporto srautų optimizavimo galimybių tyrimas miestų logistikos sistemoje“. Labai tikiuosi, kad tarpusavio pagalba ir bendradarbiavimas atneš teigiamų rezultatų abiem pusėms.

Iš anksto dėkoju!

Įmonės pavadinimas	
Užimamos pareigos	
Jūsų darbo stažas logistikoje	

Augant miestams, didėja ir transporto paslaugų poreikis. Dėl to augantys krovininio transporto srautai sukelia vis daugiau problemų miestuose, tokių kaip automobilių srauto laisvo judėjimo ribojimas, apsunkintas krovinų pakrovimo – pristatymo konkrečiu laiku planavimas, didėjanti aplinkos tarša ir triukšmas. Tuo pačiu atsiranda ir kitos problemos: kelių nusidėvėjimas bei sunkiasvorio transporto vairuotojų trūkumas.

Krovininio transporto srautų optimizavimo miestų logistikoje problemos sprendimas galėtų būti šio transporto srautų optimizavimas pirmos ir pakutinės mylios etape, eliminuojant sunkių transportą ir pasitelkiant savitarnos terminalus užmiesčio logistikos centruose bei ekologišką transportą nedidelių krovinų surinkimui ar distribucijai.

Klausimai:

- Įvertinkite 8 balų sistemoje, kurios iš šių krovininio transporto priemonių turi didžiausią įtaką miesto judumui ir ekologiškai (1 – mažiausiai svarbus; 4 – vidutiniškai svarbus; 8 - svarbiausias (atsakymai negali kartotis))

Krovininio transporto priemonės keliamoji galia, kg	Įvertinimas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Iki 999								
1000 - 1499								
1500 - 2999								
3000 - 4999								
5000 - 6999								
7000 - 9999								
10000 - 14999								
15000 ir daugiau								

2. Įvertinkite 8 balų sistemoje, kurios iš šių krovinio transporto priemonių turi didžiausią įtaką miesto infrastruktūrai ir visai logistikos sistemai (1 – mažiausiai svarbus; 4 – vidutiniškai svarbus; 8 – svarbiausias (atsakymai negali kartotis))

Krovinio transporto priemonės keliamoji galia, kg	Įvertinimas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Iki 999								
1000 - 1499								
1500 - 2999								
3000 - 4999								
5000 - 6999								
7000 - 9999								
10000 - 14999								
15000 ir daugiau								

3. Įvertinkite 8 balų sistemoje, kurie veiksniai turi didžiausią įtaką miesto logistikos sistemai (1 – mažiausiai svarbus; 4 – vidutiniškai svarbus; 8 - svarbiausias (atsakymai negali kartotis))

Veiksniai	Įvertinimas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Miesto kelių infrastruktūra								
Eismo reguliavimas								
Teisinis reguliavimas								
Miesto geografinis išsidėstymas								
Ūkio subjektų geografinis išsidėstymas								
Inovacijos ir informacinės technologijos								
Bendradarbiavimas tarp ūkio subjektų								
Bendradarbiavimas tarp miesto administracijos ir ūkio subjektų								

4. Ar jūsų įmonė investuotų į naujas informacines technologijas, tobulinančias krovinių vežimą miesto logistikoje?
- Taip, investuotų
 - Ne, ieškotų kitų vežimo optimizavimo būdų
 - Manau, kad jos neturėtų įtakos vežimui
 - Įmonė jau yra investavusi į tokias technologijas

5. Ar jūsų įmonė, vykdydama veiklą miesto centrinėje dalyje, būtų linkusi savarankiškai pasiimti ar pristatyti nedidelius krovinius į terminalus miesto periferijoje?
- Ne, nebūtų linkusi
 - Greičiausiai nebūtų linkusi
 - Greičiausiai būtų linkusi
 - Taip, būtų linkusi
6. Ar jūsų įmonė, vykdydama veiklą miesto centrinėje dalyje, būtų linkusi kooperuotis, parsivežant ar pristatant krovinius į terminalus miesto periferijoje?
- Ne, nebūtų linkusi
 - Greičiausiai nebūtų linkusi
 - Greičiausiai būtų linkusi
 - Taip, būtų linkusi
7. Ar jūsų įmonė, vykdydama veiklą miesto centrinėje dalyje, būtų linkusi naudotis elektromobiliais, parsivežant ar pristatant krovinius į terminalus miesto periferijoje?
- Ne, nebūtų linkusi
 - Greičiausiai nebūtų linkusi
 - Greičiausiai būtų linkusi
 - Taip, būtų linkusi
8. Įvertinkite 8 balų sistemoje, kurie iš šių veiksmų turėtų didžiausią įtaką miesto logistikos sistemos optimizavimui (1 – mažiausiai svarbus; 4 – vidutiniškai svarbus; 8 - svarbiausias (atsakymai negali kartotis))

Veiksniai	Įvertinimas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Draudimas sunkiajam transportui patekti į miesto centrinę dalį								
Ekologijos mokestis kroviniui transportui mieste								
Valstybės skatinimas, įsigyjant ekologiškas transporto priemones								
Stambių ūkio subjektų iškėlimas į miesto periferiją								
Valstybės skatinimas, diegiant informacines technologijas ir jungiantis prie išmanaus miesto sistemos								

Mokestinės lengvatos ūkio subjektams kooperuojantis tarpusavyje, krovinių vežimui miesto teritorijoje								
Logistikos kompanijų pajungimas į vieningą informacinę sistemą miesto krovinių vežimuose								
Nedidelių savitarnos terminalų tinklo sukūrimas miesto periferijoje								

9. Kokiais papildomais būdais spręstumėte krovininio transporto srautų optimizavimo miestų logistikoje problemas?

10. Ar jūsų įmonė pritartų savitarnos terminalų užmiesčio logistikos centruose idėjai pirmos ir pakutinės mylios etape?

- ☐ Taip, pritartų
- ☐ Ne, tam būtų per didelės investicijos
- ☐ Manau, kad tai nebūtų patrauklu
- ☐ Įmonė jau siūlo tokią priemonę savo klientams

11. Ar jūsų įmonė investuotų į ekologišką transportą, nedidelių krovinių surinkimui ar distribucijai?

- ☐ Taip, investuotų
- ☐ Ne, lauktų valstybės skatinimo priemonių tokioms investicijoms
- ☐ Manau, kad tai neturėtų įtakos klientų pritraukimui
- ☐ Įmonė jau yra investavusi į tokias priemones

Ačiū už sugaištą laiką.

Ekspertų apklausos duomenų apdorojimas

1 klausimas. Respondentų buvo klausiama kurios krovinio transporto priemonės miestų logistikoje kelia daugiausiai problemų judumui ir miesto ekologijai pagal transporto priemonės keliamąją galią. Gauti atsakymai buvo surašyti į 1 lentelę ir kiekvieno eksperto pateikti įvertinimai kiekvienam faktoriui (transporto priemonės keliamajai galiai, kg) buvo susumuoti.

1 lentelė. Respondentų įvertinimai

Respondento eil. Nr.	Iki 999	1000- 1499	1500- 2999	3000- 4999	5000- 6999	7000- 9999	10000- 14999	15000 ir daugiau
E1	1	2	3	4	5	6	7	8
E2	1	2	3	4	5	6	7	8
E3	1	4	6	5	3	2	7	8
E4	1	2	3	4	5	6	7	8
E5	1	2	6	3	5	4	7	8
E6	1	2	3	6	4	5	7	8
E7	7	5	6	8	4	3	1	2
E8	2	5	6	7	3	1	4	8
E9	1	2	3	4	5	6	7	8
E10	1	2	3	4	5	6	7	8
$\sum_{i=1}^n B_{ij} = B_j$	17	28	42	49	44	45	61	74

Respondentų vertinimai verčiami į rangus pagal formulę $R_{ij} = (n+1) - B_{ij}$ ir surašomi į 2 lentelę.

2 lentelė. Respondentų įvertinimų rangavimas

Respondento eil. Nr.	Iki 999	1000- 1499	1500- 2999	3000- 4999	5000- 6999	7000- 9999	10000- 14999	15000 ir daugiau
E1	8	7	6	5	4	3	2	1

E2	8	7	6	5	4	3	2	1
E3	8	5	3	4	6	7	2	1
E4	8	7	6	5	4	3	2	1
E5	8	7	3	6	4	5	2	1
E6	8	7	6	3	5	4	2	1
E7	2	4	3	1	5	6	8	7
E8	7	4	3	2	6	8	5	1
E9	8	7	6	5	4	3	2	1
E10	8	7	6	5	4	3	2	1
Rangų suma $\sum_{i=1}^n R_{ij}$	73	62	48	41	46	45	29	16
Rangų vidurkis $\bar{R}_j = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ij}}{n}$	7,3	6,2	4,8	4,1	4,6	4,5	2,9	1,6
Rangų sumos ir pastovaus dydžio skirtumas $\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1)$	28	17	3	-4	1	0	-16	-29
Skirtumo kvadratas $\left[\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1) \right]^2$	784	289	9	16	1	0	256	841

Pagal formulę $W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}$ buvo paskaičiuotas Kendall konkordancijos koeficientas.

$W = 12 \cdot 2196 / 100 \cdot (512 - 8) = 0,523$, kadangi gautas kaičius yra didesnis už 0.5 reikšmę, galima teigti, kad respondentų nuomonės yra suderintos.

Konkordancijos koeficiento svoris apskaičiuojamas pagal formulę $\chi^2 = n(m-1)W = \frac{12S}{nm(m+1)}$:

$\hat{p} = 12 \cdot 2196 / 10 \cdot 8(8+1) = 36,60$, kadangi apskaičiuota $\hat{p}$ reikšmė yra už χ_{kr}^2 (18,4753) reikšmę, tai respondentų nuomonė laikoma suderinta, o vidutiniai rangai rodo bendrą nuomonę.

Pagal formulę $W_{\min} = \frac{\chi_{1-\alpha}^2}{n(m-1)}$ buvo paskaičiuota mažiausia konkordancijos koeficiento reikšmė

$$W_{\min} = 18,4753 / 10(8-1) = 0.264 < 0,523$$

Skaičiavimai parodė, kad 10-ties respondentų, dėl 8 faktorių, įtakojančių miesto logistikos judumą ir ekologiją, nuomonės sutampa ir visų respondentų nuomonė yra apibendrinta.

Buvo paskaičiuoti faktorių, įtakojančių miesto logistikos judumą ir ekologiją, svarbumo rodikliai Q_j .

Pirmo kriterijaus koreliacija apskaičiuojama pagal formulę $\bar{q}_1 = \frac{\bar{R}_1}{\sum_{j=1}^m R_j}$

Atvirkštinis dydis paskaičiuojamas pagal formulę $d_1 = 1 - \bar{q}_1$

Gaunamas svorio rodiklis $Q_1 = \frac{d_1}{m-1}$:

Gauti duomenys surašomi į 3 lentelę.

Analogiška seka paskaičiuojami rodikliai pagal visus kriterijus ir taip pat supildomi į 3 lentelę.

Pagal formulę $\tilde{Q}_i = \frac{\sum_{j=1}^m B_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{ij}}$ buvo paskaičiuoti kiekvieno faktoriaus svarbumo rodikliai ir taip pat supildyti į 3 lentelę.

3 lentelė. Faktorių pasiskirstymas pagal svarbą.

Rodiklio žymuo	Iki 999	1000-1499	1500-2999	3000-4999	5000-6999	7000-9999	10000-14999	15000 ir daugiau
$\bar{q}_j$	0,203	0,172	0,133	0,114	0,128	0,125	0,081	0,044
d_j	0,797	0,828	0,867	0,886	0,872	0,875	0,919	0,956
Q_j	0,114	0,118	0,124	0,127	0,125	0,125	0,131	0,137

$\tilde{Q}_j$	0,047	0,078	0,117	0,136	0,122	0,125	0,169	0,206
Svarba	8	7	6	3	5	4	2	1

Faktorių, įtakančių miesto logistikos judumą ir ekologiją, pasiskirstymas pagal svarbą grafiškai pavaizduotas baigiamojo darbo 2.5 paveiksle.

2 klausimas. Respondentų buvo klausama kurios krovinio transporto priemonės miestų logistikoje kelia daugiausiai problemų miesto infrastruktūrai ir visai miesto logistikos sistemai, pagal transporto priemonės keliamąją galią. Gauti atsakymai buvo surašyti į 4 lentelę ir kiekvieno eksperto pateikti įvertinimai kiekvienam faktoriui (transporto priemonės keliamajai galiai, kg) buvo susumuoti.

4 lentelė. Respondentų įvertinimai

Respondento eil. Nr.	Iki 999	1000- 1499	1500- 2999	3000- 4999	5000- 6999	7000- 9999	10000- 14999	15000 ir daugiau
E1	1	2	3	4	5	6	8	7
E2	1	2	6	5	4	3	7	8
E3	1	2	3	4	5	6	7	8
E4	1	2	3	4	5	6	7	8
E5	5	6	1	4	2	3	7	8
E6	1	2	3	4	7	5	6	8
E7	7	6	5	8	4	3	2	1
E8	1	2	6	4	3	5	7	8
E9	3	1	2	4	5	6	7	8
E10	1	2	3	4	6	5	7	8
$\sum_{i=1}^n B_{ij} = B_j$	22	27	35	45	46	48	65	72

Respondentų vertinimai verčiami į rangus pagal formulę $R_{ij} = (n+1) - B_{ij}$ ir surašomi į 5 lentelę.

5 lentelė. Respondentų įvertinimų rangavimas

Respondento eil. Nr.	Iki 999	1000- 1499	1500- 2999	3000- 4999	5000- 6999	7000- 9999	10000- 14999	15000 ir daugiau
E1	8	7	6	5	4	3	1	2
E2	8	7	3	4	5	6	2	1
E3	8	7	6	5	4	3	2	1
E4	8	7	6	5	4	3	2	1
E5	4	3	8	5	7	6	2	1
E6	8	7	6	5	2	4	3	1
E7	2	3	4	1	5	6	7	8
E8	8	7	3	5	6	4	2	1
E9	6	8	7	5	4	3	2	1
E10	8	7	6	5	3	4	2	1
Rangų suma $\sum_{i=1}^n R_{ij}$	68	63	55	45	44	42	25	18
Rangų vidurkis $\bar{R}_j = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ij}}{n}$	6,8	6,3	5,5	4,5	4,4	4,2	2,5	1,8
Rangų sumos ir pastovaus dydžio skirtumas $\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1)$	23	18	10	0	-1	-3	-20	-27
Skirtumo kvadratas $\left[\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1) \right]^2$	529	324	100	0	1	9	400	729

Pagal formulę $W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}$ buvo paskaičiuotas Kendall konkordancijos koeficientas.

$W = 12 \cdot 2092 / 100 \cdot (512 - 8) = 0,498$, kadangi gautas kaičius yra arti 0.5 reikšmės, galima teigti, kad respondentų nuomonės yra suderintos.

Konkordancijos koeficiento svoris apskaičiuojamas pagal formulę $\chi^2 = n(m-1)W = \frac{12S}{nm(m+1)}$:

$\chi^2 = 12 \cdot 2092 / 10 \cdot 8(8+1) = 34,87$, kadangi apskaičiuota χ^2 reikšmė yra už χ^2_{kr} (18,4753) reikšmę, tai respondentų nuomonė laikoma suderinta, o vidutiniai rangai rodo bendrą nuomonę.

Pagal formulę $W_{\min} = \frac{\chi^2_{v, \alpha}}{n(m-1)}$ buvo paskaičiuota mažiausia konkordancijos koeficiento reikšmė

$$W_{\min} = 18,4753 / 10(8-1) = 0.264 < 0,498$$

Skaičiavimai parodė, kad 10-ties respondentų, dėl 8 faktorių, įtakančių miesto infrastruktūrą ir visą miesto logistikos sistemą, nuomonės sutampa ir visų respondentų nuomonė yra apibendrinta.

Buvo paskaičiuoti faktorių, įtakančių miesto logistikos judumą ir ekologiją, svarbumo rodikliai Q_j .

Pirmo kriterijaus koreliacija apskaičiuojama pagal formulę $\bar{q}_1 = \frac{\bar{R}_1}{\sum_{j=1}^m R_j}$

Atvirkštinis dydis paskaičiuojamas pagal formulę $d_1 = 1 - \bar{q}_1$

Gaunamas svorio rodiklis $Q_1 = \frac{d_1}{m-1}$:

Gauti duomenys surašomi į 6 lentelę.

Analogiška seka paskaičiuojami rodikliai pagal visus kriterijus ir taip pat supildomi į 6 lentelę.

Pagal formulę $\tilde{Q}_i = \frac{\sum_{j=1}^m B_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{ij}}$ buvo paskaičiuoti kiekvieno faktoriaus svarbumo rodikliai ir taip pat supildyti į 6 lentelę.

6 lentelė. Faktorių pasiskirstymas pagal svarbą.

Rodiklio žymuo	Iki 999	1000-1499	1500-2999	3000-4999	5000-6999	7000-9999	10000-14999	15000 ir daugiau
$\bar{q}_j$	0,189	0,175	0,153	0,125	0,122	0,117	0,069	0,050
d_j	0,811	0,825	0,847	0,875	0,878	0,883	0,931	0,950

Q_j	0,116	0,118	0,121	0,125	0,125	0,126	0,133	0,136
$\tilde{Q}_j$	0,061	0,075	0,097	0,125	0,128	0,133	0,181	0,200
Svarba	8	7	6	5	4	3	2	1

Faktorių, įtakančių miesto infrastruktūrą ir visą miesto logistikos sistemą, pasiskirstymas pagal svarbą grafiškai pavaizduotas baigiamojo darbo 2.6 paveiksle.

3 klausimas. Respondentų buvo klausiama kurie veiksniai turi didžiausią įtaką miesto logistikos sistemai. Gauti atsakymai buvo surašyti į 7 lentelę ir kiekvieno eksperto pateikti įvertinimai kiekvienam faktoriui buvo susumuoti.

7 lentelė. Respondentų įvertinimai

Respondento eil. Nr.	Miesto kelių infrastruktūra	Eismo reguliavimas	Teisinis reguliavimas	Miesto geografinis išsidėstymas	Ūkio subjektų geografinis išsidėstymas	Inovacijos ir informacinės technologijos	Bendradarbiavimas tarp ūkio subjektų	Bendradarbiavimas tarp miesto administracijos ir ūkio subjektų
E1	6	8	2	7	4	3	1	5
E2	8	7	6	5	4	3	2	1
E3	7	8	1	6	3	2	4	5
E4	8	7	6	1	2	3	4	5
E5	8	6	1	7	2	3	4	5
E6	8	7	3	2	1	5	4	6
E7	8	7	2	5	4	1	3	6
E8	7	6	5	4	3	1	3	2
E9	5	4	2	8	7	1	3	6
E10	7	5	2	8	1	6	3	4
$\sum_{i=1}^n B_{ij} = B_j$	72	65	30	53	31	28	31	45

Respondentų vertinimai verčiami į rangus pagal formulę $R_{ij} = (n+1) - B_{ij}$ ir surašomi į 8 lentelę.

8 lentelė. Respondentų įvertinimų rangavimas

Respondento eil. Nr.	Miesto kelių infrastru- ktūra	Eismo reguliuav- imas	Teisinis reguliuav- imas	Miesto geograf inis išsidėst- ymas	Ūkio subjekt ų geograf inis išsidėst- ymas	Inovacij os ir informa- cinės technolo- gijos	Bendradarbi- avimas tarp ūkio subjektų	Bendradarbi- avimas tarp miesto administraci- jos ir ūkio subjektų
E1	3	1	7	2	5	6	8	4
E2	1	2	3	4	5	6	7	8
E3	2	1	8	3	6	7	5	4
E4	1	2	3	8	7	6	5	4
E5	1	3	8	2	7	6	5	4
E6	1	2	6	7	8	4	5	3
E7	1	2	7	4	5	8	6	3
E8	2	3	4	5	6	8	6	7
E9	4	5	7	1	2	8	6	3
E10	2	4	7	1	8	3	6	5
Rangų suma $\sum_{i=1}^n R_{ij}$	18	25	60	37	59	62	59	45
Rangų vidurkis $\bar{R}_j = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ij}}{n}$	1,8	2,5	6	3,7	5,9	6,2	5,9	4,5
Rangų sumos ir pastovaus dydžio skirtumas $\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1)$	-27	-20	15	-8	14	17	14	0

Skirtumo kvadratas	729	400	225	64	196	289	196	0
$\left[\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2} n(m+1) \right]^2$								

Pagal formulę $W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}$ buvo paskaičiuotas Kendall konkordancijos koeficientas.

$W = 12 \cdot 2099 / 100 \cdot (512 - 8) = 0,500$, kadangi gautas kaičius yra lygus 0.5 reikšmei, galima teigti, kad respondentų nuomonės yra suderintos.

Konkordancijos koeficiento svoris apskaičiuojamas pagal formulę $\chi^2 = n(m-1)W = \frac{12S}{nm(m+1)}$:

$\chi^2 = 12 \cdot 2099 / 10 \cdot 8(8+1) = 34,98$, kadangi apskaičiuota χ^2 reikšmė yra už χ^2_{kr} (18,4753) reikšmę, tai respondentų nuomonė laikoma suderinta, o vidutiniai rangai rodo bendrą nuomonę.

Pagal formulę $W_{\min} = \frac{\chi^2_{v,\alpha}}{n(m-1)}$ buvo paskaičiuota mažiausia konkordancijos koeficiento reikšmė

$$W_{\min} = 18,4753 / 10(8-1) = 0.264 < 0,500$$

Skaiciavimai parodė, kad 10-ties respondentų, dėl 8 faktorių, įtakančių miesto logistikos judumą ir ekologiją, nuomonės sutampa ir visų respondentų nuomonė yra apibendrinta.

Buvo paskaičiuoti faktorių, įtakančių miesto logistikos judumą ir ekologiją, svarbumo rodikliai Q_j .

Pirmo kriterijaus koreliacija apskaičiuojama pagal formulę $\bar{q}_1 = \frac{\bar{R}_1}{\sum_{j=1}^m R_j}$

Atvirkštinis dydis paskaičiuojamas pagal formulę $d_1 = 1 - \bar{q}_1$

Gaunamas svorio rodiklis $Q_1 = \frac{d_1}{m-1}$:

Gauti duomenys surašomi į 9 lentelę.

Analogiška seka paskaičiuojami rodikliai pagal visus kriterijus ir taip pat supildomi į 9 lentelę.

Pagal formulę $\tilde{Q}_i = \frac{\sum_{j=1}^m B_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{ij}}$ buvo paskaičiuoti kiekvieno faktoriaus svarbumo rodikliai ir taip pat supildyti į 9 lentelę.

9 lentelė. Faktorių pasiskirstymas pagal svarbą.

Rodiklio žymuo	Miesto kelių infrastruktūra	Eismo reguliavimas	Teisinis reguliavimas	Miesto geografinis išsidėstymas	Ūkio subjektų geografinis išsidėstymas	Inovacijos ir informacinės technologijos	Bendradarbiavimas tarp ūkio subjektų	Bendradarbiavimas tarp miesto administracijos ir ūkio subjektų
$\bar{q}_j$	0,049	0,068	0,164	0,101	0,162	0,170	0,162	0,123
d_j	0,951	0,932	0,836	0,899	0,838	0,830	0,838	0,877
Q_j	0,136	0,133	0,119	0,128	0,120	0,119	0,120	0,125
$\tilde{Q}_j$	0,200	0,181	0,083	0,147	0,086	0,078	0,086	0,125
Svarba	1	2	7	3	5	8	6	4

Faktorių, įtakančių miesto logistikos judumą ir ekologiją, pasiskirstymas pagal svarbą grafiškai pavaizduotas baigiamojo darbo 2.7 paveiksle.

4 klausimas. Apklauso metu ekspertų buvo prašoma nurodyti kiek įmonės pasirengusios investuoti į naujas informacines technologijas, tobulinančias krovinių vežimą miesto logistikoje. Atsakymų duomenys pateikti 10 lentelėje.

10 lentelė. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas, pagal tai ar įmonės investuotų į naujas informacines technologijas, tobulinančias krovinių vežimą miesto logistikoje

Respondento eil. Nr.	Taip, investuotų	Ne, ieškotų kitų vežimo optimizavimo būdų	Manau, kad jos neturėtų įtakos vežimui	Įmonė jau yra investavusi į tokias technologijas
E1	1			
E2	1			
E3				1
E4				1
E5	1			
E6				1
E7		1		
E8				1
E9	1			
E10	1			

Respondentų nuomonės ar įmonės pasirengusios investuoti į naujas informacines technologijas, tobulinančias krovinių vežimą miesto logistikoje, pasiskirstymas procentine išraiška grafiškai pavaizduotas baigiamojo darbo 2.8 paveiksle.

5 klausimas. Apklausos metu ekspertų buvo prašoma nurodyti kiek įmonės būtų linkusios savarankiškai pasiimti ar pristatyti nedidelius krovinius į terminalus miesto periferijoje. Atsakymų duomenys pateikti 11 lentelėje.

11 lentelė. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas, pagal tai ar įmonės būtų linkusios savarankiškai pasiimti ar pristatyti nedidelius krovinius į terminalus miesto periferijoje

Respondento eil. Nr.	Ne, nebūtų linkusi	Greičiausiai nebūtų linkusi	Greičiausiai būtų linkusi	Taip, būtų linkusi
E1				1
E2				1
E3				1
E4				1
E5				1
E6			1	
E7		1		
E8				1
E9			1	
E10				1

Respondentų nuomonės, ar įmonės, vykdydamos veiklą miesto centrinėje dalyje, būtų linkusios savarankiškai pasiimti ar pristatyti nedidelius krovinius į terminalus miesto periferijoje, pasiskirstymas procentine išraiška grafiškai pavaizduotas baigiamojo darbo 2.9 paveiksle.

6 klausimas. Apklausos metu ekspertų buvo prašoma nurodyti kiek įmonės būtų linkusios savarankiškai pasiimti ar pristatyti nedidelius krovinius į terminalus miesto periferijoje. Atsakymų duomenys pateikti 12 lentelėje.

12 lentelė. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas, pagal tai ar įmonės būtų linkusios kooperuotis, parsivežant ar pristatant krovinius į terminalus miesto periferijoje

Respondento eil. Nr.	Ne, nebūtų linkusi	Greičiausiai nebūtų linkusi	Greičiausiai būtų linkusi	Taip, būtų linkusi
E1				1
E2			1	
E3				1
E4			1	
E5				1
E6			1	
E7			1	
E8				1
E9			1	
E10				1

Respondentų nuomonės, ar įmonės, vykdydamos veiklą miesto centrinėje dalyje, būtų linkusios kooperuotis, parsivežant ar pristatant krovinius į terminalus miesto periferijoje, pasiskirstymas procentine išraiška grafiškai pavaizduotas baigiamojo darbo 2.10 paveiksle.

7 klausimas. Apklausos metu ekspertų buvo prašoma nurodyti kiek įmonės yra suinteresuotos naudotis elektra varomais automobiliais, parsivežant ar pristatant krovinius į terminalus miesto periferijoje.

13 lentelė. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas, pagal tai ar būtų įmonės linkusios naudotis elektromobiliais, parsivežant ar pristatant krovinius į terminalus miesto periferijoje

Respondento eil. Nr.	Ne, nebūtų linkusi	Greičiausiai nebūtų linkusi	Greičiausiai būtų linkusi	Taip, būtų linkusi
E1		1		
E2			1	
E3				1
E4			1	
E5				1

E6				1
E7		1		
E8				1
E9				1
E10	1			

Respondentų nuomonės, ar įmonės, vykdydamos veiklą miesto centrinėje dalyje, būtų linkusios naudotis elektromobiliais, parsivežant ar pristatant krovinius į terminalus miesto periferijoje, pasiskirstymas procentine išraiška grafiškai pavaizduotas baigiamojo darbo 2.11 paveiksle.

8 klausimas. Respondentų buvo klausiama, kurie iš veiksmų kurie iš šių veiksmų turėtų didžiausią įtaką miesto logistikos sistemos optimizavimui. Gauti atsakymai buvo surašyti į 14 lentelę ir kiekvieno eksperto pateikti įvertinimai kiekvienam faktoriui buvo susumuoti.

14 lentelė. Respondentų įvertinimai

Respondento eil. Nr.	Draudimas sunkiajam transportui patekti į miesto centrinę dalį	Ekologijos mokestis krovininiam transportui mieste	Valstybės skatinimas, įsigyjant ekologiškas transporto priemones	Stambių ūkio subjektų iškelimas į miesto periferiją	Valstybės skatinimas, diegiant informacines technologijas ir jungiantis prie išmanaus miesto sistemos	Mokestinės lengvatos ūkio subjektams kooperuojantis tarpusavyje, krovinijų vežimui miesto teritorijoje	Logistikos kompanijų įtraukimas į bendrą informacinę sistemą miesto krovinijų vežimuose	Nedidelių savitarnos terminalų tinklo sukūrimas miesto periferijoje
E1	6	8	4	5	1	2	7	3
E2	8	7	5	3	1	4	2	6
E3	7	6	8	1	4	2	3	5
E4	8	6	7	1	3	4	2	5
E5	8	7	1	6	3	5	2	4
E6	7	6	8	5	3	1	2	4
E7	8	7	6	4	2	1	3	5
E8	8	5	2	3	1	4	6	7

E9	4	3	6	2	1	7	5	8
E10	8	7	5	4	2	1	3	6
$\sum_{i=1}^n B_{ij} = B_j$	72	62	52	34	21	31	35	53

Respondentų vertinimai verčiami į rangus pagal formulę $R_{ij} = (n+1) - B_{ij}$ ir surašomi į 15 lentelę.

15 lentelė. Respondentų įvertinimų rangavimas

Respondento eil. Nr.	Draudi mas sunkiaj am transpor tui patekti į miesto centrinę dalį	Ekologij os mokestis krovinini am transport ui mieste	Valstyb ės skatinim as, įsigyjant ekologiš kas transpor to priemon es	Stambi ų ūkio subjek tų iškėli mas į miesto perifer iją	Valstybės skatinima s, diegiant informaci nes technolog ijas ir jungiantis prie išmanaus miesto sistemos	Mokestinė s lengvatos ūkio subjektam s kooperuoj antis tarpusavyj e, krovinijų vežimui miesto teritorijoje	Logistiko s kompanij ų pajungim as į vieningą informaci nę sistemą miesto krovinijų vežimuos e	Nedidel ių savitarn os terminal ų tinklo sukūrim as miesto periferij oje
E1	3	1	5	4	8	7	2	6
E2	1	2	4	6	8	5	7	3
E3	2	3	1	8	5	7	6	4
E4	1	3	2	8	6	5	7	4
E5	1	2	8	3	6	4	7	5
E6	2	3	1	4	6	8	7	5
E7	1	2	3	5	7	8	6	4
E8	1	4	7	6	8	5	3	2
E9	5	6	3	7	8	2	4	1
E10	1	2	4	5	7	8	6	3
Rangų suma $\sum_{i=1}^n R_{ij}$	18	28	38	56	69	59	55	37

Rangų vidurkis $\bar{R}_j = \frac{\sum_{i=1}^n R_{ij}}{n}$	1,8	2,8	3,8	5,6	6,9	5,9	5,5	3,7
Rangų sumos ir pastovaus dydžio skirtumas $\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1)$	-27	-17	-7	11	24	14	10	-8
Skirtumo kvadratas $\left[\sum_{i=1}^n R_{ij} - \frac{1}{2}n(m+1) \right]^2$	729	289	49	121	576	196	100	64

Pagal formulę $W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}$ buvo paskaičiuotas Kendall konkordancijos koeficientas.

$W = 12 \cdot 2124 / 100 \cdot (512 - 8) = 0,506$, kadangi gautas kaičius yra didesnis už 0.5 reikšmę, galima teigti, kad respondentų nuomonės yra suderintos.

Konkordancijos koeficiento svoris apskaičiuojamas pagal formulę $\chi^2 = n(m-1)W = \frac{12S}{nm(m+1)}$:

$\chi^2 = 12 \cdot 2124 / 10 \cdot 8(8+1) = 35,40$, kadangi apskaičiuota χ^2 reikšmė yra už χ_{kr}^2 (18,4753) reikšmę, tai respondentų nuomonė laikoma suderinta, o vidutiniai rangai rodo bendrą nuomonę.

Pagal formulę $W_{\min} = \frac{\chi_{v,\alpha}^2}{n(m-1)}$ buvo paskaičiuota mažiausia konkordancijos koeficiento reikšmė

$$W_{\min} = 18,4753 / 10(8-1) = 0.264 < 0,506$$

Skaičiavimai parodė, kad 10-ties respondentų, dėl 8 faktorių, įtakančių miesto logistikos sistemos optimizavimą, nuomonės sutampa ir visų respondentų nuomonė yra apibendrinta.

Buvo paskaičiuoti faktorių, įtakančių miesto logistikos sistemos optimizavimą, svarbumo rodikliai Q_j .

Pirmo kriterijaus koreliacija apskaičiuojama pagal formulę $\bar{q}_1 = \frac{\bar{R}_1}{\sum_{j=1}^m R_j}$

Atvirkštinis dydis paskaičiuojamas pagal formulę $d_1 = 1 - \bar{q}_1$

Gaunamas svorio rodiklis $Q_1 = \frac{d_1}{m-1}$:

Gauti duomenys surašomi į 16 lentelę.

Analogiška seka paskaičiuojami rodikliai pagal visus kriterijus ir taip pat supildomi į 16 lentelę.

Pagal formulę $\tilde{Q}_i = \frac{\sum_{j=1}^m B_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{ij}}$ buvo paskaičiuoti kiekvieno faktoriaus svarbumo rodikliai ir taip pat supildyti į 16 lentelę.

16 lentelė. Faktorių pasiskirstymas pagal svarbą.

Rodiklio žymuo	Draudimas sunkiajam transportui patekti į miesto centrinę dalį	Ekologijos mokestis kroviniams transportuoti mieste	Valstybės skatinimas, įsigyjant ekologiškas transporto priemones	Stambių ūkio subjektų iškelimas į miesto periferiją	Valstybės skatinimas, diegiant informacines technologijas ir jungiantis prie išmanaus miesto sistemos	Mokestinės lengvatos ūkio subjektams kooperuojantis tarpusavyje, krovinių vežimui miesto teritorijoje	Logistikos kompanijų pajungimas į vieningą informacinę sistemą miesto krovinių vežimuose	Nedidelių savitarnos terminalų tinklo sukūrimas miesto periferijoje
q_j	0,050	0,078	0,106	0,156	0,192	0,164	0,153	0,103
d_j	0,950	0,922	0,894	0,844	0,808	0,836	0,847	0,897
Q_j	0,136	0,132	0,128	0,121	0,115	0,119	0,121	0,128
$\tilde{Q}_j$	0,200	0,172	0,144	0,094	0,058	0,086	0,097	0,147
Svarba	1	2	4	6	8	7	6	3

Faktorių, darančių didžiausią įtaką miesto logistikos sistemos optimizavimui, pasiskirstymas pagal svarbą grafiškai pavaizduotas baigiamojo darbo 2.12 paveiksle.

9 klausimas. Respondentai taip pat nurodė, kokios, jų manymu, papildomos priemonės padėtų spręsti krovinių kelių transporto srautų optimizavimo problemas miestų logistikos sistemoje. Susistemintus atsakymus galima pateikti keletą pagrindinių priemonių:

- krovinių transporto judėjimo ribojimas tam tikromis valandomis, savaitgaliais ir švenčių dienomis;
- Tranzitinio transporto srauto nukreipimas aplinkkeliais;
- Smulkių krovinių pristatymas dronais

10 klausimas. Apklauso metu ekspertų buvo prašoma nurodyti kiek įmonės yra būtų suinteresuotos naudotis savitarnos terminalais užmiesčio logistikos centruose pirmos ir pakutinės mylios etape. Atsakymų duomenys pateikti 17 lentelėje.

17 lentelė. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas, pagal tai ar įmonės naudotų savitarnos terminalus užmiesčio logistikos centruose pirmos ir pakutinės mylios etape

Respondento eil. Nr.	Taip, pritartų	Ne, tam būtų per didelės investicijos	Manau, kad tai nebūtų patrauklu	Įmonė jau siūlo tokią priemonę savo klientams
E1			1	
E2	1			
E3			1	
E4			1	
E5	1			
E6			1	
E7		1		
E8	1			
E9	1			
E10	1			

Respondentų nuomonės, ar įmonės pritartų savitarnos terminalų užmiesčio logistikos centruose idėjai pirmos ir pakutinės mylios etape, pasiskirstymas procentine išraiška grafiškai pavaizduotas baigiamojo darbo 2.13 paveiksle.

11 klausimas. Apklauso metu, ekspertų buvo prašoma nurodyti kiek ūkio subjektai būtų linkę investuoti į ekologišką transportą, nedidelių krovinių surinkimui ar distribucijai. Atsakymų duomenys pateikti 18 lentelėje.

18 lentelė. Ekspertų nuomonės pasiskirstymas, pagal tai ar įmonės investuotų į ekologišką transportą, nedidelių krovinių surinkimui ar distribucijai

Respondento eil. Nr.	Taip, investuotų	Ne, lauktų valstybės skatinimo priemonių tokioms investicijoms	Manau, kad tai neturėtų įtakos klientų pritraukimui	Įmonė jau yra investavusi į tokias priemones
E1		1		
E2	1			

E3		1		
E4		1		
E5	1			
E6				1
E7				1
E8				1
E9	1			
E10		1		

Respondentų nuomonės, ar įmonės investuotų į ekologišką transportą, nedidelių krovinių surinkimui ar distribucijai, pasiskirstymas procentine išraiška grafiškai pavaizduotas baigiamojo darbo 2.14 paveiksle.

Modelio aprobavimo klausimynas

1. Ar pristatytas modelis būtų efektyvus, siekiant didesnio krovininio transporto srautų optimizavimo miesto logistikos sistemoje? Argumentuokite savo atsakymą.
2. Ar savitarnos terminalų sistemos įdiegimas miesto centrinės dalies perimetre būtų tinkama priemonė krovininio transporto srautų optimizavimui miesto logistikos sistemoje? Argumentuokite savo atsakymą.
3. Ar jūsų nuomone modelyje integruotų veiksmų - reguliavimo, bendradarbiavimo ir infrastruktūros sąveikos per vieningą informacinę platformą pakanka pristatytam modeliui funkcionuoti? Jei ne, kokie veiksniai jūsų nuomone nebuvo įvertinti?
4. Kokie galimi trikdžiai modelio diegimui?
5. Kokie pastebėjimai ar pasiūlymai modelio gerinimui?

Investigation of the Possibilities of Optimization of Freight Road Traffic Flows in the Urban Logistics System

Šarūnas Šlajus¹, Nijolė Batarlienė² [0000-0002-8195-7917]

^{1,2} Vilnius Gediminas Technical University (VILNIUS TECH)
Plytines 27, Vilnius, LT-10105, Lithuania

¹sarunas.slajus@stud.vilniustech.lt;

²nijole.batarliene@vilniustech.lt

Abstract. This article presents the solutions proposed by various authors and already implemented for the optimization of freight car flows. The functions and tasks of urban logistics, the functions and characteristics of freight transport in the urban logistics system, the problems of using heavy transport in the first and last mile and applied solutions are reviewed. After conducting a survey of experts, the main problems and optimization possibilities of the optimization of cargo transport flows in urban logistics were clarified. The results of the feasibility study of the optimization of freight road transport flows in the urban logistics system are presented.

Keywords: Urban Logistics, Road Freight Transport, Traffic Flows, Terminals.

1 Introduction

As cities grow, so does the need for transport services. The intensive growth of cities poses ever new challenges for mobility: 10-15% of the total mileage in cities is made up of freight transport mileage. Growing freight transport flows cause more and more problems in cities, such as restrictions on the free movement of cars, complicated planning of cargo loading and delivery at a specific time, increasing environmental pollution and noise. At the same time, other problems arise: the wear and tear of roads and the lack of heavy transport drivers.

Freight transport flows are unevenly distributed in the city's logistics system, especially during peak hours. Heavy freight transport reduces mobility in the city and is a frequent cause of traffic accidents. The quality of service provided by logistics companies decreases due to traffic jams and untimely pick-up or delivery of cargo.

Urban logistics, with the growing population, is gaining more and more importance in the life of mankind and is increasingly becoming the object of scientific research. Back in 2014 54% of the world's population lived in cities. The United Nations [1] predicted that by 2050 this number will reach 66%, and by 2100 we will have 85% of the population concentrated in cities [2]. The ever-increasing traffic flows are causing

The purpose of optimization of freight road transport flows is to predict how vehicle traffic will be distributed in the urban logistics system in the considered territory. Optimization of transport flows can be used to model the consequences of emergency situations and to search for optimal solutions for such a situation [4].

2 Theoretical aspects of the freight road traffic flows in the urban logistics system

In nowadays urban logistics focuses on fast and reliable freight transport by choosing cost-effective routing and eco-friendly solutions. Urban logistics service providers have to pay attention to the dynamics in logistics processes, such as shorter delivery time, more frequent scheduling, reliability and flexibility of services [5]. In addition, urban logistics providers compete with other road users for limited space in cities and maximise the capacity of urban infrastructure.

Urban logistics is more than just transporting goods within urban areas. It can be seen as any service that helps to efficiently manage the movement of goods within an urban area and to provide innovative offers to meet customer needs [6].

Logistics, as it is understood today, involves the analysis, planning and integrated and coordinated physical management of information and decision-making across a network of multiple partners. The term logistics emerges from this approach, which shows the need for a systematic approach to freight transport issues and movement within urban areas. This system is characterized by the optimized consolidation of freight from a different shippers and carriers on the same vehicles and the coordination of freight transport activities in the city [7].

Urban logistics aim is to increase the efficiency of logistics processes and operations and to mitigate negative impacts, while supporting the sustainable development of urban areas [8].

Urban logistics is based on a systems approach, involving many processes, including modelling, information technology assessment and application [9, 10].

The sudden change of habits in modern society, the advancement of progress, the pursuit of wealth and prosperity, and the frenetic pace of life have led to the need to find new solutions for the development of freight distribution to achieve higher levels of efficiency [11]. This can be achieved through better use of currently available resources, smarter planning of the entire distribution process, intelligent network design and close cooperation between the carrier companies [12]. Researchers Anand & Duin, 2021 [13], based on the research of other colleagues, highlighted six areas of urban logistics development: information and communication technologies, urban logistics planning, stakeholder communication, public-private partnerships, subsidies and incentives, and regulation. Figure 1 shows the distribution of the identified measures across the six development areas.

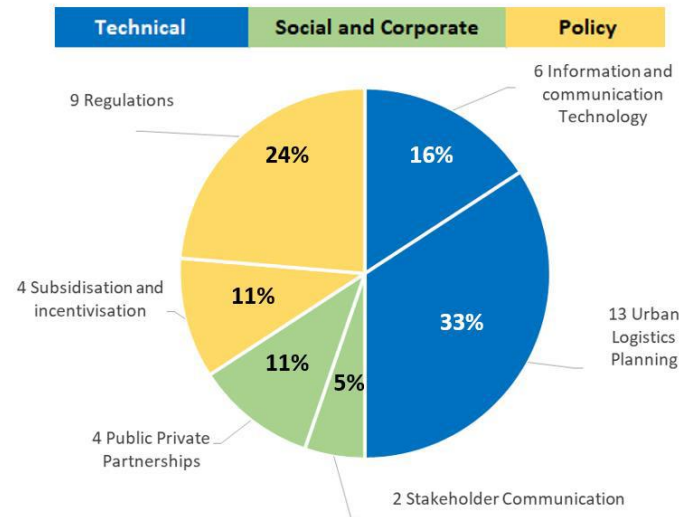


Fig. 1. Distribution of urban logistics development areas [13]

Heavy transport causes many problems and inconveniences in the cities. Some of them are traffic congestion, air and noise pollution, and safety problems such as traffic accidents [14]. However, in the cities are going intensive trading and various services are provided and freight transport is an inevitable part of urban life.

In their work, researchers Ploos van Amstel and Quack have identified a several options of a first and last mile based on the location of the terminals, depending on the size of the city and the distance of the terminal from the city boundary [15]. According to them, the last mile starts from the warehouse (distribution center) and ends with the delivery of the cargo to the destination, such as an office, a company building, a shop or a home [16].

Other researchers argue that several logistics solutions need to be combined to optimize last mile deliveries in the supply chain, such as warehousing of goods and the organization of new urban freight transport. For example, we cannot use electric trucks in the city without additional infrastructure such as a consolidation center in the city [17].

In 2015, researchers from The Netherlands estimated that the urban logistics greenhouse gas emissions dynamics reaches of 0.9 million tons per year nationwide [15, 16].

As complex and well-organized systems, modern cities are constantly moving and have difficult dynamics. Cities play a key role in social and economic development and have a major impact on the environment. Today's cities face technical (resource supply, transport, information), social (social and material inequalities, security) and environmental challenges [18].

3 Studies on the evaluation of freight road transport flows

3.1. Research methodology

A review of current research and proposed solutions for optimizing freight transport flows clearly shows that this issue is relevant today and will remain relevant in the future, due to the agglomeration of cities, environmental challenges, mobility constraints and the prospects for improving the overall quality of life in cities. Urban logistics problems are addressed from the strategic level to the cooperation between municipal administrations and economic operators.

The study on the feasibility of optimizing road freight flows included a survey of experts. There were selected experts with theoretical knowledge and practical skills in the field of urban logistics, and therefore with a direct relevance to the issue of optimizing road freight transport flows in urban areas. The data from the expert survey, expressed as numerical values, is distributed according to preference. The objective of the data processing is to obtain aggregated data for a study on the possibilities of optimizing freight transport flows in the urban logistics system.

The respondents of the survey are experts in the logistics sector, managers of a companies or departments of companies, with a university degree and at least 5 years of experience in the management of international and domestic transport, and in the organization of a logistics system for freight consolidation or distribution cities. The survey was sent to respondents electronically via www.apklausa.lt. The survey was based on the most used ranked scale of questions. The essence of this grouping is that all answers are in strict ascending or descending order [19]. The questions related to the problem under consideration are presented as statements or criteria and the extent to which the statement or criterion is agreed or disagreed with is determined by ranking. A several factors have influenced the choice of the written survey method:

- The method is suitable for scientific research;
- Allows easy and fast collection of expert data;
- Allows to achieve the aim and objectives of the study.

In order to answer the main problems, solutions and opportunities for optimizing road freight transport flows in the urban logistics system, the target audience has been identified as having sufficient expertise and experience in the urban logistics environment to be able to respond as objectively as possible to the questions asked.

In the survey were interviewed ten respondents, logistics experts with at least 5 years of experience in international freight transport and freight consolidation and distribution in urban logistics. All the experts that were interviewed have a university degree and a combined average experience in logistics is almost 14 years.

This study aims to identify trends in road freight transport optimization options and their implementation in practice. The questions aim to gain a deeper insight into the phenomenon under study and to obtain more detailed information on the nature of the behavior [19]. For the study on the optimization of road freight transport in the urban logistics system, the experts were asked questions related to urban logistics, the impact of freight transport on mobility, ecology, infrastructure, and a whole system. Questions were also asked about possible measures to optimize road freight transport flows in the

urban logistics system, the possibility of using small goods transport in the first or last mile, self-service terminals, investments in green transport and smart city technologies.

3.2. Results of the survey of experts

The study aimed to identify which freight vehicles in urban logistics are the most problematic for mobility and urban ecology in terms of vehicle carrying capacity. Respondents rated the impact of each vehicle on an 8-point scale (1 - least impact; 4 - medium impact; 8 - most impact (responses cannot be repeated)). Based on the answers received and the importance indicators calculated, it can be said that vehicles with a carrying capacity of up to 999 kg and 1000-1499 kg have the least impact on urban mobility and ecology (Importance indicator 0.047 and 0.078). It should be noted that these vehicles are the easiest to convert to environmentally friendly, electric vehicles. Meanwhile, vehicles with a carrying capacity of 15,000 kg or more are the most problematic for mobility and ecology in urban areas (importance indicator 0.206).

The study sought to identify which factors have the greatest impact on the urban logistics system. Respondents rated the influence of each factor on an 8-point scale (1 - least influence; 4 - medium influence; 8 - most influence (responses cannot be repeated)). Based on the responses received and the importance indicators calculated, it can be concluded that legal regulation, geographical location of operators, innovation and information technology, and cooperation between operators currently have a lesser impact on urban logistics (importance indicators of 0.083, 0.086, 0.078 and 0.086 respectively). In contrast, experts consider traffic regulation and urban road infrastructure to have the greatest impact on urban logistics (indicators are 0.181 and 0.2).

The survey asked experts to indicate how much companies are willing to invest in new information technologies to improve freight transport in urban logistics. The distribution of responses was quite clear. 50% of respondents were in favor of such an initiative and as many as 40% had already invested in such technologies. Only 10% of respondents would look for other alternatives to optimize freight transport flows in urban logistics. It can be said that companies are interested in optimizing freight transport flows by introducing information technology to organize transport in the first or last mile.

The experts were asked to indicate to what extent companies would be willing to pick up or deliver small loads to terminals on the periphery of the city. The distribution of responses was quite clear. 70% of respondents were in favor of such an initiative, while 20% of respondents were likely to support it (Fig.2). It can be concluded that companies are ready to pick up or deliver small loads to terminals on the periphery of the city.

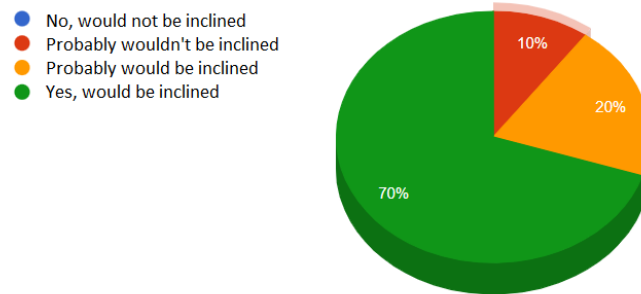


Fig. 2. Distribution of experts' opinions, according to whether companies would be inclined to independently pick up or deliver small loads to terminals on the outskirts of the city

In the survey, experts were asked to indicate the extent to which companies are willing to cooperate in picking up or delivering freight to terminals on the periphery of the city. The distribution of responses was also quite clear. 50% of respondents were in favor of such an initiative, while the remaining 50% indicated that companies would be likely to cooperate. This reflects the general trend that cooperation is important for companies when consolidating freight or distributing freight from terminals on the periphery of the city.

The experts were asked to indicate to what extent companies are interested in using electric cars to pick up or deliver goods to terminals on the periphery of the city. The majority of respondents (50%) indicated that this is a priority, 20% of respondents indicating that companies would also be likely to make use of this option. This distribution of experts' opinions shows the interest of economic operators to use environmentally friendly transport for transport operations in the urban logistics system (Fig.3).

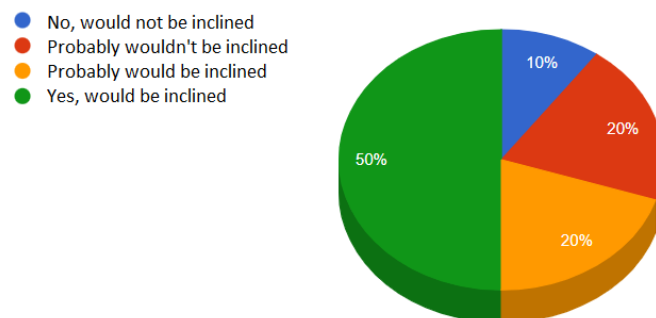


Fig. 3. Distribution of experts' opinion, according to whether companies would be inclined to use electric cars when bringing or delivering goods to terminals on the outskirts of the city

The study sought to identify the factors that have the greatest impact on the optimization of the logistics system. Respondents rated the influence of each vehicle on an 8-point scale (1 - lowest influence; 4 - medium influence; 8 - highest influence). Based on the answers received from the respondents and the importance indicators calculated, it can be said that the most influential factors in optimizing the city's logistics system are the prohibition of access to the city center by urban transport (indicator 0.2) and the eco-tax on urban freight transport (indicator 0.172). Next in importance is the creation of a network of small self-service terminals in the urban periphery (indicator 0.147), the promotion by the State of the purchase of environmentally friendly vehicles (indicator 0.144), followed by the integration of logistics companies into a unified information system for urban freight transport (indicator 0.097). These results show that the strategic role of the State is very welcome and important in the adoption and application of various regulatory and incentive measures to address the problems of optimizing road freight transport flows in the urban logistics system (Fig.4).

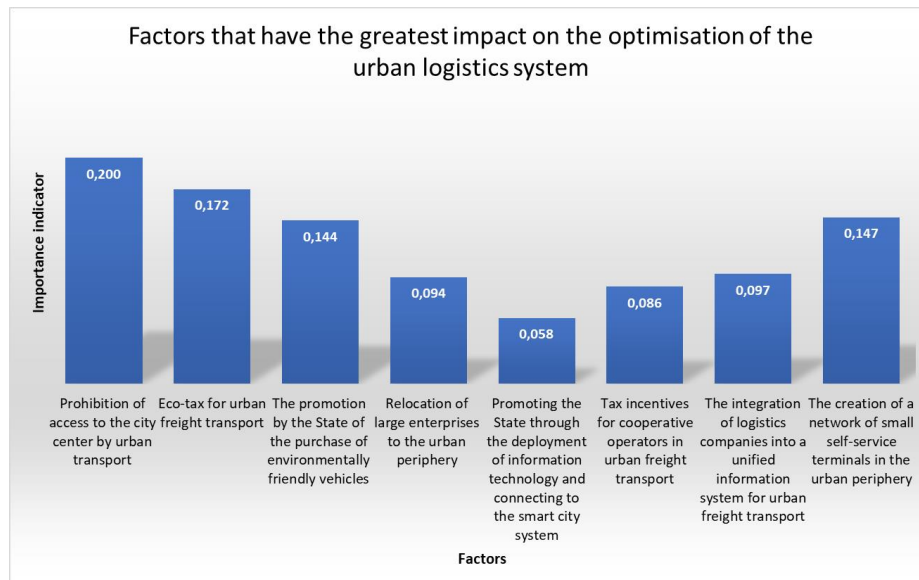


Fig. 4. Factors that have the greatest impact on the optimisation of the urban logistics system

Respondents also indicated what additional measures they considered would help to address the challenges of optimising road freight flows in the urban logistics system. The responses can be structured into a number of key measures:

- restricting freight traffic to certain hours, weekends and public holidays.
- diverting transit traffic by detours;
- drone delivery of small cargo.

In the survey, the experts were asked to indicate to what extent companies would be interested in using self-service terminals in suburban logistics centres in the first and last mile. The vast majority of respondents (50%) answered that they were in favour of such a facility, but 40% of the experts doubted whether it would be attractive. Only

10% do not support such an idea. This divergence of opinions shows that the proposed measure is quite innovative and its attractiveness is still in doubt. Getting used to using the services of logistics companies is less of a problem for operators when organising transport and the loading and unloading of goods from terminals.

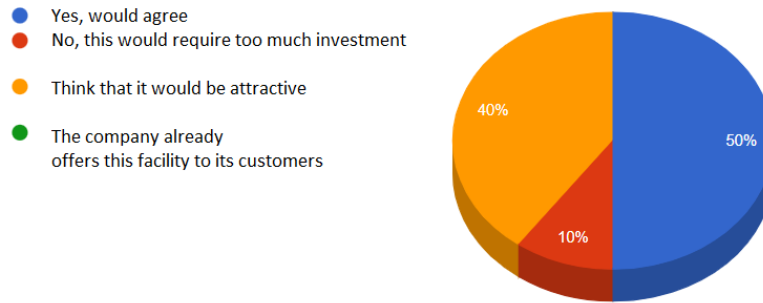


Fig. 5. Distribution of experts' opinions according to whether companies would use self-service terminals in out-of-town logistics centers in the first and last mile

In the survey, experts were asked to indicate to what extent operators would be willing to invest in environmentally friendly transport, for collection or distribution of small loads. The vast majority of respondents say that the company has already invested in green vehicles or would welcome such investments. Responses were split by 30%. However, a significant proportion, 40%, indicated that State aid is needed for such a investments. To summarize the results, it can be said that farm operators are concerned about urban ecology and are ready to contribute to it themselves or with the help of the State.

Conclusions

1. The analysis of the scientific literature has highlighted a several solutions proposed by researchers to optimize freight transport flows:

- Management efficiency through innovation in both urban regulation and environmental solutions;
- The use and development of information technology to manage, coordinate and control information;
- Infrastructure development through innovative solutions and information technology;
- Location of large terminals in the countryside and small distribution centers, taking into account the location of shopping centers and industrial districts;
- Cooperation, collaboration, sharing, exchange of information and resources between actors in urban logistics.

2. A network of self-service terminals for the consolidation of small volumes of freight could be organized to address the problems of optimizing freight flows in urban logistics raised in the analysis. This would allow shippers or consignees in the central part of the city, or even in the wider urban area, to pick up or deliver their goods independently at their own convenience to self-service terminals. This would make it easier to plan the process and avoid having to deal with logistics companies and their mistakes due to delays. It would also create a niche for the targeted use of commercial electric vehicles in urban areas, which would help reduce pollution and noise.

- In urban logistics, optimizing freight transport flows and improving the ecological climate requires the use of low-capacity vehicles up to 999kg, 1000-1499kg and 1500-2999kg. Electrically powered freight vehicles with this capacity are already available on the market from various manufacturers;
- The urban logistics system is most dependent on urban infrastructure and traffic regulation. Urban infrastructure must be continuously improved to optimize freight transport flows;
- Businesses are concerned with optimizing freight transport flows through the introduction of information technology to organize transport in the first or last mile;
- companies are prepared to pick up or deliver small loads on their own to terminals on the urban periphery;
- cooperation is important for companies to consolidate or distribute freight from terminals on the urban periphery;
- operators would use environmentally friendly transport for transport operations in the urban logistics system;
- the strategic role of the State is very welcome and important in the adoption and application of various incentive measures to address the problems of optimizing road freight transport flows in the urban logistics system.
- The idea of self-service terminals on the periphery of the city is quite attractive, but its innovative nature raises doubts as to whether it will attract enough users.
- Economic operators are concerned about the ecology of the city and are ready to contribute to it themselves, either through their own investments in environmentally friendly transport or with the help of the State.

References

1. United Nations. World Urbanization Prospects: The 2003 Revision. United Nations, New York: United Nations Publications (2004).
2. OECD. Delivering the Goods: 21st Century Challenges to Urban Goods Transport. Paris, France: OECD Publications. Retrieved from <https://www.itf-oecd.org/delivering-goods-21st-century-challenges-urban-goods-transport> (2003).
3. Absi, N., Cattaruzza, D., Gonzalez-Feliu, J. Vehicle Routing Problems for City Logistics. EURO Journal on Transportation and Logistics (2017).

4. Anand, N., Van den Band, Van Duin, J.H.R, Quak, H.J. Designing sharing logistics as a disruptive innovation in city logistics. Rotterdam University of Applied Sciences, The Netherlands. Delft University of Technology, The Netherlands. Breda University of Applied Sciences, The Netherlands. TNO, The Netherlands (2020).
5. Hülsmann, M., Windt, K., Understanding Autonomous Cooperation & Control - The Impact of Autonomy on Management, Information, Communication, and Material Flow. Springer, Berlin, DOI:10.1007/978-3-540-47450-0 (2007).
6. Dablanc, L. City Logistics. University of Paris East/IFSTTAR, France (2019).
7. Crainic, T.G. City Logistics. School of Management, Université du Québec à Montréal, (2008).
8. Tadić, S. City Logistics Performance. Conference: LOGIC, 2nd Logistics International Conference At: Belgrade, Serbia (2015).
9. Taniguchi, E., Thompson, R. Modeling City Logistics. Transportation Research Record, (2002).
10. Taniguchi, E. Concepts of City Logistics for Sustainable and Liveable Cities. Procedia - Social and Behavioral Sciences (2014).
11. Mancini, S. Multi-Echelon freight distribution systems: A smart and innovative tool for increasing logistic operations efficiency. Alpen-Adria-Universität Klagenfurt (2013).
12. Taniguchi, E. Concepts of City Logistics for Sustainable and Liveable Cities. Procedia - Social and Behavioral Sciences (2014).
13. Anand, N., Van Duin, Quak, H. Development of City Logistics Maturity Model For Municipality Performance Measurement. Rotterdam (2021).
14. Carrillo, J., Cortes P., Grosso, R., Muñuzuri, J. City logistics: Are sustainability policies really sustainable? Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas II. ETSI. Universidad de Sevilla. Camino de los Descubrimientos, s/n. Islade la Car tuja, 41092, Seville, Spain (2014).
15. Ploos van Amstel, W. City Logistics. Amsterdam University of Applied Sciences (HvA), Faculty of Technology Urban Technology research program (2015).
16. Ploos van Amstel, W., Quak, H. Annual Outlook City Logistics 2050. Amsterdam University of Applied Sciences/Centre for Applied Research on Education. Amsterdam (2017).
17. Özbekler, T. M., Akgül, A.K. Last Mile Logistics in The Framework of Smart Cities: A Typology of City Logistics Schemes, Sinop University, Department of Logistics, Sinop, Turkey (2020).
18. Savin, G. Smart city logistics. Ural State University of Economics, Ekaterinburg (2020).
19. Kardelis K. Mokslinių tyrimų metodologija ir metodai. Kaunas. Technologija (2007).