



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

Paulius Danielius

**INTERMODALINIO TERMINALO KROVOS PROBLEMATIKA,
VERTINANT GELEŽINKELIO SINERGIJĄ
INTERMODAL TERMINAL LOADING PROBLEMS IN ASSESSING RAIL
SYNERGIES**

Baigiamasis magistro darbas

Transporto inžinerinės ekonomikos ir logistikos studijų programa,

valstybinis kodas 6211LX057

Transporto logistikos specializacija

Verslo studijų kryptis

Vilnius, 2023

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

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

doc. dr. Darius Bazaras
(Vardas, pavardė)

(Data)

Paulius Danielius

**INTERMODALINIO TERMINALO KROVOS PROBLEMATIKA,
VERTINANT GELEŽINKELIO SINERGIJĄ
INTERMODAL TERMINAL LOADING PROBLEMS IN ASSESSING RAIL
SYNERGIES**

Baigiamasis magistro darbas

Transporto inžinerinės ekonomikos ir logistikos studijų programa,

valstybinis kodas 6211LX057

Transporto logistikos specializacija

Verslo studijų kryptis

Vadovė

doc. dr. Kristina Čižiūnienė

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

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantė lekt. 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: Transporto logistika

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Darius Bazaras

2022-12-13

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS

Nr. TLfm-21-901

Vilnius

Studentas (-ė): Paulius Danielius

Baigiamojo darbo tema: Intermodalinio terminalo krovos problematika vertinant geležinkelio sinergiją

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas pagal numatytą studijų kalendorinį grafiką.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Bendroji baigiamojo darbo užduotis: Atlikti mokslinės literatūros analizę susietą su intermodalinio transporto terminalo krovos problematika, vertinant geležinkelių transporto poveikį krovos operacijoms. Teorinės dalie pagrindu, susiformuluoti problematiką, o taikant tiriamosios metodologijos metodus atlikti išsamią padėties analizę. Gautų rezultatų pagrindu sudaryti pasirengimo krovos operacijoms modelį, kuris leistų efektyvinti krovos procesus, ir jo tinkamumą įvertinti ekspertų pagalba.

Vadovas docentas Kristina Čižiūnienė

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 **Intermodalinio terminalo krovos problematika vertinant geležinkelio sinergiją**

Autorius **Paulius Danielius**

Vadovas **Kristina Čižiūnienė**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe siekta išanalizuoti intermodalinio terminalo krovos problematiką vertinant geležinkelių transporto poveikį krovos operacijoms. Teorinėje dalyje analizuojama intermodalinio transporto svarba ateities perspektyvoje, sinergijos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto svarba, intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto atliekamos funkcijos, vykdant intermodalinius vežimus.

Tiriamojame dalyje atliekama ekspertų anketinė apklausa. Jos metu apklausiami ekspertai, kurie atitinka nustatytus kriterijus: dirbantys geležinkelių transporto srityje, naudojami / teikia intermodalinio terminalo paslaugas, turi mokslinį išsilavinimo laipsnį. Apklausos būdu buvo nustatyti veiksniai, darantys įtaką intermodalinio terminalo krovai bendradarbiaujant su geležinkelių transportu, pagrindinis nurodomas veiksnys – inovatyvių sprendimų trūkumas. Taikant rangavimo metodą, buvo nustatyti kriterijai, galintys su efektyvinti intermodalinio terminalo krovos procesą. Pagrindinis kriterijus, siekiant su efektyvinti krovos procesą sujungiant geležinkelių transportą, ekspertų nuomone, yra krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį $R_i = 1,8$. Remiantis literatūros šaltinių analize ir rezultatais, gautais iš ekspertų apklausos, yra sukurtas mokslinis modelis. Modelio tikslas – su efektyvinti intermodalinio terminalo pasirengimą krovai, glaudžiai bendradarbiaujant su geležinkelių transportu.

Darbą sudaro 3 dalys: įvadas, analitinė, tiriamoji dalis, išvados ir siūlymai, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 58 p. teksto be priedų, 27 iliustracijos, 14 lentelių, 46 informaciniai šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: Intermodalinis transportas, geležinkelių transportas, transporto rūšių sąveika, krova, mokslinis modelis.

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 **Intermodal terminal loading problems in assessing railway synergies**

Author **Paulius Danielius**

Academic supervisor **Kristina Čižiūnienė**

Thesis language: Lithuanian

Annotation

In the final master's thesis, the aim was to analyze challenges of intermodal loading terminals in regards of railroads transportation loading operations. In theoretical part of thesis, we analyze intermodal transportation impact for future prospects, synergies between intermodal terminals and importance of railroads transportation, intermodal terminal and railroads transportation performing functions while performing intermodal freight.

In research part we were executing a survey of experts of the field. The experts were chosen by criteria such as: real experience working in railroads industry, are directly involved with intermodal terminal operations, have a higher degree in the field that is surveyed. From the results of the survey, we identified the main points where the biggest impact is to intermodal terminal operations in regards to railroads transportation, the main impact - lack of innovation solutions. By using sampling method, we identified criteria that should impact the efficiency of the intermodal terminal process. The main criteria to increase the efficiency of the process is to unify railroads transportation, according to the experts, by designating a specific place for cargo in regards to the train that's is being formed $R_i=1.8$. with the help of analyzing literature sources and results of the surveying experts we made a scientific model. The purpose of the model is to improve the efficiency on the intermodal terminal by modifying the preparation of loading the trains while keeping a close relationship with railroads transportation.

Thesis consists of 3 parts: introduction, analysis, research, conclusion and suggestions, list of literature.

Scope of the thesis - 58 pages of text without appendixes, 27 illustrations, 14 tables, 46 literature sources.

Appendixes are added separately.

Keywords: Intermodal transport, railway transport, interaction between modes of transport, load, scientific model.

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Paulius Danielius, 20132136

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Transporto inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Transporto inžinerinė ekonomika ir logistika, TLfm-21

(Studijų programa, akademinė grupė)

BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)

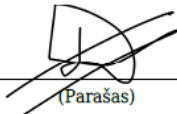
SAŽININGUMO DEKLARACIJA

2022 m. gruodžio 14 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Intermodalinio terminalo krovos problematika vertinant geležinkelio sinergiją“ yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Mano darbo vadovas docentas daktaras Kristina Čižiūnienė.

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


(Parašas)

Paulius Danielius
(Vardas ir pavardė)

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	8
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	9
SANTRUMPOS	11
ĮVADAS.....	12
1. INTERMODALINIS TRANSPORTAS IR TRANSPORTO SINERGIJA	14
1.1. Intermodalinio transporto samprata	14
1.2. Intermodalinio terminalo sąveikos su kitomis transporto rūšimis svarba.....	18
1.3. Traukinio sąstato formavimo principai.....	21
1.4. Intermodalinio terminalo krovos ypatumai.....	23
1.5. Inovacijų taikymas intermodaliniame transporte.....	25
1.6. Pirmojo skyriaus išvados	26
2. INTERMODALINIO TERMINALO KROVOS PROBLEMATIKOS IDENTIFIKAVIMAS VERTINANT GELEŽINKELIŲ SINERGIJĄ	27
2.1. Krovinių transportavimo pasiskirstymas pagal vežimo rūšį tyrimas.....	28
2.2. Ekspertų apklausa. Tyrimo tikslai, uždaviniai, metodologija.....	30
2.3. Intermodalinio terminalo krovos problematikos identifikavimas vertinant geležinkelių sinergiją. Ekspertų apklausa.....	34
2.4. Intermodalinio terminalo krovos suefektyvinimo būdų tyrimas, vertinant geležinkelių sinergiją. Ekspertų apklausa.....	43
2.5. Antrojo skyriaus išvados.....	52
3. INTERMODALINIO TERMINALO PASIRENGIMO KROVAI MODELIS, VERTINANT GELEŽINKELIŲ SINERGIJĄ	53
IŠVADOS.....	57
SIŪLYMAI.....	59
LITERATŪRA.....	60
PRIEDAI	64

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Intermodalinio transporto sąvokos (šaltinis: sudarytas autoriaus).....	14
1.2 lentelė. Uostų ir terminalų technologijos (Kine et al., 2022)	25
2.1 lentelė. Ekspertų atrankos kriterijai	31
2.2 lentelė. Ekspertų atrankos kriterijai	31
2.3 lentelė. Intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso suefektyvinimo būdai	44
2.4 lentelė. Respondentų balų pasiskirstymas	44
2.5 lentelė. Kriterijų rangai.....	46
2.6 lentelė. Kriterijų rangų dažnių suma	46
2.7 lentelė. Rangų sumos ir balų sumos palyginimas.....	47
2.8 lentelė. Kriterijų rangų vidurkis ir jų suma	47
2.9 lentelė. Kriterijų rangų sumos ir pastovaus dydžio skirtumas.....	48
2.10 lentelė. Tarpinių skaičiavimų duomenys	49
2.11 lentelė. Kriterijų išsidėstymo svarbos skaičiavimas	50
2.12 lentelė. Kriterijų dėl intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso suefektyvinimo išsidėstymo seka	51

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Prekių transportavimo maršrutas (sudarytas autoriaus, remiantis Burdzik, Ciesla & Sladkowski, 2014).....	15
1.2 pav. Intermodalinio transporto privalumai (Nehring & Jachimowski, 2019; UIRR, 2018; Hanssen & Mathisen, 2011).....	16
1.3 pav. Kelių / geležinkelių intermodalinio terminalo išdėstymas (Marinov et al., 2014)	19
1.4 pav. Uosto / geležinkelių intermodalinio terminalo išdėstymas (Amrou, Hassan & Boulmakoul, 2018).....	20
1.5 pav. Perkrovimo įranga (Rodrigue & Notteboom, 2022).....	20
1.6 pav. Išvykstančių intermodalinių traukinių tvarkymo proceso seka (Schönemann, 2016)	23
1.7 pav. Konceptinė intermodalinio terminalo valdymo sistema (Bergqvist & Monios 2014).....	24
1.8 pav. Terminalo valdymo elementai	24
2.1 pav. Tyrimų atlikimo schema (sudaryta autoriaus)	27
2.2 pav. Krovinių gabenimo pasiskirstymas (oficialios statistikos portalas, 2022)	28
2.3 pav. Intermodaliniu transportu pervežtų krovinių apimtys (oficialios statistikos portalas, 2022)	29
2.4 pav. Intermodaliniu transportu pervežtų krovinių apimtys	29
2.5 pav. Respondentų veiklos sritis	35
2.6 pav. Patirtis logistikos srityje	35
2.7 pav. Geriausiai išplėtotas krovinių transportavimo būdas.....	36
2.8 pav. Transportavimo būdo pasirinkimo kriterijai	37
2.9 pav. Intermodalinio transporto pasirinkimo priežastys	37
2.10 pav. Intermodalinio transporto trūkumai	38
2.11 pav. Geležinkelių transporto ir intermodalinio terminalo sąveikos vertinimas.....	39
2.12 pav. Veiksniai, lemiantys intermodalinio terminalo krovos pajėgumą	39
2.13 pav. Intermodalinio terminalo krovos proceso vertinimas	40
2.14 pav. Intermodalinio terminalo krovos proceso priklausomybė nuo geležinkelių transporto (1–10 balų).....	41
2.15 pav. Intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso suefektyvinimo būdai	41
2.16 pav. Intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso suefektyvinimo būdai (1–4 balų)	45
3.1 pav. Ekspertų nuomonės apie intermodalinio transporto sąveiką su geležinkelių transportu	53

3.2 pav. Intermodalinio terminalo pasirengimo krovai mokslinio modelio dalis atsižvelgiant į ekspertų iškeltą problematiką.....	54
3.3 pav. Intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso suefektyvinimo kriterijų rangai.....	54
3.4 pav. Intermodalinio terminalo pasirengimo krovai modelis (sudaryta autoriaus).....	55
3.5 pav. Sudaryto modelio naudos.....	56

SANTRUMPOS

ITV – intermodalinio transporto vienetas;

EG – besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis;

KSFT – krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale, atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį;

FTIT – traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje, atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale;

SS – bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas.

IVADAS

Intermodalinis transportas atlieka vis svarbesnį vaidmenį tiek pasaulinėje, tiek Europos krovinių transportavimo rinkoje. Jo pranašumas yra ekologiškesnė forma kelių transporto atžvilgiu. Europos transporto politikos viena iš strategijų iki 2050 metų yra 30 % kelių transporto, kurių maršruto ilgis yra 300 kilometrų ir ilgesnis, perkelti į transporto rūšis, išmetančias mažiau CO₂ įskaitant konteinerių ir kitų intermodalinio transporto vienetų (ITV) perkėlimą iš kelių į geležinkelius ir vidaus vandens kelius (EUROSTAT, 2021).

Darbo aktualumas. Ateityje planuojant didesnę intermodalinio transporto panaudojimą, būtina pradėti planuoti, kaip bus aptarnaujami kroviniai, kad būtų išlaikoma konkurencija tarp kitų šios srities dalyvių. Būtina užtikrinti glaudžią sinergiją tarp krovos procese dalyvaujančių subjektų – kelių transporto, geležinkelių transporto, intermodalinio terminalo. Magistro darbe daugiausia dėmesio yra skiriama krovos operacijoms intermodaliniame terminale sujungiant geležinkelių transportą, siekiant su efektyvinti krovos procesą.

Keliamų klausimų ištyrimo lygis. Tyrimuose apibrėžtos įvairios krovos proceso optimizavimo problemos, kurios susijusios su krovinių terminalais, ypač daug dėmesio skirta jūrų uostams (Zhao, Zhu & Wang, 2020). Intermodalinių terminalų (kelių / geležinkelių transporto) dažniausiai tiriamos problemos: tinkamos terminalo technikos parinkimas, inovatyvūs pakrovimo ir iškrovimo būdai (Illés & Véha, 2020), konteinerių saugojimas, teritorijos panaudojimo optimizavimas (Wang & Zhu, 2019, Tadić, Krstić, & Roso, 2019), efektyvus krano panaudojimas terminale (Wang, Zhu, & Xie, 2017). Atsižvelgiant į esamus mokslininkų tiriamuosius darbus, reikia pabrėžti, kad mažai dėmesio skiriama intermodalinio terminalo krovos operacijoms vertinant geležinkelių sinergiją.

Mokslinė problema. Iki 2050 metų iškeltas tikslas – 30 % kelių transporto perkelti į kitas transporto rūšis. Atsižvelgiant į šį keliamą tikslą, kaip alternatyva gali būti vertinamas geležinkelių transportas. Taigi intermodalinis transportas atliks vis svarbesnį vaidmenį tiek pasaulinėje, tiek Europos krovinių transportavimo rinkoje. Intermodalinis transportas yra kompleksinis krovinių gabenimo būdas, nes jis sujungia įvairias transporto rūšis į vieną procesą. Kad vyktų sklandus atskirų transporto rūšių sujungimas transportavimo metu, privalo vykti glaudi jų sinergija terminale. Terminaluose naudojama infrastruktūra bei superstruktūra leidžia atlikti krovinių perkėlimą iš vienos transporto rūšies į kitą. Bet terminale esantys techniniai pajėgumai dar negarantuoja efektyvios veiklos jame. Intermodalinių terminalų pajėgumas ir našumas paprastai matuojamas atskirai nuo geležinkelių transporto įtakos terminalo veiklai. Geležinkelio operacijų integracija į terminalo veiklą yra minimali. Todėl, atsižvelgiant į šiuos aspektus ir mokslinėje literatūroje rastų tyrimų rezultatus, galima teigti, kad šiuo metu sinergija, esanti tarp geležinkelių transporto ir intermodalinio terminalo,

yra silpna, ją reikia tobulinti, sudarant prielaidą, kad tai galėtų su efektyvinti intermodalinio terminalo krovos procesą.

Darbo objektas – intermodalinio terminalo pasirengimo darbai krovos operacijoms atlikti panaudojant geležinkelių transporto aspektą.

Darbo tikslas – išanalizuoti intermodalinio terminalo krovos problematiką įvertinant geležinkelių poveikį krovos operacijoms.

Darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti intermodalinio transporto panaudojimo tendencijas ateityje.
2. Nustatyti sinergijos svarbą intermodaliniame transporte.
3. Identifikuoti krovos problematiką intermodaliniame terminale.
4. Išanalizuoti sąstatų, skirtų intermodaliniam terminalui, formavimo procesą.
5. Nustatyti krovinio paskirstymo problemą intermodaliniame terminale anketuojant ekspertus.
6. Pasirengimo krovos operacijoms, mokslinio modelio sukūrimas siekiant efektyvinti krovos procesus ir jo naudą nustatymas pasitelkiant ekspertus.

Darbo naujumas:

1. Įvertintas terminalo krovos efektyvumas, kai traukinio sąstatas formuojamas atsižvelgiant į terminalo teritorijoje esančių konteinerių išsidėstymą.
2. Įvertintas terminalo krovos efektyvumas, kai sandėliuojant konteinerius terminalo teritorijoje yra atsižvelgiama į planuojamo atvykti traukinio sąstato vagonų išsidėstymą.

Hipotezė – intermodalinio terminalo krovos sėkmė priklauso nuo krovos darbų organizavimo sinergijos su geležinkelių transportu.

Darbo metodai: mokslinių šaltinių analizė (moksliniai straipsniai, oficialios statistikos portalas), kiekybinis tyrimas taikant apklausos metodą, kokybinis tyrimas ir gautų rezultatų apibendrinimas, daugiakriterinis vertinimas.

1. INTERMODALINIS TRANSPORTAS IR TRANSPORTO SINERGIJA

1.1. Intermodalinio transporto samprata

Intermodalinis transportas yra objektas, kuriam pastaraisiais metais yra skiriamas didelis dėmesys. Pagrindiniai aspektai, kurie verčia daugiau naudotis intermodaliniu transportu: globalizacija, ekologijos svarba, dideli transportavimo kaštai, kurie tenka kelių transportui (Czapiewska, 2020). Intermodalinis pervežimas yra puiki alternatyva vienaarūšiam vežimui, atsižvelgiant į krovinių, vežamų dideliais atstumais, patiriamas sąnaudas. Taip pat šis transportavimo būdas sumažina taršą, lyginant su kroviniiais, visą maršrutą vežamais sunkvežimiu.

Mokslinėje literatūroje yra pateikiama nemažai įvairių intermodalinio transporto sąvokų, kelios iš jų pateiktos 1.1 lentelėje.

1.1 lentelė. Intermodalinio transporto sąvokos (šaltinis: sudarytas autoriaus)

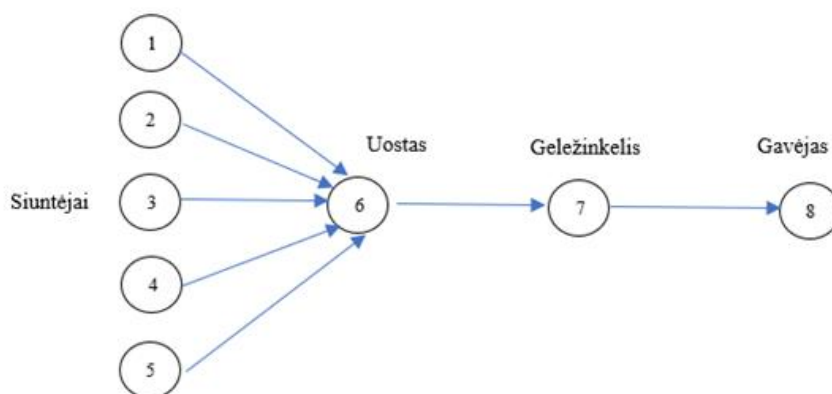
Sąvoka	Autorius
Intermodalinis transportas apima krovinių gabenimą konteineryje arba transporto priemone, naudojant kelias transportavimo rūšis (pvz., geležinkelius, laivus, sunkvežimius), keičiant rūšį netvarkant paties krovinio. Metodas sumažina krovinių tvarkymą, todėl pagerina saugumą, sumažina žalą ir praradimą bei leidžia greičiau gabenti krovinius	Munim & Haralambides (2018)
Intermodalinis pervežimas gali būti apibrėžiamas kaip asmens ar krovinio pervežimas iš jo kilmės vietos į paskirties vietą bent dviem transporto rūšimis, perkėlimas iš vienos rūšies į kitą vyksta intermodaliniame terminale.	Kim (2005)
Intermodalinis transportas pagal apibrėžimą yra prekių judėjimas vienu ir tuo pačiu pakrovimo vienetu arba kelių transporto priemone, kuri paeiliui naudoja dvi ar daugiau transporto rūšių, nekraunant krovinių, o keičiant transportavimo priemonę.	United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) (2018)
Intermodalinis transportas – tai krovinių gabenimas viename ir tame pačiame pakrovimo vienetu ar transporto priemone nuosekliomis transporto rūšimis, netvarkant pačių krovinių keičiant režimą.	Brnjac et al. (2019)

Pasak Baublio et al. (2004), norint, kad vežimų forma būtų apibrėžta kaip intermodalinis transportas, ji turi atitikti tokius reikalavimus:

- Yra naudojamos dvi ar daugiau transporto rūšys.

- Krovinsys lieka viename ir tame pačiame intermodalinio transporto krovimo vienetu viso jo transportavimo metu.
- Kuomet intermodaliniams vežimams naudojamas geležinkelių ar vandens transportas, jis pakeičia galimą ilgų nuotolių vežimą kelių transportu, o pastarasis yra naudojamas tik pradiniam / galutiniam krovinių surinkimui ir paskirstymui.

Taigi intermodalinis krovinių transportavimas nusako multimodalinę krovinių vežimo paslaugų grandinę. Šioje grandinėje dažniausiai bendradarbiaujama su pradiniu krovinių siuntėju ir galutiniu krovinių gavėju (galime apibrėžti kaip paslaugą nuo durų iki durų). Krovinių transportavimas dažniausiai vyksta dideliais atstumais ir pervežimus gali atlikti keli vežėjai. Pasak Wang ir Zhu (2017), geležinkelių / kelių intermodalinėje sistemoje dideli konteinerių kiekiai gabenami geležinkelių transportu ilgais atstumais, o trumpais atstumais perkraunami ir pristatomi sunkvežimiais. Intermodalinio transporto pavyzdys gali būti, kad į sunkvežimius pakraunami konteineriai išvyksta iš siuntėjo lokacijos, į intermodalinį terminalą, kuriame konteineriai perkraunami į geležinkelių riedmenis, kurie transportuos krovinį į jūrų uosto terminalą. Laivais krovinsys bus perkeliamas iš pradinio uosto į galutinį. Galutiniame uoste krovinsys minėta seka viena arba keliomis sausumos transporto priemonėmis: sunkvežimiu, geležinkeliu bus pristatomas galutiniam gavėjui. Jūrų transporto atveju konteineriai atvyksta į galutinį uostą iš kelių išvykimo vietų. Tada iš laivo iškraunamas krovinsys į geležinkelių transportą ir gabenamas į galutinę paskirties vietą. Visame transportavimo procese transportavimo maršrutas ir transportavimo būdas yra fiksuoti (Hu et al., 2021). 1.1 paveiksle pavaizduota intermodalinio terminalo transportavimo seka.



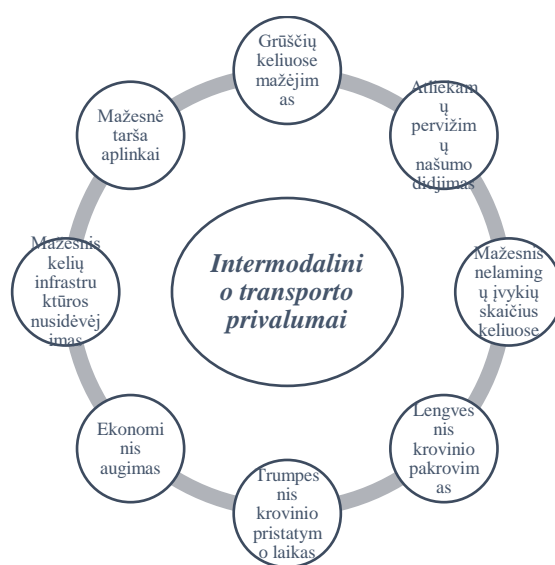
1.1 pav. Prekių transportavimo maršrutas (sudarytas autoriaus, remiantis Burdzik, Ciesla & Sladkowski, 2014)

Šiandien Europoje galime išskirti tris visiškai įdiegtas intermodalinio krovinių vežimo technologijas:

1. *Piggyback*;
2. *Rollende Landstrasse* (Ro-La);
3. *Modalohr* (Wiśnicki & Dyrda, 2016).

„Piggyback“ sistemai būdingas vertikalus ITV perkrovimas ir jų gabenimas geležinkeliu standartiniais platforminiais vagonais. Ro-La sistema pasižymi horizontaliu perkrovimu ir apima visų autotraukinių (vilkikų su pusprikabėmis) vežimą žemos apkrovos geležinkelio vagonais. *Modalohr* technologija naudojama horizontaliai pakrautoms pusprikabėms (be vilkikų) vežti ant specialių vagonų su sukamąja guolio dalimi (Wiśnicki & Dyrda, 2016).

Moksliniuose tyrimuose įvardijami Nehring & Jachimowski (2019); UIRR (2018); Hanssen ir Mathisen (2011) intermodalinio transporto privalumai pateikti 1.2 paveiksle.



1.2 pav. Intermodalinio transporto privalumai (Nehring & Jachimowski, 2019; UIRR, 2018; Hanssen & Mathisen, 2011)

Intermodalinio transporto pranašumas pirmiausia pasireiškia tuo, kad derinant įvairių transporto rūšių privalumus (kelių transporto atveju – lankstumą, geležinkelių – masto ekonomija) pasiekiamas transporto sąnaudų ir kelionės laiko balansas (Barysienė, 2011). Tarp įvairių transportavimo formų kelių / geležinkelių intermodalinis pervežimas integruoja lankstų laiko pervežimą kelių transportu, vykdomą sunkvežimiais ir reguliarių vežimą geležinkeliais. Todėl jis naudojasi geru sunkvežimių mobilumu renkant ir pristatant trumpais / vidutiniais atstumais ir ekonomiškumu bei dideliu gabenimo geležinkeliu pajėgumu paskirstant tolimais atstumais (Sun & Li, 2019).

Intermodalinio transporto sistemos veikimas labai priklauso nuo jos intermodalinių terminalų vietos ir tipo / pajėgumo (Delgado et al., 2021). Europoje buvo nustatyti šie pagrindiniai veiksniai,

lemiantys ekonominį ir techninį intermodalinio transporto efektyvumą: intermodalinio transporto vienetų pasirinkimas, transporto priemonių pasirinkimas, perkrovimo technologija ir intermodalinės sąveikos organizavimas (Wiśnicki & Dyrda, 2016).

Šiais laikais viena labiausiai aptariamų visuomenės ir valdžios problemų yra klimato kaita pasaulyje. Daug diskutuojama, kodėl ši kaita vis stiprėja ir kaip prie viso to prisideda žmonių vykdoma veikla. Sparčiai augantis transporto priemonių skaičius, krovinių vežimo apimčių augimas (prie kurio prisidėjo ir pasaulinė pandemija) verčia ieškoti žalesnių alternatyvų transporto sektoriuje. Žalioji transportas yra ekologiškos logistikos elementas ir apibrėžiamas kaip atsargų (medžiagų ir gaminių) valdymas, mažinantis paskirstytų prekių poveikį aplinkai ir energetiniam pėdsakui (Klimecka-Tatar & Ingaldi, 2021).

Pasak Barysienės (2011); Budrienės ir Jarašūnienės (2015), viena iš alternatyvų yra perkelti dalį krovinių iš kelių transporto į alternatyvias transporto rūšis. Intermodalinis transportavimas paprastai yra ekonomiškesnis kroviniams, vežamiems daugiau nei 300 km. (Huynh et al., 2019; Šakalys & Batarlienė, 2017; Opala, 2021), ir išmeta mažesnę CO₂ nei krovinio transportavimas sunkvežimiu. Dėl šių pranašumų pastaraisiais metais labai išaugo intermodalinių krovinių apimtys (Huynh et al., 2019). Kombinuoto transporto direktyvos 92/106/EEC peržiūros ataskaitoje CLECAT (2021), nurodoma, kad siekiant užtikrinti, kad būtų pasiekti žaliojo kurso tikslai, viena iš alternatyvų yra išplėsti kombinuoto transporto taikymo sritį, įtraukiant visas daugiarašio transporto operacijas sąjungoje, su sąlyga, kad ilgiausia kelionės atkarpa būtų vykdoma naudojant tvarią transporto rūšį t.y. geležinkelių arba vidaus vandens kelius, o pradinės ir galutinės krovinių gabenimo atkarpos yra pakankamai trumpos. Ypač daug dėmesio skiriama geležinkelių transporto galimybėms intermodaliniame transporte, nes ši transporto rūšis pasižymi efektyviomis transportavimo galimybėmis.

Rezultatai rodo, kad naujų taisyklių taikymas kombinuoto transporto kelių atkarpoms paveiks maždaug 32 % visų kombinuoto transporto apimčių, o tai reiškia, kad maždaug trečdaliui kombinuoto transporto veiklos, operatoriai turėtų imtis kitokių priemonių, kad atitiktų naujas taisykles (European Commission, 2021).

Siekiant įgyvendinti žaliojo kurso ir tvaraus bei pažangaus judumo strategijos užmojus, per ateinančius dešimtmečius transporto sektorius susidurs su dideliais iššūkiais, kad pasiektų Sąjungos išmetamo anglies dioksido mažinimo tikslus. Siekiant ekologiškesnio krovinio transporto, CLECAT (2021), ir toliau raginama ieškoti patikimų ir ekonomiškai perspektyvių alternatyvių sprendimų, taip pat pakankamai pajėgumų geležinkelių ir vidaus vandens keliuose. Be jų modalinio perėjimo politika nebus įgyvendinta.

Mokslininkai įvairiose strategijose išskiria, kad visas pasaulis juda link žalesnio krovinių gabenimo ir viena iš pagrindinių alternatyvų yra intermodalinis transportas. Pagal statistiką mažiausiai tarši transporto priemonė yra geležinkelių transportas, kuris yra vienas pagrindinių intermodalio transporto sudėtinių dalių dėl savo ekonomiškumo. Siekiant efektyviausio geležinkelių transporto ir intermodalinio terminalo panaudojimo, turi būti stipri tarpusavio sąveika.

1.2. Intermodalinio terminalo sąveikos su kitomis transporto rūšimis svarba

Spartėjant globalizacijos procesams ir aktyvėjant tarptautiniam bendradarbiavimui, ilgėja prekių transportavimo maršrutai, o tai reikalauja naujų sprendimų, kaip kuo efektyviau panaudoti įvairias transporto rūšis. Tad vienas svarbiausių šiandienos Lietuvos transporto ir logistikos sektoriaus prioritetų yra spartus moderniausios krovinių gabenimo sistemos – transporto intermodalumo – diegimas (Filimanavičienė, 2014).

Viena svarbiausių intermodalinio transporto sistemos dalių yra intermodalinis terminalas (Šakalys & Batarlienė, 2017; Delgado et al., 2021). Jis yra atsakingas už intermodalinio transporto vienetų saugojimą ir perkrovimą į skirtingas transporto rūšis (Tadić et al., 2019). Intermodaliniai terminalai atlieka svarbų vaidmenį siekiant socialinio ekonominio ir aplinkos tvarumo, o jų plėtra turi įtakos konkurencinio pranašumo rinkoje gerinimui. Pasak Stoilova ir Martinov (2019), yra išskiriamos dvi intermodalinių terminalų grupės, kurios priklauso nuo transporto rūšių, aptarnaujamų terminale:

- Intermodaliniai terminalai, kurie aptarnauja tik geležinkelių ir kelių transportą.
- Trimodaliniai intermodaliniai terminalai, esantys vidaus vandenų uoste arba jūrų uoste. Trimodaliniuose intermodaliniuose terminaluose aptarnaujamos trys transporto rūšys: geležinkelių, kelių ir laivų.

Trys pagrindiniai atributai, turintys įtakos terminalų veikimui:

1. Vieta: akivaizdu, kad pagrindinis transporto terminalo veiksnys yra aptarnauti didelį krovinių kiekį, kuris yra terminalo rinkos zonoje. Tam tikriems terminalams taikomi specifiniai vietos apribojimai, pvz., uosto ir oro uosto vietos. Siekiant išvengti didelių žemės sąnaudų ir spūsčių mieste, nauji transporto terminalai dažniausiai yra už miesto ribų (Tadić et al., 2019).
2. Prieinamumas: pasiekiamumas kitų terminalų, taip pat tai, kaip terminalas yra susietas su regionine transporto sistema. Pavyzdžiui, jūrų terminalas yra mažai svarbus, jei jis efektyviai valdo jūrų eismą, bet yra prastai pasiekiamas savo vidaus transporto rinkoje (geležinkelių, kelių).

3. Infrastruktūra: pagrindinė terminalo funkcija yra tvarkyti ir perkrauti krovinius, nes transporto rūšys ir kroviniai yra fiziškai atskirti. Jų fizinis pajėgumas yra susijęs su jų užimamos žemės kiekiu ir technologiniu, darbo ir valdymo intensyvumu. Todėl svarbu atsižvelgti į infrastruktūrą, nes jos turi atitikti dabartinį srautą ir numatyti ateities tendencijas bei technologinius ir logistinius pokyčius (Bruns & Knust, 2010).

Pastaruoju metu literatūroje daugiausia dėmesio skiriama geležinkelio ir sunkvežimių intermodalinių terminalų vietos parinkimui (Tadić et al., 2019), saugojimo vietos paskirstymo problemai (Wang & Zhu, 2019) ir ant bėgių montuojamo ožinio krano planavimo problemai (Wang & Zhu, 2019).

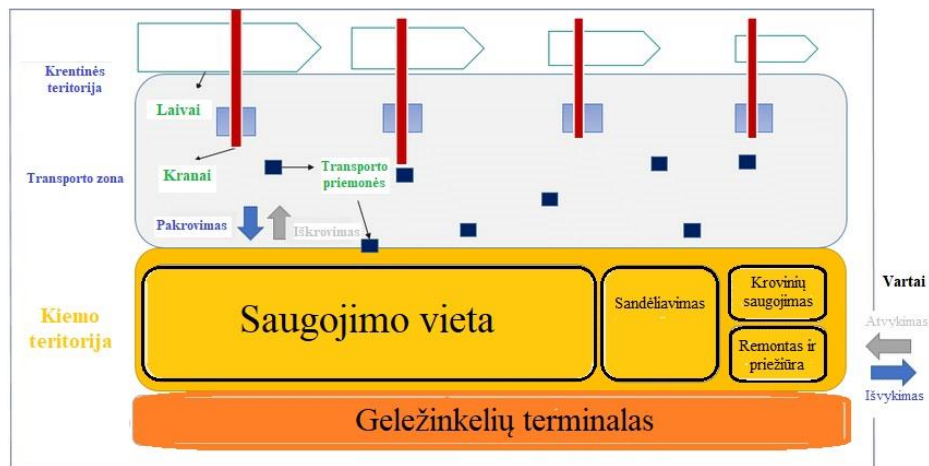
Intermodalinio terminalo paslaugos gali būti tokios:

- konteinerių remontas ir atnaujinimas;
- konteinerių valymas ir priežiūra;
- tuščių konteinerių saugojimas;
- sandėliavimas;
- bendrasis sandėliavimas mažesniems nei konteineriniams kroviniams;
- vežimas, pristatymas ir atsiėmimas;
- grupavimas (krovinių konsolidavimas);
- specializuotos paslaugos, pvz., eksporto pakavimas (Villiers, 2015).

Kad būtų galimybė užtikrinti visų teikiamų paslaugų kokybę, turi būti puikiai išplėta infrastruktūra terminalo teritorijoje. Kaip buvo minėta anksčiau, intermodaliniai terminalai yra kelių / geležinkelių ir uosto / geležinkelių. 1.3 ir 1.4 paveiksle pavaizduoti terminalų išdėstymai.



1.3 pav. Kelių / geležinkelių intermodalinio terminalo išdėstymas (Marinov et al., 2014)



1.4 pav. Uosto / geležinkelių intermodalinio terminalo išdėstymas (Amrou, Hassan & Boulmakoul, 2018)

Šių terminalų tipai natūraliai yra susiję su vežamų krovinių kiekiu ir pajėgumu. Savo išdėstymu jie nelabai skiriasi. Pagrindiniai jų skirtumai yra įrengimo, eksploatavimo ir priežiūros išlaidos (Tadić et al., 2019).

Kiekvienas intermodalinio terminalo infrastruktūros elementas turi atlikti jam skirtas funkcijas, kurios yra:

- vartai – vieta, kurioje yra registruojamos atvykstančios transporto priemonės ir suvedamos į terminalo sistemą;
- krovos keliai – naudojami traukinių laikymui pakrovos / iškrovos metu;
- pakrovimo ir privažiavimo keliai – skirti sunkvežimių pakrovai / iškrovai;
- laikinoji saugojimo vieta – naudojama trumpalaikiam (dažniausiai 24 val.) krovinių vienetų saugojimui;
- parkavimo keliai – atliekama traukinių apžiūra, vagonų perstatymas ir, retais atvejais, manevravimas bei techninė priežiūra.

Įprastai terminaluose naudojama įranga perkrovimui yra konteinerių krautuvas, šakinis krautuvas ir portalinis kranas, kurie pavaizduoti 1.5 paveiksle.



1.5 pav. Perkrovimo įranga (Rodrigue & Notteboom, 2022)

Ožiniai kranai naudojami vidutiniuose ir dideliuose terminaluose ir gali apimti nuo dviejų iki keturių geležinkelio kelių, įskaitant ir saugojimo teritoriją. Portaliniai kranai yra priskiriami stacionariai įrangai, nes jie gali važiuoti ant bėgių arba naudojantis guminėmis padangomis, tačiau tai riboja jų lankstumą, bet suteikia jiems pranašumą, nes naudojama mažiau vietos terminale.

Mažesni terminalai paprastai turi mobiliuosius kranus, tokius kaip konteinerių krautuvus, šakiniai keltuvai ir statramsčiai, jie lankstesni, tačiau turi trūkumą, nes jiems reikia daugiau vietos judėjimui. Šakiniai keltuvai ir krautuvai dažniausiai naudojami jūrų terminaluose, o ne taip dažnai kelių ir geležinkelių terminaluose. Dėl savo lankstumo jie dažnai naudojami kaip ožinių kranų papildymas didesniuose terminaluose.

Moksliniuose straipsniuose labiausiai apžvelgiamos problemos, susijusios su uždromis intermodalinio terminalo problemomis, kelios iš jų yra sandėliavimas, technikos panaudojimo efektyvinimas. Bet nėra mokslinių straipsnių kurie būtų susiję su transporto priemonių ir terminalo sąveikumo didinimu ir paslaugų efektyvinimu tiek terminalo, tiek transporto veikloje. Sąveikos didinimui su terminalu, svarbu išanalizuoti transporto rūšių (geležinkelių transportas) veiklos specifiką, siekiant juos integruoti į terminalo krovos proceso organizavimą.

1.3. Traukinio sąstato formavimo principai

Konteinerių transportavimas yra auganti rinka. Pastaraisiais metais labai išaugo jūrinio konteinerių vežimo, taip pat kontinentinio intermodalinio vežimo apimtys. Intermodaliniam transportui naudojamos įvairios transporto rūšys, tokios kaip keliai, geležinkeliai ar laivai. Prekės gabenamos krovinių vienetuose (konteineriuose, keičiamuose kėbuluose ar priekabose). Atsižvelgiame į krovinių planavimo situaciją Europos kelių – geležinkelių terminaluose: kroviniai atkeliauja tiesiai sunkvežimiu arba iš terminalo saugyklos ir pakeliami ant bėgių montuojamais ožiniais kranais į vagonus. Terminale perkraunama iki 24 skirtingų krovinių tipų. Vagonų ilgiai svyruoja nuo 40 iki 104 pėdų. Paprastai geležinkelių transporto poreikis yra didesnis nei traukinių talpa, t.y. į esamą traukinį galima pakrauti tik dalį krovinių vienetų nei yra poreikis.

Ženkliai padidinus gabenimą geležinkelių transportu ilgaus atstumais efektyvumą ir pajėgumą, galima paskatinti intermodalinį krovinių vežimą geležinkeliais – keliais. Geresnis traukinio pajėgumų panaudojimas gali padidinti krovinių vežimo geležinkeliais apimtį, taigi ir bendrą geležinkelių sistemos pajėgumų išnaudojimą. Todėl svarbu nustatyti, kurie krovinių vienetai bus pakraunami ir kurioje traukinio vietoje, siekiant maksimaliai padidinti traukinio pakrovimo laipsnį ir sumažinti išlaidas vienam krovinių vienetui (Heggen et al., 2016).

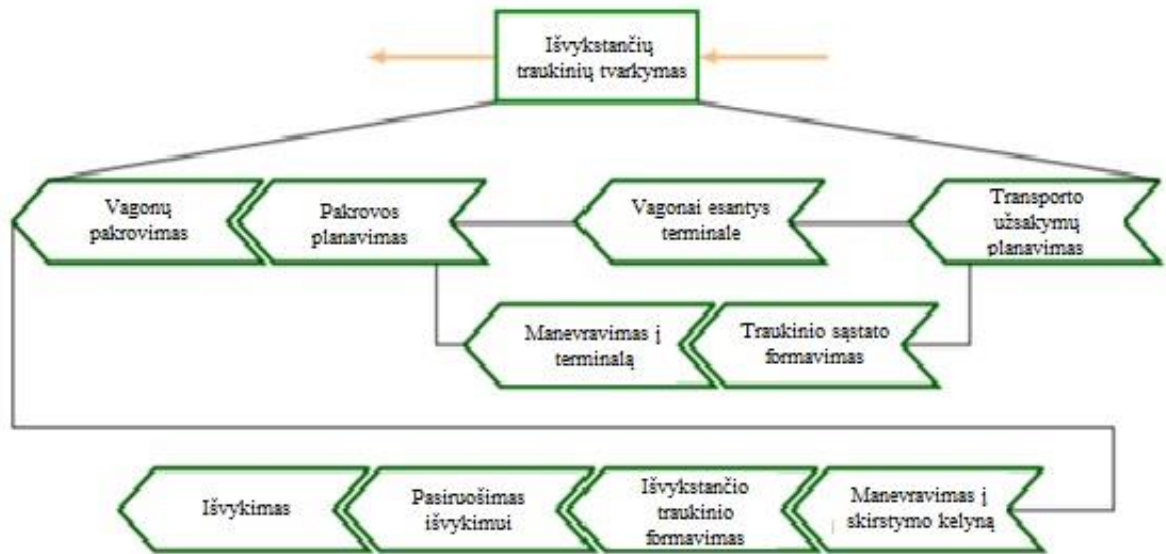
Krovinių gabenimą geležinkelių sistemoje galima suskirstyti į dvi rūšis. Pirma, kai kurios didelės apimties siuntos bus pristatytos tiesiai į iškrovimo vietą, suformuojant visą traukinį „nuo durų iki durų“. Antra, kitos siuntos į paskirties vietą bus pristatomos su papildomais perkrovimais, t.y.

siuntos turi būti perkraunamos jų maršrutuose (Lin et al., 2019). Tuo tarpu Morgantia et al., (2020); Crainica et al., (2019), teigia, kad geležinkeliai veikia pagal du konsolidavimo lygius. Pirma, sąstatai sugrupuojami į blokus, kad būtų vežami kartu, kaip unikalus subjektas, nuo bloko pradžios – terminalo, kuriame jis suformuotas, iki paskirties terminalo, kur jis išformuojamas.

Intermodaliniai traukiniai, kurie yra skirti vežti krovinius iš terminalo į terminalą, gali būti skirstomi pagal šias veikimo schemas: blokiniai traukiniai, maršrutiniai traukiniai, linijiniai traukiniai:

- blokiniai traukiniai – vagonai sugrupuojami į blokus, kad būtų vežami kartu, kaip unikalus subjektas, nuo bloko pradžios, terminalo, kuriame jis suformuotas, iki paskirties terminalo, kur jis išformuojamas. Vagonai, sudarantys bloką, nebūtinai turi tą pačią kilmę ar paskirties vietą, ir nebūtinai yra tokie patys kaip bloko, į kurį jie yra sugrupuoti, vagonai (Crainica et al., 2019);
- maršrutiniai traukiniai – turintys fiksuotą traukinio pravažiavimo pajėgumą, kurie šiuo metu yra dominuojantys intermodalinio transporto veikloje (Elbert & Reinhard, 2016). Vienas pavyzdžių Lietuvoje – traukinys „Vikingas“.
- linijiniai traukiniai – eksploatuojami koridoriuje, kuriame jie pravažiuoja kelis terminalus savo nustatytame maršrute tarp pradžios ir pabaigos terminalo. Jie tinka aptarnauti vietas, turinčias didelį krovos potencialą, kurios yra padalintos į keletą mažesnių vietų (Behrends, 2015).

Traukinio pakrovos planavimo problema yra operatyvinio sprendimo lygmenyje ir yra susijusi su dviejų tipų sprendimų priėmėjais – terminalo operatoriumi ir tinklo operatoriumi (Heggen et al., 2016). Terminalo operatorius yra atsakingas už perkrovimą iš vieno režimo į kitą ir daugiausia dėmesio skiria efektyviam išteklių paskirstymui, pavyzdžiui, siekiant sumažinti tvarkymo išlaidas. Perkrovimo procesas padidina grandinės pristatymo laiką ir bendras transportavimo išlaidas. Vadinas, jis turi būti vykdomas greitai ir efektyviai. Antrasis dalyvaujantis sprendimų priėmėjas yra tinklo operatorius, kuris organizuoja transportavimą ir dažnai susiduria su daugybe įvairių vagonų ir krovinių vienetų tipų. Tai padidina traukinių apkrovos planavimo sudėtingumą. 1.6 paveiksle pavaizduotas traukinių paruošimo intermodaliniame terminale procesas pagal (Schönemann, 2016).



1.6 pav. Išvykstančių intermodalinių traukinių tvarkymo proceso seka (Schönemann, 2016)

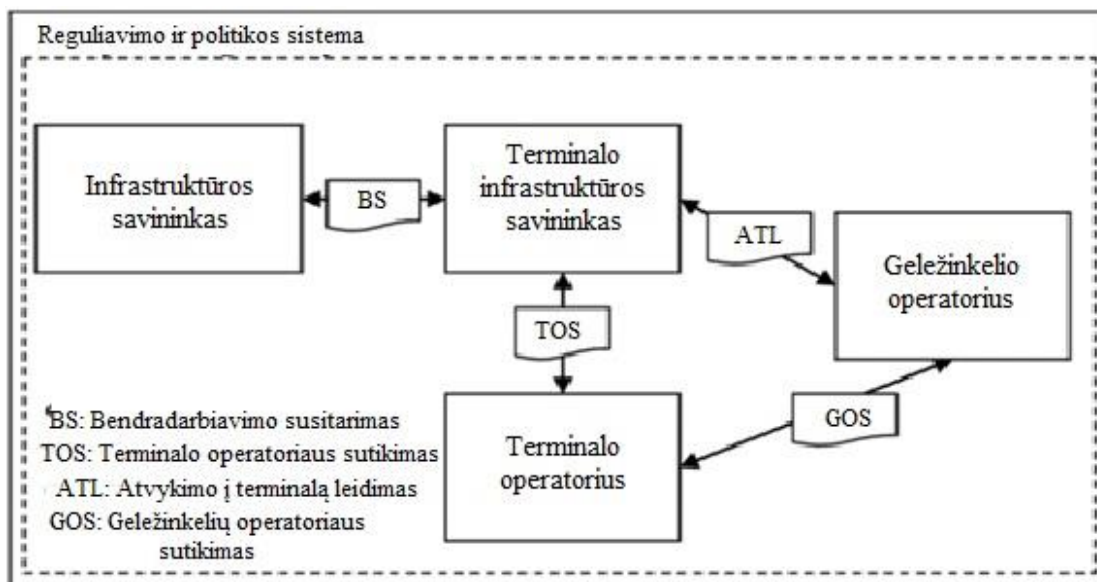
Nors terminalo operacijos, reikalingos traukinio pakrovos planui vykdyti, paprastai yra optimizuojamos, kai nustatomi pakrauti krovinių vienetai, naudojant ankstyvojo planavimo būdą galima dar labiau pagerinti bendrą traukinio pakrovos planavimo procesą (Heggen et al., 2016).

Pastebima, kad traukinio sąstato formavimas atliekamas neatsižvelgiant į terminalo teritorijoje esančių krovinių išdėstymą, o tai gali apsunkinti krovos procesą terminale. Svarbu išanalizuoti esamą intermodalinio terminalo krovos procesą, siekiant jį efektyvinti sujungiant geležinkelių transportą.

1.4. Intermodalinio terminalo krovos ypatumai

Planuojant traukinių pakrovimo operacijas intermodaliniuose terminaluose pateiktas siūlomas sprendimas Bruns ir Knust (2010): siūlomos trys skirtingos sveikųjų skaičių tiesinės programavimo formulės, skirtos konteineriams priskirti vagonų lizdus, siekiant maksimaliai išnaudoti traukinį ir sumažinti transportavimo išlaidas konteineriams pakrauti ir nustatyti vagono konfigūracijos keitimo išlaidas. Be to, atsižvelgiama į įvairius konteinerių tipus ir įvairius svorio apribojimus, susijusius su vagonų konfigūracija.

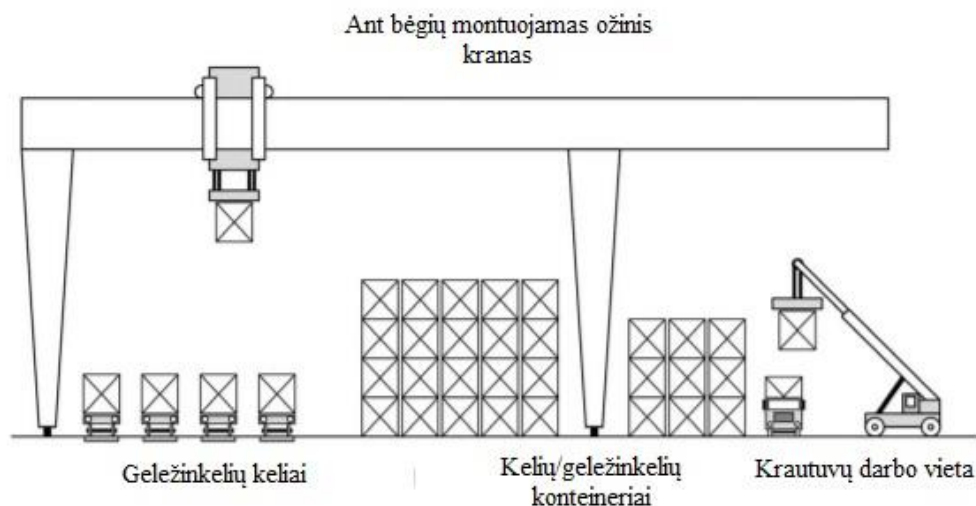
Vis dėlto terminalo valdytojas, atsižvelgdamas į traukinius, kurie atvyksta ir išvyksta iš kiemo pagal nurodytą grafiką, turi valdyti konteinerių ir vagonų srautą. 1.7 paveiksle pavaizduota intermodalinio terminalo darbų seka.



1.7 pav. Konceptinė intermodalinio terminalo valdymo sistema (Bergqvist & Monios 2014)

Kaip matoma paveiksle, pavaizduota darbų seka sujungiant geležinkelių transportą. Iš viso šiame procese dalyvauja 4 šalys, kurių sąveika turi būti operatyvi ir nepertraukiama.

1.8 paveiksle pavaizduota, ką terminalo operatorius turi valdyti vykdant krova, sandėliavimą ir konteinerių paskirstymą.



1.8 pav. Terminalo valdymo elementai

Intermodalinio terminalo operatorius turi valdyti tokią informaciją kaip geležinkelio kelių užimtumas, konteinerių vietos sekimas, krautuvų valdymas, atvykstančio autotransporto vietos priskyrimas, ožinio kranų naudojimo planavimas. Siekiant efektyviau apdoroti tokio tipo informaciją, reikalingas inovatyvių sprendimų diegimas terminalo veikloje.

1.5. Inovacijų taikymas intermodaliniame transporte

Intermodalinis transportas apima keletą suinteresuotųjų šalių ir komponentų, todėl intermodalinio transporto sistema yra sudėtinga ir reikalaujanti technologinių naujovių. Atliekant intermodalinio transporto infrastruktūros planavimą, yra būtina palyginti su kitomis transporto infrastruktūromis, o tai reikalauja glaudaus viešųjų ir privačių suinteresuotųjų šalių dalyvavimo (Binsbergen et al., 2014; Milenković et al., 2020). Siekiant užtikrinti sklandų intermodalinio transporto veikimą, yra reikalingas intensyvus informacijos srautas, veiksmingas esamų ir naujų skaitmeninio ir automatizavimo technologijų taikymas, kurie leidžia sklandžiai ir laiku perduoti informaciją apie krovinių intermodaliniame krovinių vežime. Informacinės ir ryšių technologijos intermodaliniame transporte apima jutiklius, palydovines technologijas, debesų kompiuteriją, žiniatinklio platformas ir automatizavimą (Kine et al., 2022). Pasak Milenković et al. (2020), vienas iš novatoriškų būdų, kaip pagerinti krovinių vežimo geležinkeliais paslaugas ir atitikti prašomus paslaugų kriterijus siuntėjo požiūriu. Tai galima atlikti tik pagerinus su geležinkeliais susijusių ir su geležinkeliu nesusijusių suinteresuotųjų šalių koordinavimą transporto grandinėje.

Kine et al. (2022), moksliniame straipsnyje analizavo technologijas, kurios turėtų padėti priimti sprendimus, planuojant ir valdant uostų / terminalų veiklą, taip pat stebėti, valdyti transporto grandinės nuokrypius. 1.2 lentelėje yra išskirtos technologijos ir jų įtaka uostams ir terminalams.

1.2 lentelė. Uostų ir terminalų technologijos (Kine et al., 2022)

Technologija	Uostai ir terminalai
Automatizavimas	Sutrumpinamas prastovos laikas, efektyvesnis saugumas, efektyvesnis krovinių tvarkymas, tikslesnis uosto/terminalo veiklos planavimas, tikslesnis krano panaudojimas.
Daiktų internetas, jutikliai ir belaidžio ryšio technologija	Užtikrina automatinį konteinerių atpažinimą prie vartų, konteinerių apsaugą, konteinerių vietą uoste/terminale.
Žiniatinklio platformos, dirbtinis intelektas, debesų kompiuterija ir dideli duomenys	Transliacijų tvarkaraščiai uoste; aiškus reikalingos informacijos ir procedūrų pateikimas suinteresuotosioms šalims.
Padėties nustatymo technologija	Naudojamas sunkvežimiams, konteineriams ir įrangai uostuose nustatyti, kad būtų galima efektyviai planuoti darbą.
Elektroniniai dalijimosi duomenimis įrankiai	Skirtas vieno langelio paslaugai.
Stebėjimo technologija	Užtikrina krovinių saugumą procese; identifikuoja į uostą įvažiuojančių sunkvežimių numerius.

Pastaruoju metu jūrų terminalai vis stipriau bendradarbiauja su geležinkelių terminalais. Vienas iš pavyzdžių, Šanchajus išleido transporto struktūrų koregavimo įgyvendinimo planą. Juo siekiama sukurti intermodalinę krovinių vežimo sistemą, skirtą dalytis informacija tarp jūrų terminalo ir geležinkelio terminalų (Yan et al., 2020). Išmaniosios transporto sistemos yra sukurtos tam, kad suteiktų bendradarbiavimo planavimo galimybę tarp kelių intermodalinio vežimo dalyvių, greitai keičiantis informacija (Guo et al., 2021). Informacija apie geležinkelių terminale kaupiamų konteinerių skaičių yra pasidalinama su jūrų terminalu. Jų bendradarbiavimas padeda paspartinti konteinerių kaupimą geležinkelių terminale. Tai labai sumažina laukimo laiką geležinkelių terminale ir skatina perėjimą nuo sunkvežimio prie traukinio.

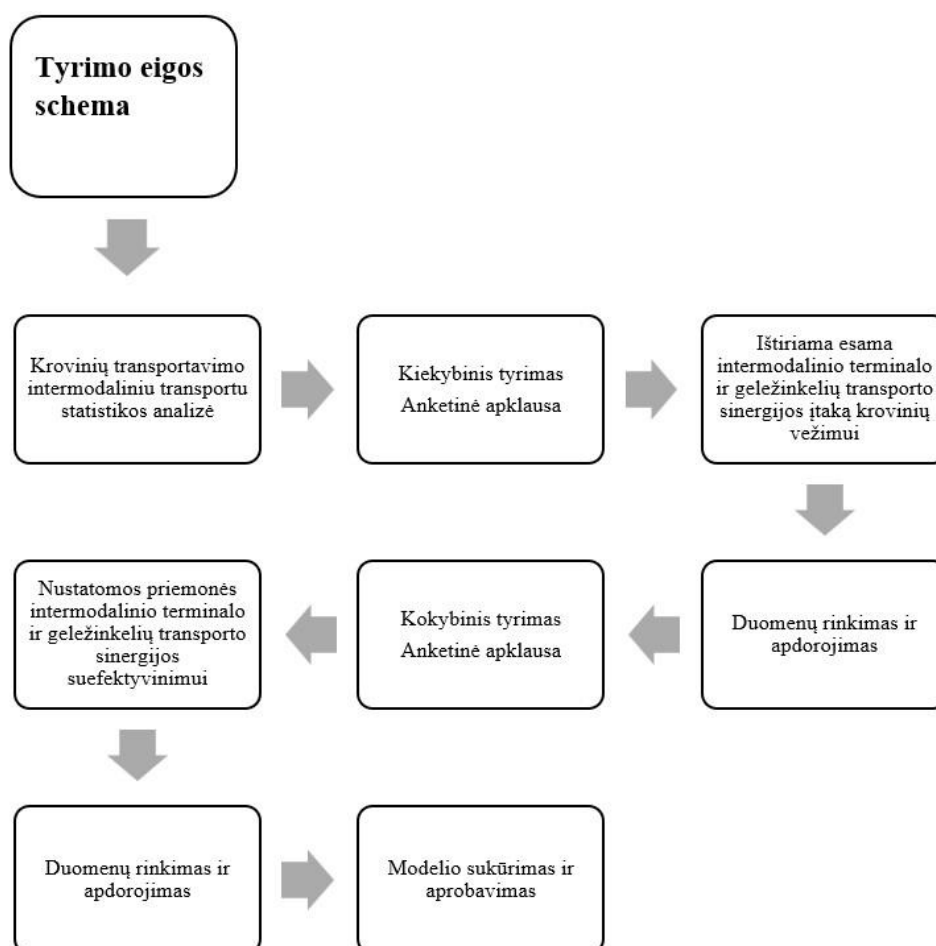
Intermodaliniame transporte inovacijų poreikis vis didėja, pagrindinės iš jų yra skaitmenizavimas, siekiant tikslesnio terminalo darbų planavimo, tiekimo grandinės proceso stabilesnio veikimo. Pasaulis taip pat juda į autonomiją: autonominiai kranai, autonominės planavimo priemonės, o visa tai padės užtikrinti geresnę transporto priemonių sąveiką terminale.

1.6. Pirmojo skyriaus išvados

1. Atlikus mokslinės literatūros šaltinių analizę nustatyta, kad labiausiai mokslininkai akcentuoja intermodalinio transporto svarbą siekiant žaliojo transporto vizijos, privalumus atliekant intermodalinius vežimus, pagrindinius faktorius, kurie daro įtaką terminalų ir transporto rūšių sinergijai bei krovos problematiką intermodaliniame terminale.
2. Iš atliktos analizės pastebėta, kad mokslininkų atlikti tyrimai intermodalinio terminalo krovos problematikai yra labiausiai orientuoti į terminalą kaip atskirtą veiklos vienetą, kai nėra vertinami kiti terminalo krovos proceso dalyviai (geležinkelių transportas). Mokslinėje literatūroje daugiausiai dėmesio skiriama jūrų uostų terminalų krovos proceso problematikos tyrimui. Taip pat tyrimai atliekami krano panaudojimo efektyvinimui terminale, inovatyvių pakrovos/iškrovos būdų pritaikymui terminalo veikloje.
3. Atlikus mokslinės literatūros analizę galima teigti, kad nėra modelio, kuris apibrėžtų intermodalinio terminalo krovos efektyvinimą į / iš geležinkelių transporto, kad būtų užtikrinta stipresnė sinergija, siekiant trumpiausios, pigiausios krovinių aptarnavimo trukmės.

2. INTERMODALINIO TERMINALO KROVOS PROBLEMATIKOS IDENTIFIKAVIMAS VERTINANT GELEŽINKELIŲ SINERGIJĄ

Šiame skyriuje atliekami tyrimai, siekiant išanalizuoti intermodalinio terminalo krovos problematiką įvertinus geležinkelių sinerģiją. Skyriuje atliekami 3 tyrimai, jų seka nurodoma 2.1 paveiksle.

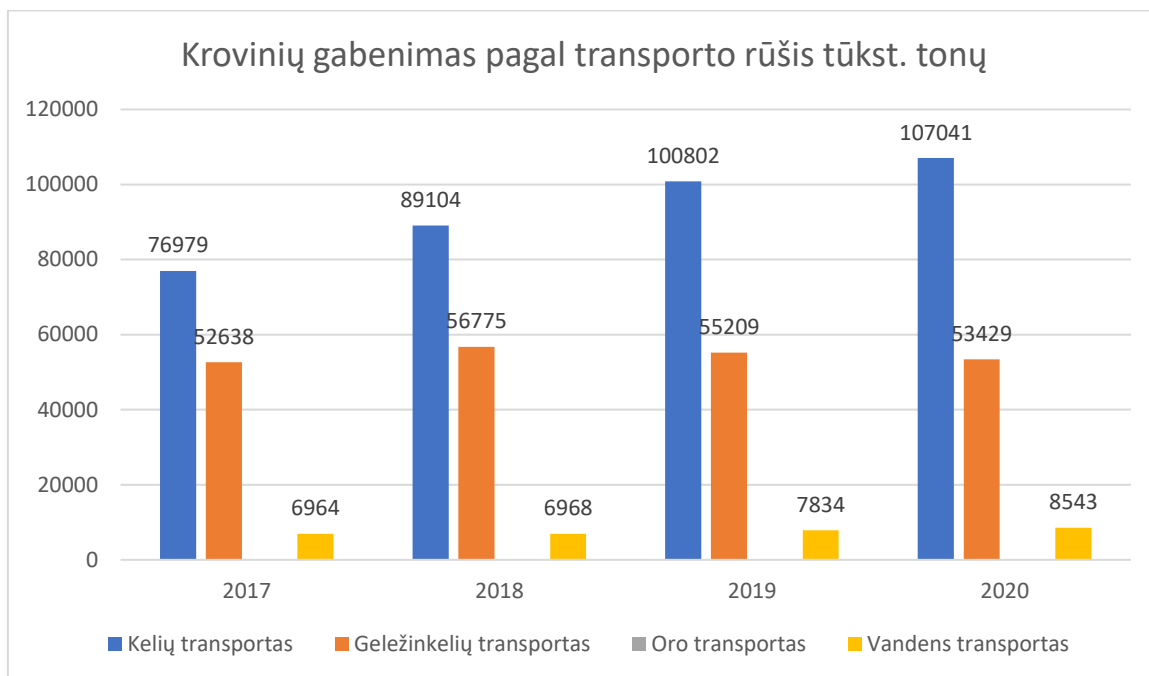


2.1 pav. Tyrimų atlikimo schema (sudaryta autoriaus)

Pirmas tyrimas buvo atliekamas analizuojant krovinių transportavimo statistiką, siekiant įvertinti intermodalinio transporto panaudojimo dabartį ir ateities perspektyvas. Kitas tyrimas yra kiekybinis, kuriame naudojama anketinė apklausa, kuria siekiama išanalizuoti esamą sinerģijos įtaką krovinių vežimui. Paskutinis, trečiasis tyrimas, yra kokybinis, kuriame naudojama anketinė apklausa, o tyrimo tikslas – nustatyti, kokios priemonės galėtų sustiprinti geležinkelių transporto ir intermodalinio terminalo sinerģiją.

2.1. Krovinių transportavimo pasiskirstymas pagal vežimo rūšį tyrimas

Siekiant įsivertinti intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sinergijos svarbą ateities perspektyvoje, atliekama analizė, kurios metu bus nustatytas gabenamų krovinių pasiskirstymas skirtingose transporto rūšyse. Gauti duomenys pateikiami 2.2 paveiksle.

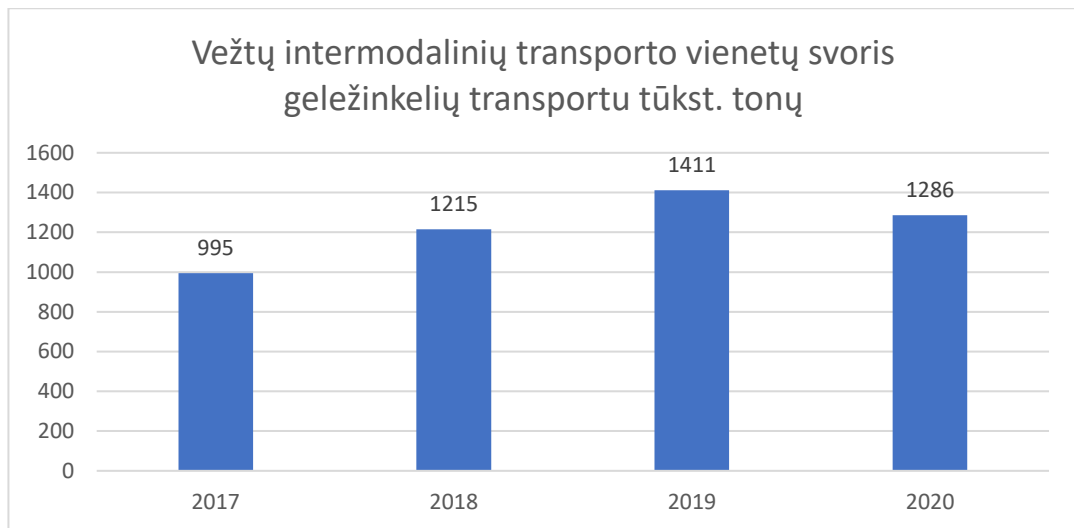


2.2 pav. Krovinių gabenimo pasiskirstymas (Oficialios statistikos portalas, 2022)

Kaip matoma iš pateiktų duomenų, kelių transportas lyderiauja pagal krovinių vežimo apimtį Lietuvoje. Kelių transportu pervežama apie 50 % visų krovinių, o tai daro neigiamą įtaką aplinkos taršai, grūstims keliuose ir taip nenašiam krovinių gabenimui.

Planuojama, kad Europos krovinių sausumos transporto rinka iki 2030 m. išaugs 30 %. Lyginant pagal 2.2 paveiksle pateiktus duomenis, 2020 m. kelių transportu pervežtų krovinių kiekis 2030 m. gali siekti 139 153 tūkst. tonų.

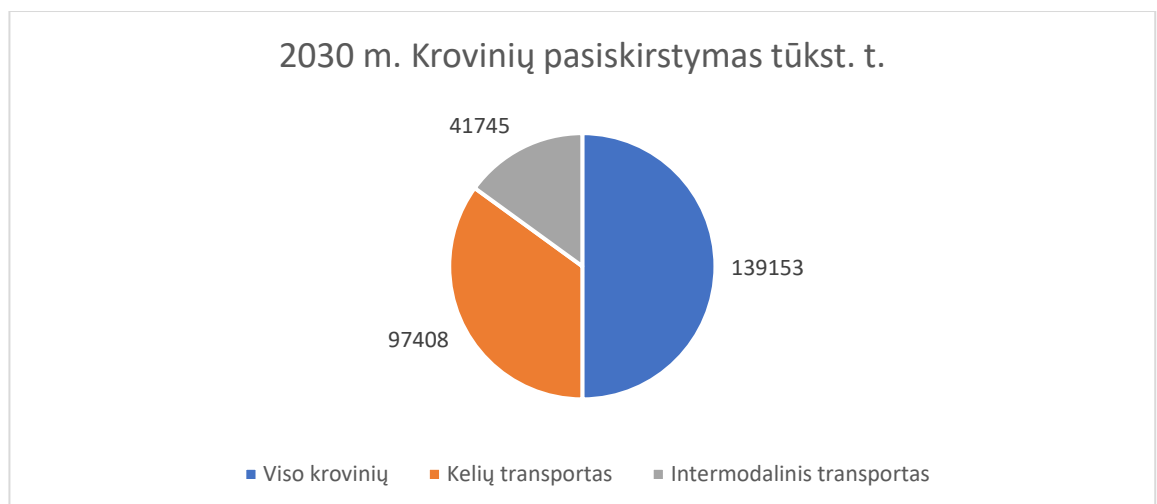
Atsižvelgiant į žaliosios logistikos keliamus reikalavimus, svarbiu aspektu tampa geležinkelių transportu gabenamų krovinių apimtys intermodalinio transporto kontekste. Dėl šios priežasties pateikiama analizė susijusi su intermodaliniu transportu pervežtų krovinių kiekiu, panaudojant geležinkelių transportą. Statistika 2017–2020 m. pateikiama 2.3 paveiksle.



2.3 pav. Intermodaliniu transportu pervežtų krovinių apimtys (Oficialios statistikos portalas, 2022)

Iš pateiktų duomenų matoma, kad intermodaliniu transportu, panaudojant geležinkelių transportą, 2020 m. buvo pervežta 1 286 tūkst. tonų krovinių. Lyginant duomenis su 2.2 paveiksle pateiktais, geležinkelių transportu pervežtu krovinių kiekiu 2020 m. matoma, kad intermodaliniai vežimai sudarė tik 2 % vežtų krovinių. O tuo pačiu principu lyginant su kelių transportu pervežtu krovinių kiekiu, intermodalinis transportas sudarė tik 1 %.

Pastebėtina, kad iki 2050 metų yra iškeltas tikslas 30 % kelių transporto perkelti į kitas transporto rūšis pagal EU strategiją, o tai lemia, kad intermodalinis transportas įgaus vis didesnę reikšmę. Taip pat, kaip buvo pastebėta anksčiau, planuojama, kad krovininio sausumos transporto rinka iki 2030 m. išaugs 30 %, o kelių transportu pervežtų krovinių kiekis gali siekti 139 153 tūkst. tonų. Iš šių duomenų galime daryti prielaidą, kiek krovinių gali būti transportuojama panaudojant intermodalinį transportą. Gauti duomenys pateikiami 2.4 paveiksle.



2.4 pav. Intermodaliniu transportu pervežtų krovinių apimtys

Iš pateiktų duomenų matoma, kad 2030 m. intermodalinio transporto panaudojimas lyginant su 2020 m. gali išaugti 32 kartus. Lyginant intermodalinį transportą su kelių transportu pervežtu krovinių kiekiu, intermodalinis transportas sudarys 42 %, kai 2020 m. siekė vos 1 %.

Statistinių duomenų analizės išvada. Atlikus duomenų analizę galima teigti, kad šiuo metu didžiausias krovinių kiekis tenka kelių transportui, mažesnė dalis tenka geležinkelių transportui. Intermodalinis transportavimo būdas šiuo metu neturi didelės paklausos tarp vežėjų. Įvertinus duomenis matoma, kad intermodalinio transporto paklausa turėtų augti ateityje, o tai leidžia daryti prielaidą, kad intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sinergija ateityje gali būti labai aktuali. Viena iš svarbiausių operatyvaus intermodalinio transportavimo sudedamųjų dalių yra krovos proceso organizavimas. Dėl šios priežasties bus atliekamas tyrimas, siekiant išanalizuoti intermodalinių terminalų, krovos operacijų esamą situaciją bei įvertinti, kokia dalis krovos operacijų efektyvumo priklauso nuo geležinkelių transporto sinergijos.

2.2. Ekspertų apklausa. Tyrimo tikslai, uždaviniai, metodologija

Analizuojant mokslinius tyrimus, susijusius su intermodaliniu transportu, bei statistikos departamento duomenis, buvo siekiama nustatyti intermodalinio transporto svarbą ateities perspektyvoje. Iš šių duomenų susiformavo prielaidos apie intermodalinio terminalo krovos problematiką vertinant geležinkelių sinergiją.

Iš prielaidų buvo iškelta hipotezė – intermodalinio terminalo krovos darbų sėkmė priklauso nuo sinergijos su geležinkelių transportu. Siekiant patvirtinti išsikeltą hipotezę bus atliekamas tyrimas.

Tyrimo metu bus atliekama ekspertų apklausa, kartu bendradarbiaujant, vienas pagrindinių uždavinių yra sukurti tokią krovos sistemą, kuri būtų naudinga visiems dalyviams, esantiems intermodalinio transporto procese.

Tyrimo tikslas – ištirti esamą problemą intermodalinio transporto terminalo krovos operacijose, vertinant geležinkelių sinergiją.

Kad visą tai galėtume atlikti, yra reikalingas suinteresuotų šalių įsitraukimas – intermodalinių terminalų operatorių, geležinkelių transporto operatorių, klientų, kurie naudojami intermodaliniu transportu. Remiantis jų įžvalgomis bei nuomonėmis, bus apibendrinama, kokie veiksmai reikalingi siekiant sustiprinti sinergiją tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto.

Siekiant įvertinti intermodalinių terminalų, geležinkelių ekspertų bei kitų svarbių transporto ir logistikos dalyvių įžvalgą į esamas intermodalinio terminalo krovos ir planavimo operacijas, taip pat sinergijos plėtojimo galimybes, bus atliekama anketinė ekspertų apklausa.

Norint atrinkti tinkamus respondentus, kurių pateikti atsakymai būtų reikšmingi, atliekant tyrimą ir formuojant išvadas, buvo keliami reikalavimai respondentų atrankai. Atsižvelgiant į

magistro baigiamojo darbo temą, galima teigti, kad ji nusako kelis raktinius žodžius (intermodalinis terminalas, krova, geležinkelių transportas, transporto rūšių sąveika), kurie sąlyginai apibrėžia reikalavimus galimų ekspertų parinkimui. Ekspertų atrankos kriterijai nurodomi 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Ekspertų atrankos kriterijai

Respondentai	Intermodalinis terminalas	Geležinkelių transportas	Transporto rūšių sinergija
Kriterijus	Paslaugų teikėjas	Paslaugų teikėjas	Kelių transportas/geležinkelių transportas
Kriterijus	Paslaugų gavėjas	Paslaugų gavėjas	Kelių transportas/geležinkelių transportas

Atsižvelgiant į kriterijus, nurodytus 2.1 lentelėje, pastebima, kad pagrindinis dėmesys yra skiriamas paslaugų teikėjams ir gavėjams, nes jie tiksliausiai gali nusakyti esamą paslaugų kokybę. Taip pat respondentai turi teikti arba naudotis kelių ar geležinkelių transporto paslaugomis, kad įvertintų esamą sinergiją tarp jų. Be šių pagrindinių kriterijų, svarbu įvesti kriterijus, sietinus su jų patirtimi ir darbo specifikos ypatumais (2.2 lentelė).

2.2 lentelė. Ekspertų atrankos kriterijai

Kriterijus Nr. 1	Dirba/-o geležinkelių/kelių transporto sektoriuje nemažiau kaip 3 metus.	Taip → Kriterijus Nr. 2 Ne → Netinkamas apklausai
Kriterijus Nr. 2	Teikia/naudojasi intermodalinio terminalo paslaugomis.	Taip → Kriterijus Nr. 3 Ne → Netinkamas apklausai
Kriterijus Nr. 3	Teikia/naudojasi intermodalinio terminalo paslaugomis nemažiau kaip 2 metus.	Taip → Kriterijus Nr. 4 Ne → Netinkamas apklausai
Kriterijus Nr. 4	Respondentas turi mokslinį išsilavinimo laipsnį.	Taip → Tinkamas apklausai Ne → Netinkamas apklausai

Respondentai apklausai buvo pasirenkami pagal savo veiklą, kuri yra susijusi su intermodaliniu terminalu, intermodalinio transportavimo paslaugų naudojimu, ir taip pat asmenys iš geležinkelių transporto sektoriaus.

Tyrimo mastas

Potencialūs respondentai buvo atrenkami panaudojant Lietuvos įmonių paieškos įrankį rekvizitai.lt. Išfiltravus pagal sritį „Transporto paslaugos“ ir įterpus žodį „Intermodal“ buvo surastos

23 įmonės. Siekiant nustatyti reikalingą respondentų skaičių buvo atliekami imties dydžio skaičiavimai. Atlikti imties dydžio skaičiavimai, kuriuose tikimybė buvo nurodyta 95 %, o paklaida 10. Gautas rezultatas parodė, kad reikia apklausti 19 respondentų.

Didžiausias dėmesys buvo skiriamas geležinkelių / kelių transporto įmonėms ir intermodalinio terminalo darbuotojams. Pagal 2.2 lentelėje išskeltus apklausos kriterijus, anketos buvo išsiųstos 15 respondentų, gauti atsakymai iš 9 respondentų.

Ekspertų nuomonių suderinamumo skaičiavimo metodika

Siekiant nustatyti nuomonių suderinamumą, dažnu atveju yra taikomas Kendallo konkordancijos koeficientas. Atliekant skaičiavimus ir siekiant nustatyti konkordancijos koeficientą, reikia kriterijams skirti rangus. Kriterijams rangus suteikia ekspertai, kurie išskiria kriterijaus svarbą visumoje kitų kriterijų. Kriterijų rangavimas – tai veiksmas, kai didžiausią svarbą turinčiam kriterijui suteikiamas rangas, atitinkantis vieneta, antram pagal svarbą – antras rangas, ir pagal seką t.t. Kiekvieno kriterijaus rangų suma skaičiuojama taip (Zapolskytė, 2021):

$$R_i = \sum_{j=1}^m R_{ij} \quad (1)$$

čia m – ekspertų skaičius; n – kriterijų skaičius.

Nuokrypis nuo bendro kvadratų suma apskaičiuojama šia formule:

$$S = \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2 \quad (2)$$

čia R_i – kriterijaus rangų suma; \bar{R} – bendras vidurkis.

Bendras vidurkis \bar{R} skaičiuojamas pagal formulę:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij}}{n} \quad (3)$$

Visų m ekspertų n rodiklių rangų suma, skaičiuojama pagal formulę:

$$\sum_{i=1}^n R_i = \frac{1}{2} mn(n + 1) \quad (4)$$

ir bendras jų vidurkis:

$$\bar{R} = \frac{1}{2}m(n+1) \quad (5)$$

Jis yra priklausomas nuo: n ir m dydžių. Jis visiškai nėra priklausomas nuo suderinamumo lygio.

Vidutinis kiekvieno kriterijaus rangas \bar{R}_i gaunamas šiam kriterijui suteiktą rangų sumą padalinus iš ekspertų skaičiaus:

$$\bar{R}_i = \frac{\sum_{j=1}^m R_{ij}}{m} \quad (6)$$

čia R_{ij} – eksperto kriterijui suteiktas rangas, m – ekspertų skaičius.

Jei S yra reali kvadratų suma, suskaičiuota pagal 2 formulę, konkordancijos koeficientas, kai nėra susietų rangų, apibrėžiamas gautos S ir atitinkamos didžiausios santykiu: S_{max}

$$W = \frac{12S}{m^2n(n^2-1)} = \frac{12S}{m^2(n^3-n)} \quad (7)$$

Kiekvieno kriterijaus rangų R_{ij} sumos, nuokrypis nuo rangų vidurkio \bar{R} kvadratų sumos gali būti apskaičiuojama pagal formulę:

$$S = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{1}{2}m(n+1) \right]^2 \quad (8)$$

čia n – kriterijų kiekis; m – respondentų skaičius.

Bendras vidurkis priklauso tik nuo m ir n dydžių ir nepriklauso nuo suderinamumo lygio. Naudojant žinomų m natūraliųjų skaičių ir jų kvadratų sumų formules, kvadratų suma S yra lygi:

$$S_{max} = \frac{m^2n(n^2-1)}{12} \quad (9)$$

Konkordancijos koeficientas yra atsitiktinis dydis, todėl reikia apskaičiuoti koeficiento reikšmingumą. Konkordancijos koeficiento reikšmingumas nustatomas pagal formulę:

$$x^2 = m(n-1)W = \frac{12S}{mn(n+1)} \quad (10)$$

Pasirinkus reikšmingumo lygmenį α , kurio reikšmė dažniausiai imama 0,05 arba 0,01, pagal X^2 (chi kvadrato) Pirsono kriterijumi, turimam $v = n - 1$ laisvės laipsniui, reikalinga nustatyti kritinę

skirstinio reikšmę $x_{kr}^2 = x_{v;a}^2$ (2 priedas). Jei pagal 10 formulę apskaičiuota x^2 reikšmė yra didesnė už $x_{v;a}^2$, tariama, kad visų ekspertų vertinimai yra suderinti ir kriterijų svorių vidurkiai pagrįstai gali būti imami kaip problemos sprendinys (Zapolskytė, 2021).

Grupės ekspertų vertinimo suderinamumą nustatome suskaičiuodami konkordancijos koeficiento W_{min} reikšmę pagal formulę:

$$W_{min} = \frac{x_{v;a}^2}{m(n-1)} \quad (11)$$

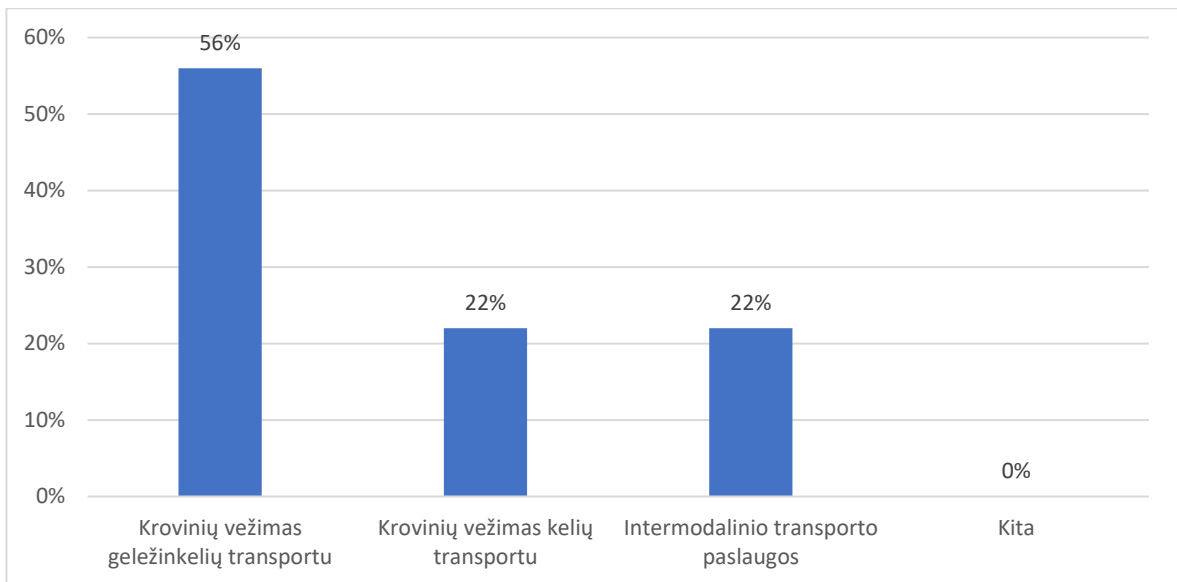
Jei nustatoma, kad $W > W_{min}$ tai leidžia daryti išvadą, kad respondentų nuomonės yra suderintos.

Anketos klausimų sudarymo principas. Ekspertų apklausai klausimai buvo sukurti ir patalpinti internetinėje apklausų kūrimo ir publikavimo platformoje www.apklausa.lt, tai pat klausimai buvo aptariami nuotoliniu būdu MS TEAMS platformoje. Klausimyną iš viso sudarė 11 klausimų. Klausimų anketa pateikiama 1 priede. 1 ir 2 klausimo tikslas buvo nustatyti bendrą informaciją apie respondentą t.y. veiklos sritis ir darbo patirtis logistikos srityje. Nuo 3 iki 4 klausimo buvo siekiama išsiaiškinti, kokie kriterijai lemia apsisprendžiant dėl transportavimo būdo ir koks transportavimo būdas šiuo metu yra geriausiai išvystytas. Klausimai nuo 5 iki 6 buvo susiję su intermodalinio transporto panaudojimo grėsmėmis, galimybėmis, stiprybėmis, silpnybėmis. Paskutiniaisiais klausimais nuo 7 iki 11 buvo siekiama išsiaiškinti, kokie veiksniai lemia glaudesnę intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sinergiją, ir kokius veiksmus reikėtų atlikti siekiant optimizuoti tarpusavio krovos procesą.

2.3. Intermodalinio terminalo krovos problematikos identifikavimas vertinant geležinkelių sinergiją. Ekspertų apklausa

Šis poskyris yra sudarytas iš rezultatų, gautų atlikus ekspertų anketinę apklausą. Visų pirma pateikiama bendra informacija apie respondentą. Šiai užduočiai buvo pasitelkti 1 ir 2 klausimai.

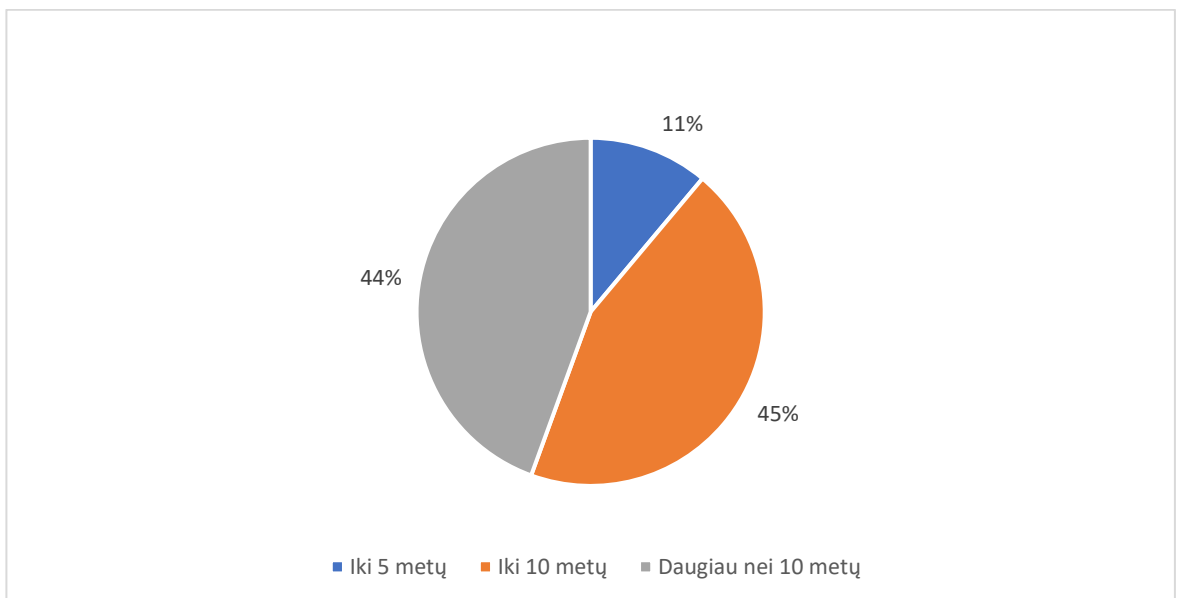
Atliekant tyrimą visų pirma buvo svarbu nustatyti, kokioje srityje šiuo metu dirba respondentai. Respondentui buvo pateikiami keli atsakymo variantai. Atsakymų pasiskirstymas pateiktas 2.5 paveiksle.



2.5 pav. Respondentų veiklos sritis

Iš paveiksle pateiktų duomenų matoma, kad didžioji dalis respondentų, atsakiusių į klausimus, yra dirbantys darbą, susijusį su krovinių vežimu geležinkelių transportu. Respondentai, teikiantys krovinių vežimo kelių transportu paslaugas ir intermodalinio transporto paslaugas, pasiskirstė po lygiai. Gauti atsakymai leidžia teigti apie respondentų tinkamumą nagrinėjant ir išryškinant intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sinergijos problemas.

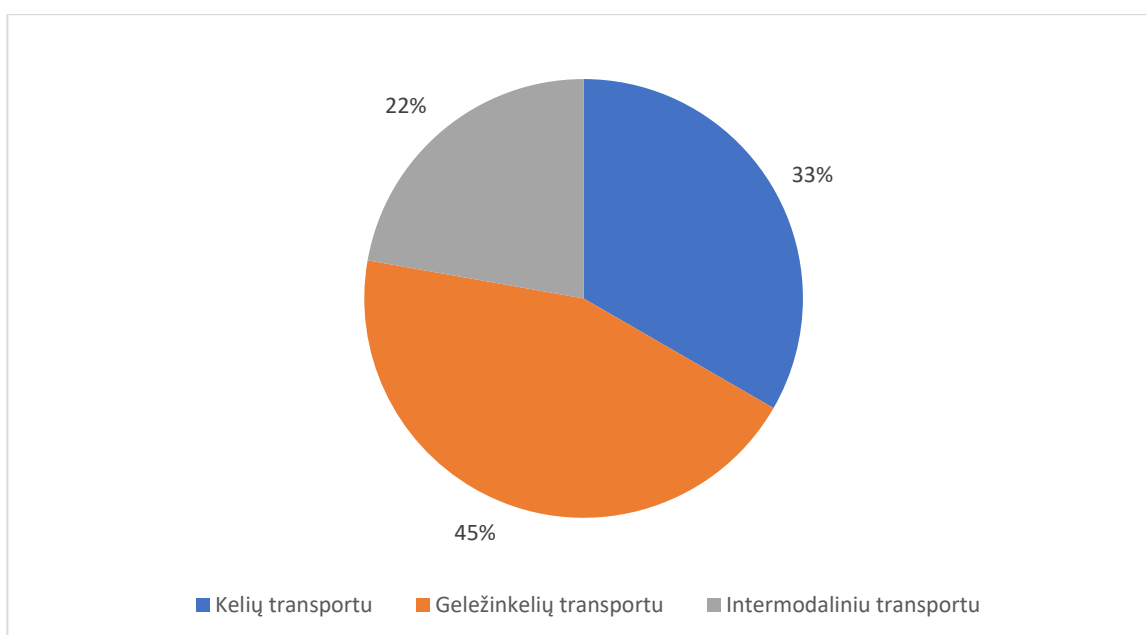
Įvertinus respondentų tinkamumą pagal darbo specifiką, svarbu nustatyti, kokia yra respondentų darbo patirtis logistikos srityje – tai atlieptų respondentų kompetentingumą atsakant į klausimus (2.6 pav.).



2.6 pav. Patirtis logistikos srityje

Kaip pastebima iš paveiksle pateikiamų rezultatų, mažiausiai respondentų logistikos srityje dirba iki 5 metų, pasiskirstymas tarp iki 10 metų ir daugiau nei 10 metų yra panašus. Šie rezultatai leidžia teigti, kad respondentai, atsakinėję į pateiktus klausimus, turi sukaupę didelę patirtį logistikos srityje, tad darome prielaidą, kad jų atsakymai į pateiktus klausimus, susijusius su šio darbo problematika, bus korektiški.

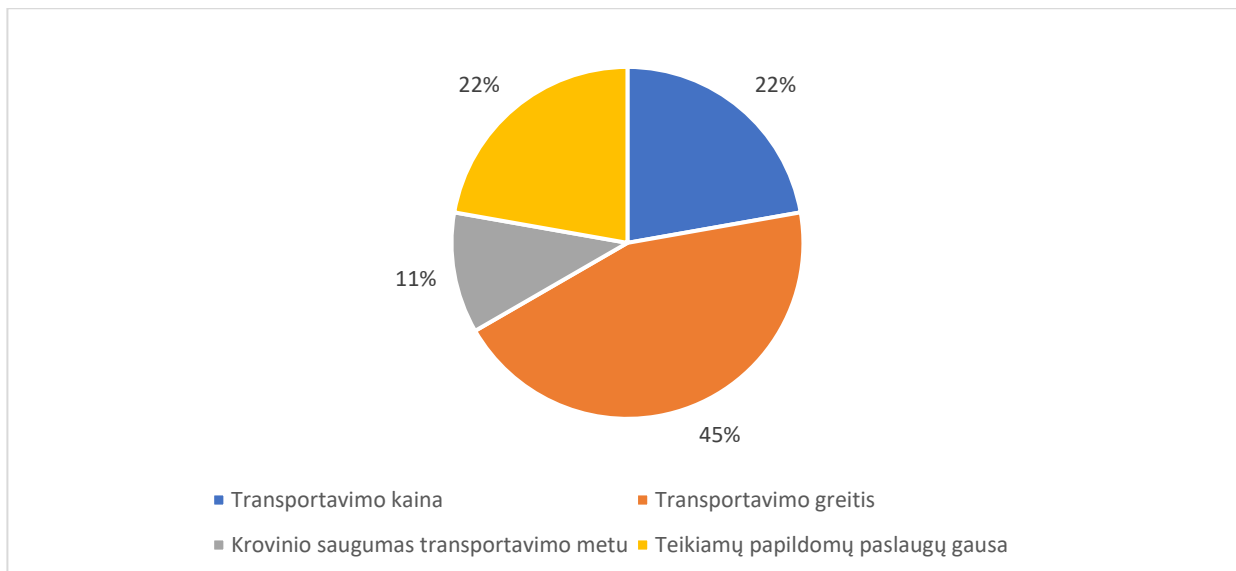
Nustačius respondentų darbo specifiką ir sukaupę patirtį logistikos srityje, pateikiami aktualesni klausimai magistrinio darbo problematikai išryškinti, kuriais siekiama išsiaiškinti, kokia, respondentų nuomone, krovinių transportavimo rūšis Lietuvoje yra geriausiai išplėtota.



2.7 pav. Geriausiai išplėtotas krovinių transportavimo būdas

Kaip matoma iš gautų rezultatų, daugiausiai pasirinkimo sulaukė geležinkelių transportas. Šie rezultatai leidžia teigti, kad didžioji dalis respondentų dirba geležinkelių transporto srityje. Mažiausiai išvystytas krovinių transportavimo būdas Lietuvoje, respondentų nuomone, yra intermodalinis transportas.

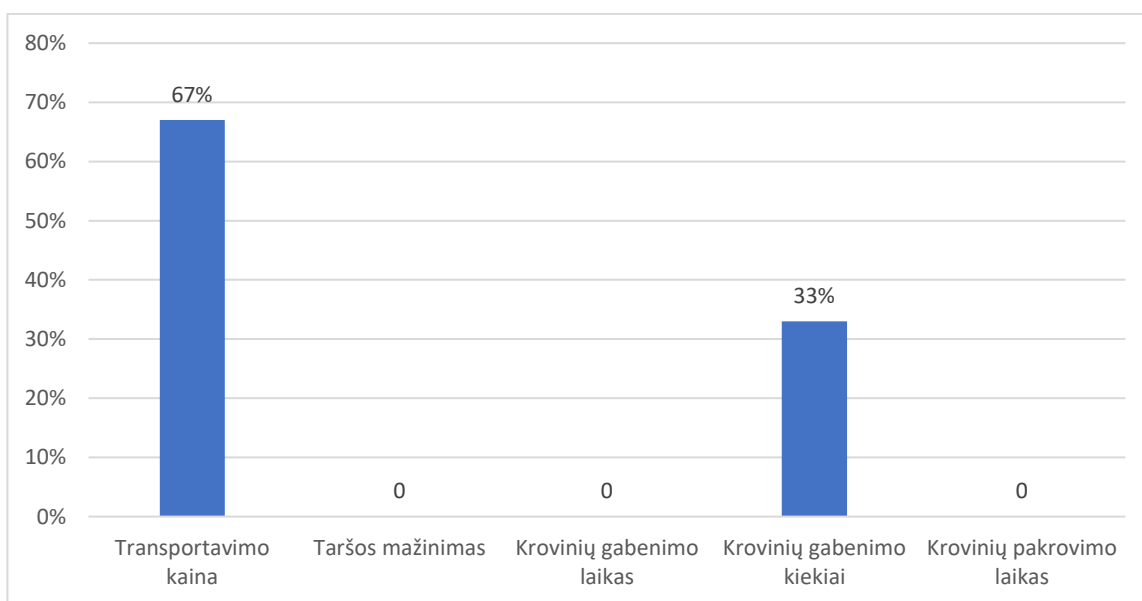
Kitu klausimu buvo siekiama sužinoti respondentų nuomonę, kokie pagrindiniai kriterijai yra renkantis transportavimo būdą. Apibendrinti atsakymai pateikiami 2.8 paveiksle.



2.8 pav. Transportavimo būdo pasirinkimo kriterijai

Kaip matoma iš gautų duomenų, didžioji dalis respondentų išskyrė, kad svarbiausias krovinio transportavimo būdo pasirinkimo kriterijus yra transportavimo greitis. Toliau pagal pasirinkimo svarbą yra kaina ir teikiamos papildomos paslaugos transportavimo metu. Mažiausiai dėmesio sulaukė krovinio saugumo užtikrinimas. Taip yra dėl to, nes dažniausiai už krovinio saugumą atsako vežėjas arba krovins yra apdraustas.

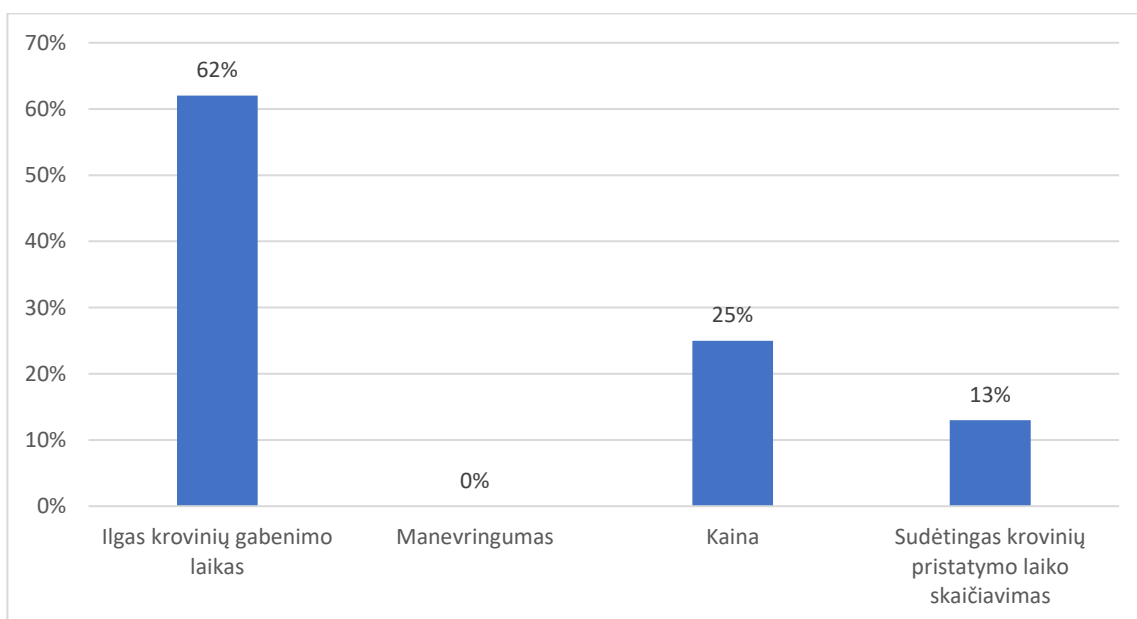
Penktuoju klausimu buvo siekiama išsiaiškinti, dėl kokios priežasties klientai renkasi intermodalinį transportą. Apibendrinti atsakymai pateikiami 2.9 paveiksle.



2.9 pav. Intermodalinio transporto pasirinkimo priežastys

Iš dalyvavusių respondentų net 67 % išskyrė transportavimo kainą gabenant krovinius intermodaliniu transportu, o 33 % respondentai pasirinko krovinių gabenimo kiekius. Abu šie atsakymo variantai yra glaudžiai susiję, nes krovinių gabenimo kiekis (didelės apimties) taip pat daro įtaką kainai, nes vežant kuo daugiau krovinių kaina bus mažesnė. Taršos mažinimo opcijos nepasirinko nei vienas respondentas, todėl galime daryti išvadą, kad Lietuvoje ekologija nėra vis dar labai aktuali. Krovinių pakrovimo ir transportavimo laikas, kaip matoma, nėra intermodalinio transporto stiprybė, nes nei vienas respondentas to neišskyrė.

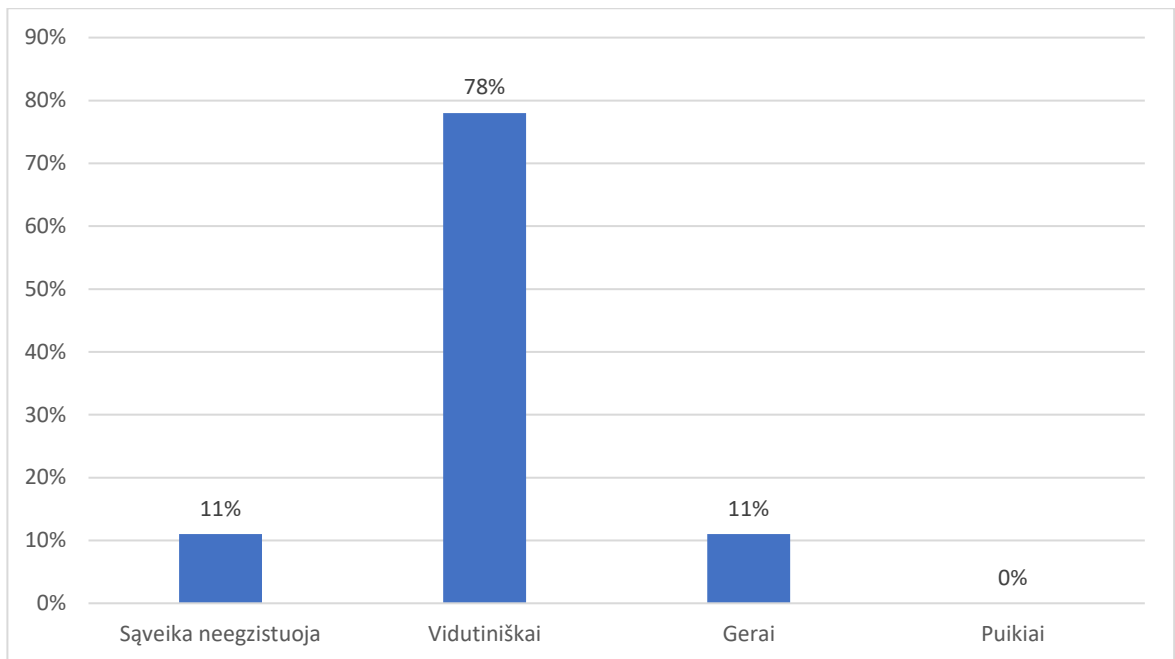
Toliau respondentų buvo prašoma įvardyti intermodalinio transporto trūkumus. Gauti duomenys pateikiami 2.10 paveiksle.



2.10 pav. Intermodalinio transporto trūkumai

Iš paveikslo pastebima, kad 62 % respondentų, kaip vieną pagrindinių intermodalinio transporto trūkumų, išskyrė ilgą krovinių transportavimo laiką. Pagrindinę ilgo krovinių transportavimo laiko priežastį respondentai deklaruoja kaip transporto rūšies keitimą: tai prailgina bendrą laiką. Taip pat 13 % respondentų nuomone, vykdant vežimus intermodaliniu transportu, yra apsunkinamas krovinių gavimo laiko apskaičiavimas.

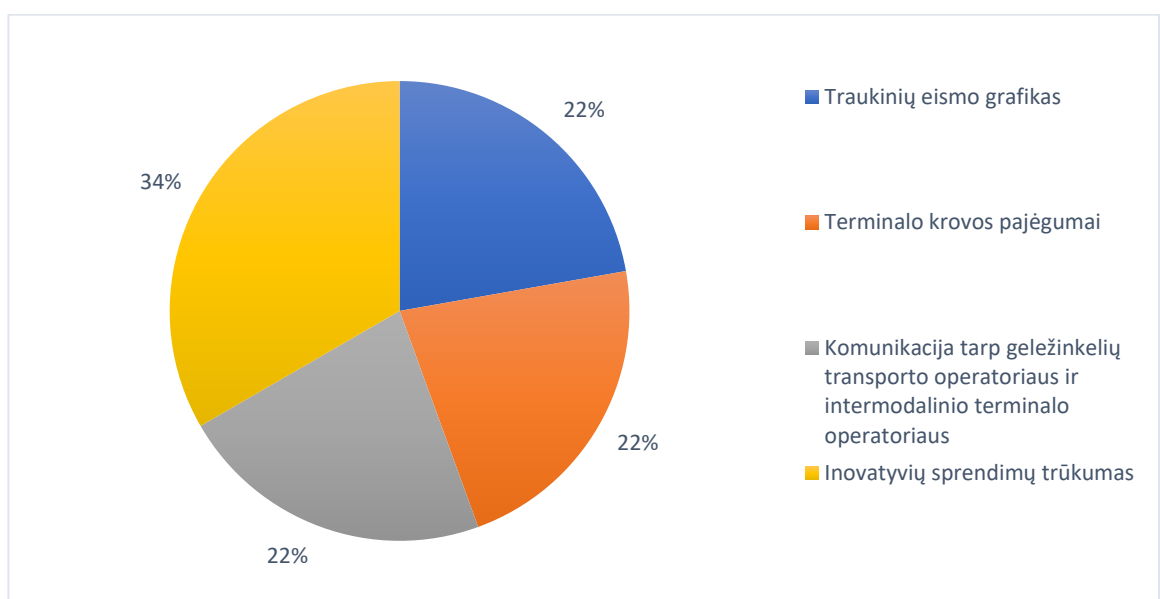
Kitu klausimu siekiama nustatyti, kaip respondentai vertina esamą geležinkelių transporto ir intermodalinio terminalo sąveiką. Gauti duomenys pateikiami 2.11 paveiksle.



2.11 pav. Geležinkelių transporto ir intermodalinio terminalo sąveikos vertinimas

Iš gautų rezultatų matoma, kad didžioji dalis respondentų, t. y. 78 %, sąveiką tarp geležinkelių transporto ir intermodalinio terminalo vertina vidutiniškai, o 11 % respondentų vertina gerai arba, kad tarp šių logistikos dalių sąveikos apskritai nėra. Išanalizavus gautus rezultatus, manoma, kad būtų aktualu nustatyti priežastis, kurios gali lemti vidutinišką sinergijos vertinimą.

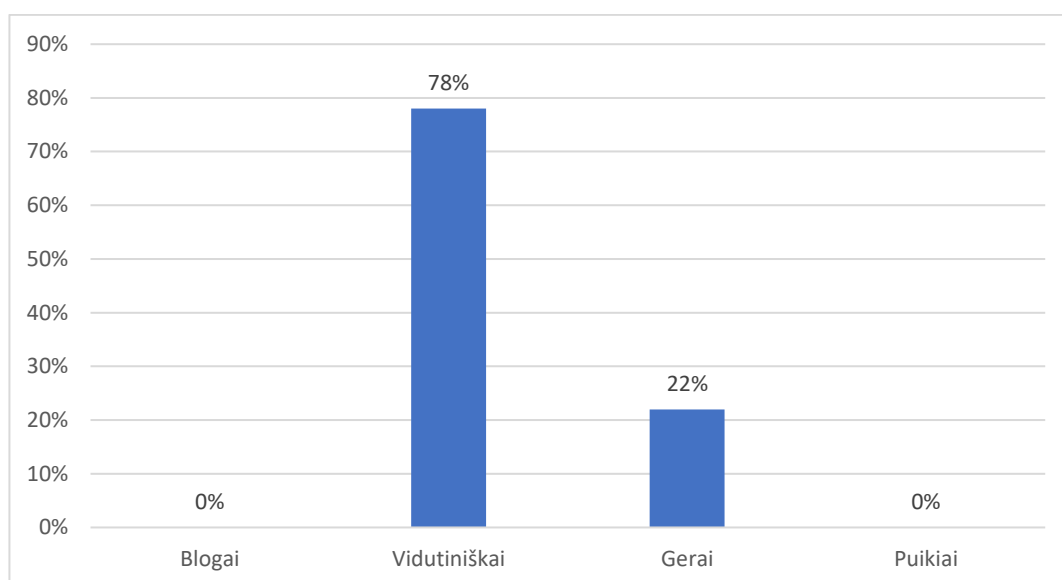
Tyrimo metu buvo aktualu išsiaiškinti, kokie pagrindiniai veiksniai daro įtaką intermodalinio terminalo krovos pajėgumui į / iš geležinkelių transporto. Susisteminti duomenys pateikiami 2.12 paveiksle.



2.12 pav. Veiksniai, lemiantys intermodalinio terminalo krovos pajėgumą

Iš pateiktų atsakymų matoma, kad respondentų išskirtas pagrindinis veiksnys, kuris daro įtaką intermodalinio terminalo krovos pajėgumui, yra inovatyvių sprendimų trūkumas, tai sudaro 34 %. Traukinių eismo grafikas, terminalo krovos pajėgumas ir komunikacija pasiskirstė lygiomis dalimis po 22 %. Atliekant diskusiją su respondentais dėl šių pasirinkimų, buvo iškelta problema tarp skirtingų proceso šalių. Intermodalinio terminalo darbuotojai labiausiai išskyrė traukinio eismo grafiką, kurio, jų nuomone, nėra laikomasi: traukiniai atvyksta anksčiau, o tai pradeda riboti terminalo pajėgumą. O geležinkelių darbuotojai išskyrė pačio terminalo pajėgumą, nes krovinių srautai nėra aptarnaujami laiku. Respondentų nuomone šias problemas galėtų išspręsti inovatyvių sprendimų taikymas organizuojant krovą.

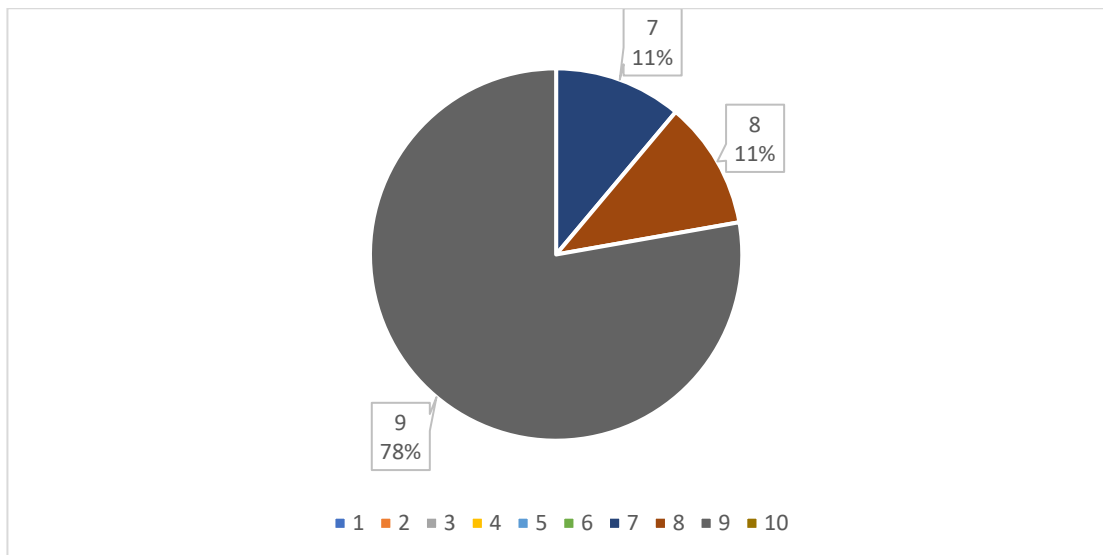
Kitu klausimu buvo analizuojama respondentų nuomonė apie intermodaliniame terminale atliekamų krovos operacijų procesą (2.13 pav.).



2.13 pav. Intermodalinio terminalo krovos proceso vertinimas

Kaip matoma iš pateiktų duomenų, didžioji dalis, t. y. 78 % ekspertų, intermodalinio terminalo krovos procesą vertina vidutiniškai. Likę 22 % respondentų vertina gerai. Galime daryti išvadą, kad krovos procesas tikrai nėra optimalus ir nekeliantis respondentams pasitenkinimo. Žinoma, nei vienas respondentas neįvertino krovos proceso ir blogai, bet galime daryti išvadą, kad atliekant krovos darbus intermodaliniame terminale, dar yra kur tobulėti.

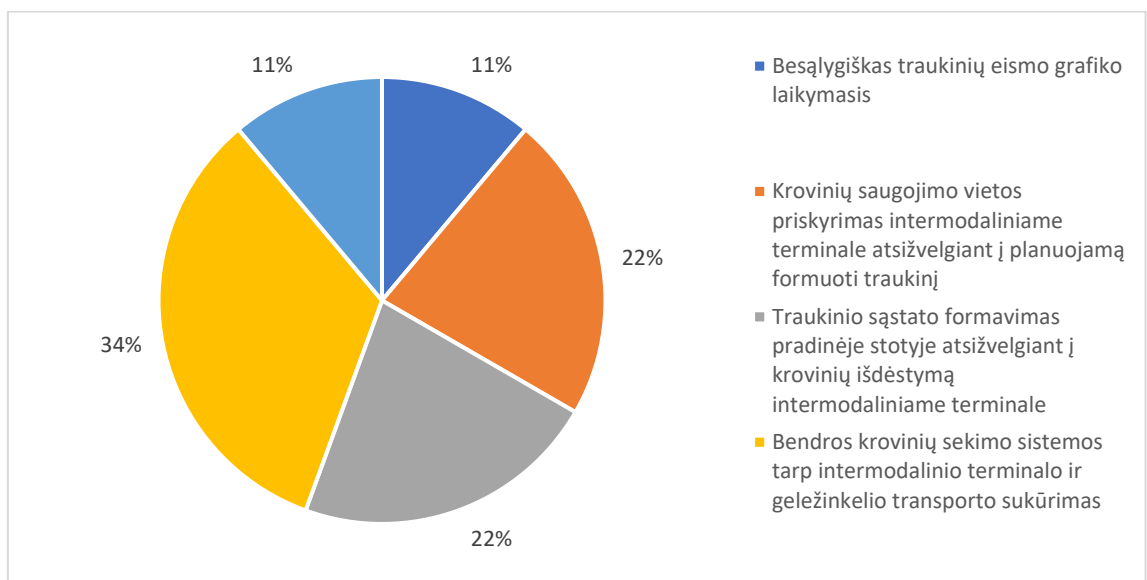
Devintojo klausimo tikslas buvo sulaukti respondentų nuomonės, kiek intermodalinio terminalo krovos proceso sėkmė priklauso nuo geležinkelių transporto. Respondentų buvo prašoma priklausomybę įvertinti skalėje nuo 1 iki 10 balų. Gauti duomenys pateikiami 2.14 paveiksle.



2.14 pav. Intermodalinio terminalo krovos proceso priklausomybė nuo geležinkelių transporto (1–10 balų)

Gavus atsakymus į pateiktą klausimą, pastebima, kad didžioji dalis respondentų skyrė 9 balus intermodalinio terminalo krovos proceso priklausomybei nuo geležinkelių transporto. Galime daryti išvadą, kad sėkmingas intermodalinio terminalo darbas stipriai priklauso nuo geležinkelių transporto atliekamų veiksmų.

Kitu klausimu siekta išsiaiškinti, kokie veiksmai galėtų sustiprinti geležinkelių transporto ir intermodalinio terminalo sinergiją krovos procese. Gauti rezultatai pateikiami 2.15 paveiksle.



2.15 pav. Intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso suefektyvinimo būdai

Klausime buvo pateikti keli atsakymo variantai ir vienas atviras atsakymo variantas. Didžioji dalis respondentų, t. y. 22 %, pasirinko, kad siekiant sustiprinti krovos proceso sinergiją, vienas iš būdų galėtų būti traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje, atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale. Šis sprendimo būdas, kaip paminėjo respondentai, būtų gana sunkiai įgyvendinamas, bet būtų vienas efektyviausių. 22 % respondentų pritarė, kad kroviniai intermodalinio terminalo teritorijoje turi būti išdėstomi pagal planuojamą formuoti traukinį. Respondentų teigimu, šiuo metu tai yra vykdoma iš dalies, nes visa tai atsiremia į traukinių eismo grafiko trūkumus. Taip pat 34 % išskyrė, kad vienas optimaliausių būdų yra turėti bendrą sistemą tarp intermodalinio terminalo operatoriaus ir geležinkelių transporto operatoriaus, kuri leistų krovinių judėjimą stebėti gyvai.

Ekspertų apklausos gautų rezultatų apibendrinimas

Ekspertinės apklausos metu nustatyta, kad 56 % respondentų dirba darbą, susijusį su geležinkelių transportu, 22 % susijusį su kelių transportu ir likę 22 % su intermodaliniu transportu. Analizuojant respondentų darbo patirtį logistikos srityje, 45 % respondentų logistikos srityje dirba iki 5 metų, taip pat 45 % respondentų daugiau nei 10 metų. Mažos dalies, t. y. tik 10 %, darbo patirtis siekia iki 5 metų. Atsižvelgiant į gautus rezultatus manoma, kad respondentų pasiskirstymas pagal darbo sritis ir turimą sukauptą žinių bagažą logistikos srityje yra tinkami tyrimui atlikti.

Analizuojant krovinių transportavimo būdus, 45 % respondentų išskyrė, kad šiuo metu geriausiai išvystytas transportavimo būdas yra geležinkelių transporto, bet, kaip buvo minėta anksčiau, didžioji dalis apklaustųjų dirba darbą susijusį su geležinkelių transportu, tad šis atsakymų pasirinkimas abejotinas. 33 % respondentų pasirinko kelių transportą ir 22 % intermodalinį transporto būdą. Vertinant transportavimo būdo pasirinkimo kriterijus, 45 % respondentų pasirinko transportavimo greitį, po 22 % respondentų išskyrė kainą ir papildomų paslaugų teikimą ir tik 11 % krovinio saugumą. Lyginant šių dviejų klausimų atsakymus, galima daryti išvadą, kad geležinkelių transportas yra greičiausias ir pigiausias transportavimo būdas.

Kitoje apklausos dalyje buvo nustatyta, kad pagrindinė intermodalinio transportavimo būdo pasirinkimo priežastis yra kaina (atsakė 67 % respondentų), bet analizuojant intermodalinio transporto trūkumus 25 % respondentų taip pat išskyrė kainą. Toliau analizuojant intermodalinio transporto trūkumus 62 % išskyrė ilgą krovinių transportavimo laiką ir 13 % sudėtingą krovinio sekimą. Iš gautų atsakymų galime daryti išvadą, kad transportavimo laikas neatitinka paslaugų kainos, todėl svarbu efektyvinti intermodalinį transportą.

Analizuojant, kokie veiksniai daro įtaką glaudesnei intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sinergijai, ir kokius veiksmus reikėtų atlikti, siekiant optimizuoti tarpusavio krovos procesą, 7 iš 9 respondentų išskyrė, kad geležinkelių transporto ir intermodalinio terminalo sąveika

yra vidutinio lygio, 1 respondentas mano, kad sąveika yra gera ir 1, kad sąveika neegzistuoja. Vertinant veiksnius, lemiančius intermodalinio terminalo krovos pajėgumą, 33 % respondentų išskyrė pačio terminalo pajėgumus, t.y. turima įranga, naudojama technologija, sandėliavimo vietos. Taip pat 33 % išskyrė ir traukinių eismo grafiko nesilaikymą. Palyginus šių dviejų klausimų atsakymus, pastebima, kad kiekvienas krovos proceso dalyvis turi savų problemų.

Toliau pateikiami klausimai apie terminalo krovos proceso vertinimą ir priklausomybę nuo geležinkelių transporto. 78 % respondentų mano, kad krovos proceso veikimas šiuo metu yra vidutinio lygio, o 11 % respondentų jį įvertino gerai. Respondentų nuomone, vertinant intermodalinio terminalo krovos proceso priklausomybę nuo geležinkelių transporto 10-ėje sistemoje, 78 % respondentų skyrė 9 balus. Šie rezultatai parodo, kad krovos procesas šiuo metu nėra vykdomas tinkamai ir visa to priežastis galimai gali būti geležinkelių transportas.

Taip pat atlikto tyrimo metu buvo svarbu sužinoti, kokios priemonės, respondentų nuomone, galėtų sustiprinti geležinkelių transporto ir intermodalinio terminalo sinergiją krovos aspektu. Buvo pateikti 5 atsakymo variantai. Daugiausia pasirinkimo sulaukė galimybė turėti bendrą krovinių sekimo sistemą (34 %), traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale ir krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale, atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį, susilaukė po 22 % pasirinkimų. Po 11 % pasirinkimų sulaukė eismo grafikas ir kita.

Išanalizavus ekspertų apklausos rezultatus pastebima, kad intermodalinis transportas šiuo metu nėra pakankamai išvystytas. Intermodalinio terminalo krovos pajėgumą didžiąją dalimi lemia geležinkelių transportas, o sąveika tarp šių proceso dalyvių yra minimali. Tai skatina ieškoti sprendimų, padėsiančių sąveikos sustiprinimui, tad būtų galimas pasirengimo krovos operacijoms suefektyvinimas.

2.4. Intermodalinio terminalo krovos suefektyvinimo būdų tyrimas, vertinant geležinkelių sinergiją. Ekspertų apklausa

Atsižvelgiant į tyrimo, intermodalinio terminalo krovos problematikos identifikavimas vertinant geležinkelių sinergiją, apklausos rezultatus, buvo nuspręsta, kad reikalingi sprendimai, kurie gali suefektyvinti krovos operacijas terminale įvertinant geležinkelių sinergiją. Sprendimų paieškai buvo pasitelkta ekspertų apklausa. Šiame tyrime ekspertams pateikiamas klausimas su potencialiais krovos suefektyvinimo būdais tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto. Tyrimo metu bus siekiama nustatyti, ar ekspertų nuomonės yra suderintos. Klausimo atsakymai bus suskirstyti balais ir kuo rodiklio balas aukštesnis, tuo jis yra svarbesnis. Reikšmingiausias kriterijaus balas yra 4, mažiausiai reikšmingas kriterijus, kuris turi balą – 1. Respondento balai prie kriterijų negali

kartotis. Bendra respondentų balų suma turi būti $1 + 2 + 3 + 4 = 10$. Krovos proceso su efektyvinimo būdai pateikiami 2.3 lentelėje.

2.3 lentelė. Intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso su efektyvinimo būdai

Eil. Nr.	Intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso su efektyvinimo būdai	Balai nuo 1 iki 4
1	Besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis (EG)	
2	Krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį (KSFT)	
3	Traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale (FTIT)	
4	Bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas (SS)	

Atlikus apklausą surinkti respondentų skirti balai surašyti 2.4 lentelėje, kurioje yra apskaičiuojama bendra kriterijų balų suma, kuri bus reikalingi tolesniems skaičiavimams.

2.4 lentelė. Respondentų balų pasiskirstymas

Eksperto Nr.	Kriterijaus trumpinys*			
	EG	KSFT	FTIT	SS
E1	1	3	2	4
E2	1	4	2	3
E3	4	2	3	1
E4	1	2	3	4
E5	1	4	2	3
E6	2	4	1	3
E7	3	4	1	2
E8	4	2	1	3
E9	1	4	2	3
Kriterijaus balų suma $\sum_{j=1}^m B_{ij} = B_i$	18	29	17	26

Paaiškinimas. *

EG – besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis;

KSFT – krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį;

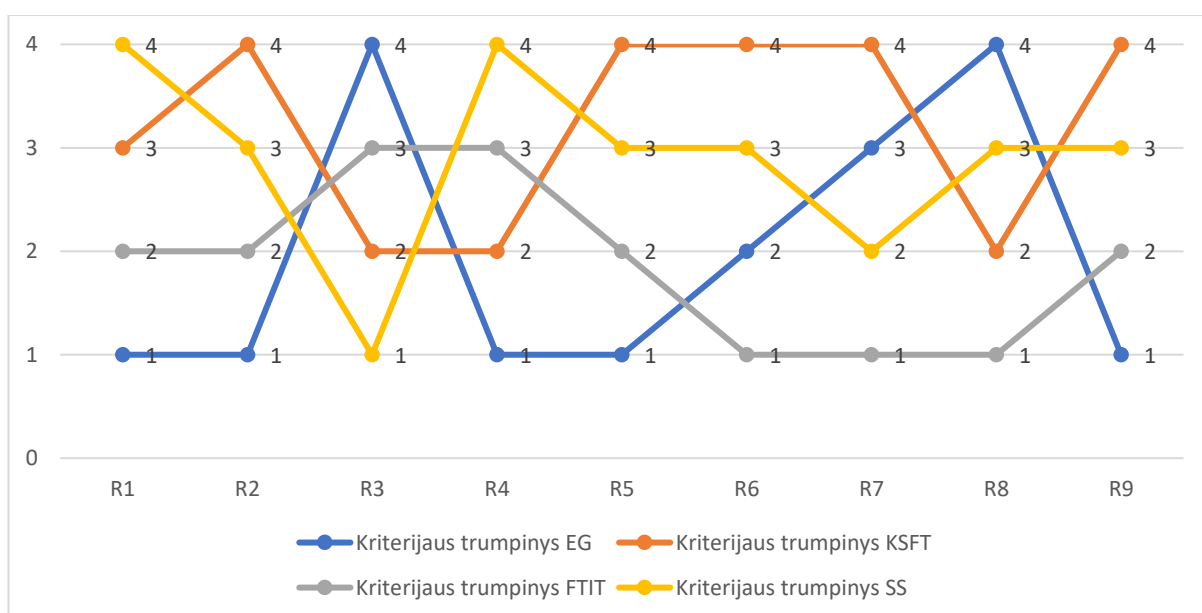
FTIT – traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale;

SS – bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas.

Iš pateiktų lentelės duomenų matoma, kokius intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso efektyvinimo būdus pasirinktų respondentai. Balų išsidėstymas:

- Daugiausia balų susilaukė krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį – 29 balai.
- Antras pagal svarbą bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas – 26 balai.
- Trečias būdas pagal svarbą – besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis – 18 balų;
- Paskutinis būdas, kuris sulaukė mažiausiai dėmesio t. y. traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje, atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale – 17 balų.

Balų pasiskirstymas pagal respondentus yra pateikiamas 2.16 paveiksle.



2.16 pav. Intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso su efektyvinimo būdai (1–4 balų)

Gauti balai už atitinkamą kriterijų yra keičiami rangais, siekiant nustatyti svarbiausius kriterijus. Pavyzdžiui, pirmasis respondentas skyrė didžiausią balą (4 balus) kriterijui SS, tai šis kriterijus atitinka rangą 1. Visi kriterijų balai pakeisti rangais pateikiami 2.5 lentelėje.

2.5 lentelė. Kriterijų rangai

Eksperto Nr.	Kriterijaus trumpinys*			
	EG	KSFT	FTIT	SS
E1	4	2	3	1
E2	4	1	3	2
E3	1	3	2	4
E4	4	3	2	1
E5	4	1	3	2
E6	3	1	4	2
E7	2	1	4	3
E8	1	3	4	2
E9	4	1	3	2

Paiškinimas. *

EG – besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis;

KSFT – krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį;

FTIT – traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale;

SS – bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas.

Pagal 1 formulę yra apskaičiuojami ekspertų pasirinktų kriterijų rangų suma. Šiems skaičiavimams bus naudojama 2.5 lentelė, iš kurios bus panaudoti intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso su efektyvinimo būdų kriterijai, kurie leis apskaičiuoti gautus rangų dažnius ir sandaugas. Gauti duomenys pateikiami 2.6 lentelėje.

2.6 lentelė. Kriterijų rangų dažnių suma

Rangas	EG		KSFT		FTIT		SS	
	Dažnis	Sandauga	Dažnis	Sandauga	Dažnis	Sandauga	Dažnis	Sandauga
1	2	2	5	5	0	0	2	2
2	1	2	1	2	2	4	5	10
3	1	3	3	9	4	12	1	3
4	5	20	0	0	3	12	1	4
Suma	9	27	9	16	9	28	9	19

Kaip pastebima 2.6 lentelėje, didžiausią rangų sumą turi FTIT (traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale), antras pagal svarbą rangas EG (besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis).

Siekiant patikrinti, ar atlikti skaičiavimai yra teisingi, pagal 1 ir 2 formulę atliekami rangų sumos ir balų sumos palyginimai. Skaičiavimai pateikiami 2.7 lentelėje.

2.7 lentelė. Rangų sumos ir balų sumos palyginimas

Eil. Nr.	Intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso efektyvinimo būdai	Skaičiavimas
1	Besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis (EG).	$R_1 = \sum_{j=1}^m R_{1j} = (9 * 6) - 18 = 27$
2	Krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį (KSFT).	$R_2 = \sum_{j=1}^m R_{2j} = (9 * 6) - 29 = 16$
3	Traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale (FTIT).	$R_3 = \sum_{j=1}^m R_{3j} = (9 * 6) - 17 = 28$
4	Bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas (SS).	$R_4 = \sum_{j=1}^m R_{4j} = (9 * 6) - 26 = 19$

Iš lentelės matoma, kad skaičiavimai atlikti teisingai. Toliau pagal 6 formulę atliekami kriterijų rangų vidurkių skaičiavimai ir gaunama bendra jų suma. Gauti duomenys pateikiami 2.8 lentelėje.

2.8 lentelė. Kriterijų rangų vidurkis ir jų suma

Eil. Nr.	Intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso efektyvinimo būdai	Skaičiavimas
1	Besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis (EG).	$\overline{R}_1 = \frac{\sum_{j=1}^m R_{1j}}{m} = \frac{27}{9} = 3$
2	Krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį (KSFT).	$\overline{R}_2 = \frac{\sum_{j=1}^m R_{2j}}{m} = \frac{16}{9} = 1,8$
3	Traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale (FTIT).	$\overline{R}_3 = \frac{\sum_{j=1}^m R_{3j}}{m} = \frac{28}{9} = 3,1$
4	Bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas (SS).	$\overline{R}_4 = \frac{\sum_{j=1}^m R_{4j}}{m} = \frac{19}{9} = 2,1$
		Bendra vidurkių suma $\overline{R}_i=10$

Iš lentelės matoma, kad suma atitinka ekspertų kriterijų pasirinkimo sumą ($1 + 2 + 3 + 4 = 10$). Tai leidžia nustatyti, kad skaičiavimai atlikti teisingai.

Pagal 5 formulę apskaičiuojamas pastovus dydis, kuris yra 25. Šis skaičius bus panaudojamas atliekant veiksmus pagal 2 formulę.

Tolesni veiksmai atliekami siekiant nustatyti, kriterijų rangų sumos ir pastovaus dydžio skirtumus, taip pat pateikiamas skirtumas kvadratu. Gauti duomenys pateikiami 2.9 lentelėje.

2.9 lentelė. Kriterijų rangų sumos ir pastovaus dydžio skirtumas

Eil. Nr.	Intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso efektyvinimo būdai	Skaičiavimas
1	Besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis (EG).	$\sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{1}{2}m(n+1) = 27 - 25 = 2$ $\left[\sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{1}{2}m(n+1) \right]^2 = 4$
2	Krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį (KSFT).	$\sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{1}{2}m(n+1) = 16 - 25 = -9$ $\left[\sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{1}{2}m(n+1) \right]^2 = 81$
3	Traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale (FTIT).	$\sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{1}{2}m(n+1) = 28 - 25 = 3$ $\left[\sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{1}{2}m(n+1) \right]^2 = 9$
4	Bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas (SS).	$\sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{1}{2}m(n+1) = 19 - 25 = -6$ $\left[\sum_{j=1}^m R_{ij} - \frac{1}{2}m(n+1) \right]^2 = 36$

Kitas veiksmas – apskaičiuoti dydį S , kuris gaunamas iš skirtumo kvadrato sumos visiems kriterijams. Iš 2.9 lentelės galima apskaičiuoti, kad suma yra 130. Visi tarpiniai skaičiavimo metu gauti duomenys pateikiami 2.10 lentelėje.

2.10 lentelė. Tarpinių skaičiavimų duomenys

Eksperto Nr.	Kriterijaus trumpinys*			
	EG	KSFT	FTIT	SS
Bendra rango suma	27	16	28	19
Vidutinis kriterijaus rangas	3	1,8	3,1	2,1
Rangų sumos ir pastovaus dydžio skirtumas	2	-9	3	-6
Skirtumo kvadratas	4	81	9	36

Paiškinimas. *

EG – besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis;

KSFT – krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį;

FTIT – traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale;

SS – bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas.

Pagal 7 formulę bus nustatomas konkordancijos koeficientas, kuris iš dalies padeda nustatyti ar respondentų nuomonės yra suderintos.

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)} = \frac{12 * 130}{9^2(4^3 - 4)} = \frac{1560}{4860} = 0,32 \quad (12)$$

Iš atlikto skaičiavimo matoma, kad respondentai nėra tos pačios nuomonės. Literatūroje nurodoma, kad nuomonės laikomos suderintomis kai konkordancijos koeficientas yra 0,6 – 1.

Toliau apskaičiuojama x^2 vertė:

$$x^2 = m(n - 1)W = \frac{12S}{mn(n + 1)} = 9 * (4 - 1) * 0,32 = \frac{12 * 130}{9 * 4(4 + 1)} = 8,64 \quad (13)$$

Pagal 2 priedą bus siekiama nustatyti x_{kr}^2 – kritinę vertę. Siekiant nusistatyti x_{kr}^2 , visų pirma reikalinga apskaičiuoti laisvės laipsnių skaičių $\nu = 4 - 1 = 3$ ir pasirinkti reikšmingumo lygį, literatūroje siūloma rinktis 0,05 arba 0,01. Bus pasirenkamas 0,05. Taigi 1 priede pasirinkus $\nu - 3$ ir $\alpha - 0,05$ gauname, kad x_{kr}^2 vertė yra – 7,81473, kuri yra mažesnė už apskaičiuotą $x^2 = 8,64$. Galima daryti išvadą, kad respondentų nuomonės vertinant intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso su efektyvinimo būdų reikšmingumą sutampa ir tai yra jų bendras požiūris.

Toliau apskaičiuojamas pagal 15 formulę konkordancijos koeficiento mažiausia vertė. Kurios $\alpha = 0,01$ ir $\nu = 3$ būtų daroma prielaida, kad respondentų pasirinkimai yra suderinti.

$$W_{min} = \frac{x_{\nu, \alpha}^2}{m(n - 1)} = \frac{7,81473}{9(4 - 1)} = 0,28 < 0,32 \quad (14)$$

Iš atlikto tyrimo pastebima, kad reikalingi krovos proceso suefektvavimo būdai iš 4 pasirenkamų kriterijų tarp 9 ekspertų yra tarpusavyje suderinti.

Iš atliktų rangų sumos skaičiavimų galima teikti, kad jų diegimas galėtų būti paskirstomas tokia eilės seka:

$$FTIT > EG > SS > KSFT$$

Siekiant nustatyti jų išsidėstymo svarbą, pagal 16 formulę bus apskaičiuojami krovos suefektvavimo būdų svarbos rodikliai lyginant su kitais kriterijais. Gauti duomenys pateikiami 2.11 lentelėje.

2.11 lentelė. Kriterijų išsidėstymo svarbos skaičiavimas

Eil. Nr.	Intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso suefektvavimo būdai	Skaičiavimas
1	Besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis (EG).	$\bar{q} = \frac{\bar{R}_i}{\sum_{i=1}^n R_i} = \frac{3}{10} = 0,3$ $d_i = 1 - \bar{q}_i = 1 - 0,3 = 0,7$ $Q_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} = \frac{d_i}{n - 1} = 0,23$
2	Krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį (KSFT).	$\bar{q} = \frac{\bar{R}_i}{\sum_{i=1}^n R_i} = \frac{1,8}{10} = 0,18$ $d_i = 1 - \bar{q}_i = 1 - 0,18 = 0,82$ $Q_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} = \frac{d_i}{n - 1} = 0,27$
3	Traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale (FTIT).	$\bar{q} = \frac{\bar{R}_i}{\sum_{i=1}^n R_i} = \frac{3,1}{10} = 0,31$ $d_i = 1 - \bar{q}_i = 1 - 0,31 = 0,69$ $Q_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} = \frac{d_i}{n - 1} = 0,23$
4	Bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas (SS).	$\bar{q} = \frac{\bar{R}_i}{\sum_{i=1}^n R_i} = \frac{2,1}{10} = 0,21$ $d_i = 1 - \bar{q}_i = 1 - 0,21 = 0,79$ $Q_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} = \frac{d_i}{n - 1} = 0,26$

Iš 2.11 lentelės duomenų sudaromi, kriterijų svarbumo pasiskirstymai atsižvelgiant į apskaičiuotus rodiklius. Duomenys pateikiami 2.12 lentelėje.

2.12 lentelė. Kriterijų dėl intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso su efektyvinimo išsidėstymo seka

Rodiklis	Kriterijus*				Suma
	EG	KSFT	FTIT	SS	
\bar{q}	0,3	0,18	0,31	0,21	1
d_i	0,7	0,82	0,69	0,79	3
Q_i	0,23	0,27	0,23	0,26	1
Eilės seka	4	1	3	2	-

Paaškinimas. *

EG – besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis;

KSFT – krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį;

FTIT – traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale;

SS – bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas.

Ekspertų apklauso gautų rezultatų apibendrinimas.

Apklausoje dalyvavo 9 ekspertai. Ekspertai rinkosi iš keturių kriterijų kurie buvo susiję su intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos sinergijos proceso su efektyvinimu:

1. Besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis (EG).
2. Krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį (KSFT).
3. Traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale (FTIT).
4. Bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas (SS).

Ekspertai kriterijams suteikė balus, kuriuos pavertus į vidutinius rangus, buvo nustatyta eilės seka pagal kriterijaus svarbą. Pirmas pagal svarbą – krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį (KSFT = 1,8), antras pagal svarbą - bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas (SS = 2,1), trečias pagal svarbą – besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis (EG = 3), , ir paskutinis kriterijus pagal svarbą – traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale (FTIT = 3,1).

Pagal atliktus skaičiavimus nustatyta, kad 9 respondentų nuomonės sutampa tarpusavyje. Šiam patikrinimui buvo atliktas konkordancijos koeficiento skaičiavimas kur $W = 0,32$, χ_{kr}^2 vertė yra – 7,81473, kuri yra mažesnė už apskaičiuotą $\chi^2 = 8,64$. Nustatytas $W_{min} = 0,28$ kada dar būtų vertinama, kad ekspertų nuomonės yra suderintos.

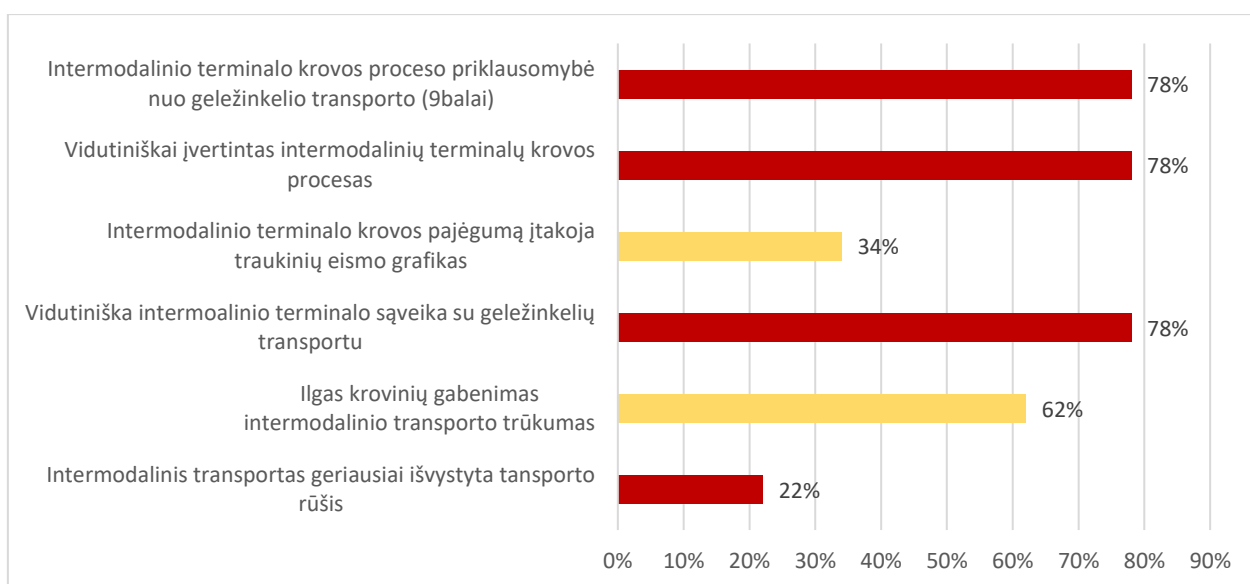
2.5. Antrojo skyriaus išvados

1. 2050 m. intermodalinio transporto panaudojimas lyginant su 2020 m. gali išaugti 32 kartus. Lyginant intermodalinio transporto su kelių transportu pervežtu krovinių kiekiu, intermodalinis transportas sudarys 42 %, kai 2020 m. siekė vos 1 %. Galima teigti, kad šiuo metu didžiausias krovinių kiekis tenka kelių transportui, mažesnė dalis tenka geležinkelių transportui. Intermodalinis transportavimo būdas šiuo metu neturi didelės paklausos tarp vežėjų. Įvertinus duomenis matoma, kad intermodalinio transporto paklausa turėtų augti ateityje, tai skatina apmastyti intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto glaudesnę sinergiją krovos atlikimo darbuose, siekiant patenkinti klientų lūkesčius ir poreikius.
2. Atlikus ekspertinio vertinimo tyrimą galime daryti išvadą, kad intermodaliniu terminalo ir geležinkelių transporto sąveika šiuo metu nėra tinkamai išvystyta. Reikalingas krovos operacijų optimizavimas, siekiant patenkinti klientų poreikius.
3. Atlikus apklausą dėl priemonių, kurios galėtų su efektyvinti intermodalinio terminalo ir geležinkelių sinergiją pirma pagal svarbą nustatyta – krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį priemonė (KSFT = 1,8), antra pagal svarbą – bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas (SS = 2,1), trečia pagal svarbą – besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis (EG = 3), ir paskutinė priemonė pagal svarbą – traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale (FTIT = 3,1).

3. INTERMODALINIO TERMINALO PASIRENGIMO KROVAI MODELIS, VERTINANT GELEŽINKELIŲ SINERGIJĄ

Mokslinio tyrimo metu atlikus intermodalinių krovinių statistikos analizę ir ekspertų apklausą, pasitvirtino, kad išsikelta hipotezė intermodalinio terminalo krovos sėkmė, priklauso nuo sinergijos su geležinkelių transportu yra aktuali.

Siekiant nustatyti į kokius aspektus reikia atkreipti dėmesį kuriant mokslinį modelį, respondentų atsakymai buvo suklasifikuoti pagal svarbą, norint identifikuoti problemas, kurios daro didžiausią įtaką intermodalinio transporto panaudojimui vertinant geležinkelių sinerģiją. Pirmos apklausos dalies suklasifikuotos ekspertų nuomonės apie intermodalinį transportą ir sinerģiją su geležinkelių transportu pateikiamos 3.1 paveiksle.



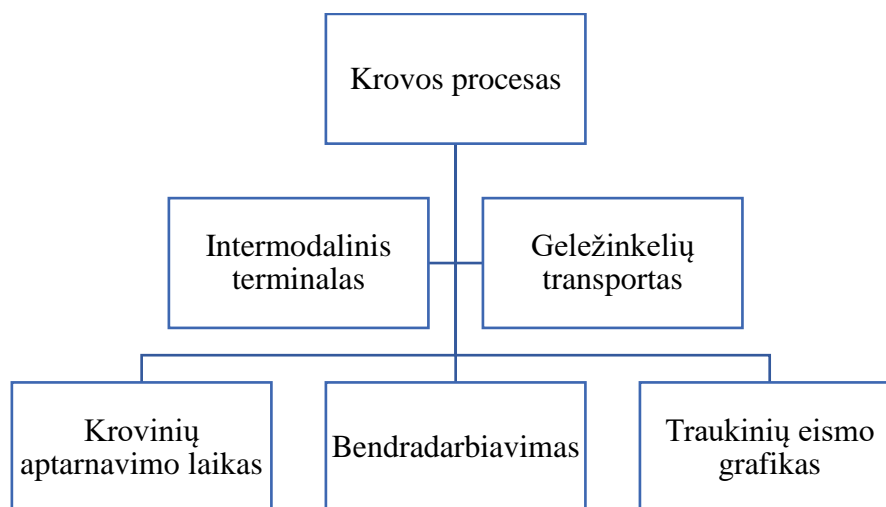
3.1 pav. Ekspertų nuomonės apie intermodalinio transporto sąveiką su geležinkelių transportu

Paveiksle pavaizduota kiek procentų ekspertų (iš 9) pasirinko nurodomą kriterijų. Kaip pastebima iš paveikslo duomenų, raudonai pažymėti punktai, kurie sulaukė daugiausiai pasirinkimų, ir daro didžiausią įtaką klientų pasirinkimui naudojant tokį transportavimo būdą. Taip pat matoma esama terminalo ir geležinkelių transporto sinerģijos problematika.

Apibendrinant pirmąją apklausos dalį nustatyta, kad siekiant su efektyvinti intermodalinio terminalo krovą sujungiant geležinkelių transportą, reikėtų atkreipti didelę dėmesį į:

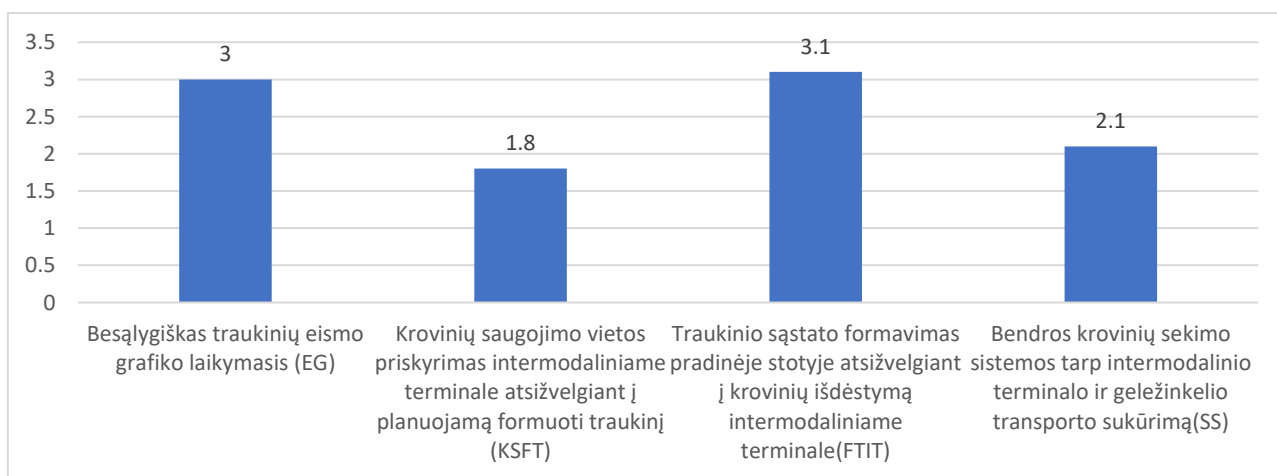
- terminalo krovos procesą;
- traukinių eismo grafiką;
- bendradarbiavimą terminalo ir geležinkelių transporto;
- krovinių aptarnavimo laiką.

Remiantis gautais rezultatais, dalis mokslinio modelio pateikiama 3.2 paveiksle.



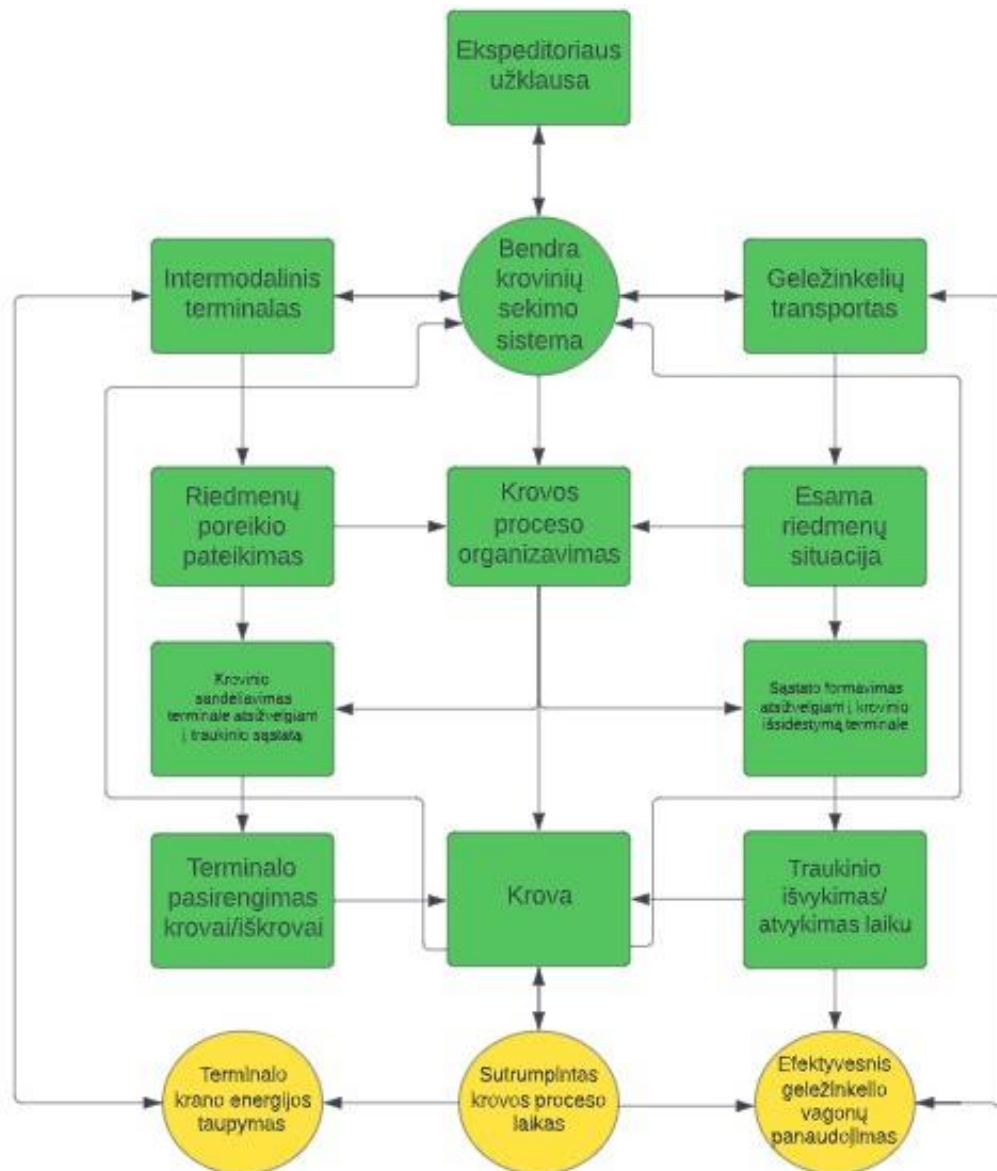
3.2 pav. Intermodalinio terminalo pasirengimo krovai mokslinio modelio dalis atsižvelgiant į ekspertų iškeltą problematiką

Tyrimo metu ekspertams buvo užduodamas klausimas su galimais pasirinkimo variantais, siekiant nustatyti, kokie veiksniai galėtų padėti efektyvinti terminalo krovos procesą bendradarbiaujant su geležinkelių transportu. Ekspertai kiekvienam kriterijui skyrė balus. Siūlomi kriterijai: besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis (EG), krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį (KSFT), traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale (FTIT), bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas (SS). Kriterijų balai pateikiami rangais 3.3 paveiksle.



3.3 pav. Intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto krovos proceso su efektyvinimo kriterijų rangai

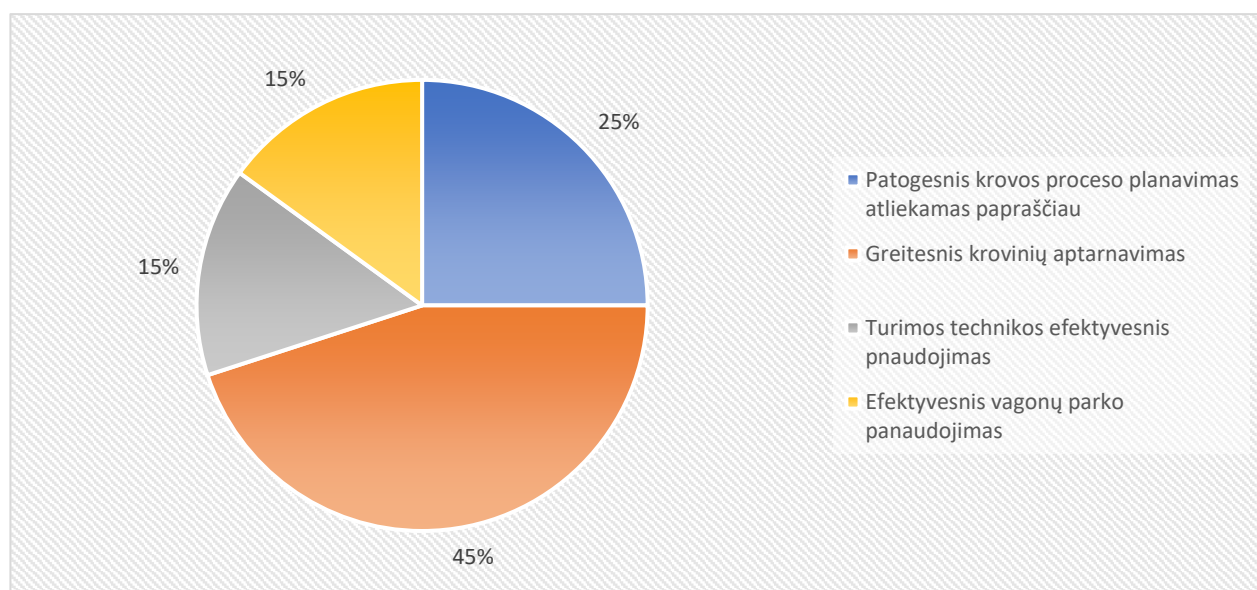
Apžvelgiant 3.3 paveiksle pateiktus rangus matoma, kad aukščiausi rangai yra skiriamai: krovinio saugojimo vietos priskyrimas intermodalinio terminalo teritorijoje atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinio sąstatą (1,8 balo) ir į bendros krovinių sekimo sistemos sukūrimą (2,1 balo). Atsižvelgus į gautus rezultatus, kuriamas modelis intermodalinio terminalo krovos procesui efektyvinti vertinant geležinkelių sinergiją. Modelis pateikiamas 3.4 paveiksle.



3.4 pav. Intermodalinio terminalo pasirengimo krovai modelis (sudaryta autoriaus)

Kaip matoma iš pateikto modelio, vienas svarbiausių aspektų yra bendra krovinių sekimo sistema, kuri padės intermodaliniam terminalui, geležinkelių transportui efektyviau planuoti krovinių srautus ir jų krovą. O trečiajai šaliai (ekspeditoriui) matyti esamą krovos proceso būklę ir taip pat planuoti krovinio atvykimą/ išvykimą.

Pateikus modelį ekspertų analizei, buvo atliekama papildoma apklausa, kurios metu buvo siekiama nustatyti sukurto modelio naudą suinteresuotoms šalims. Gauti rezultatai pateikiami 3.5 paveiksle.



3.5 pav. Sudaryto modelio naudos

Kaip matoma iš paveikslo, didžioji dalis ekspertų išskyrė, kad pagal šį modelį, intermodalinis terminalas bendradarbiaujant su geležinkelių transportu, galės greičiau aptarnauti krovinius, nes visas planavimas prasidės kartu glaudžiai bendradarbiaujant ir stebint informaciją bendroje krovinių sekimo sistemoje. Taip pat nauda bus ir atskirai kiekvienam proceso dalyviui, t.y. geležinkelių transportas galės efektyviau naudoti vagonų parką, o terminale turima technologija galės efektyviau dirbti pagal iš anksto bendrai suplanuotą krovos procesą.

Taigi šis modelis įgalina:

- Glaudesnį bendradarbiavimą tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto.
- Sufektyvina krovą terminale, trumpėja krovos laikas.
- Klientų didesnę pasitenkamą teikiamomis paslaugomis, nes krovinio būklę bus galima stebėti ir patiems.
- Greitesnį krovinių gabenimą intermodaliniu transportu.

IŠVADOS

1. Atlikus mokslinės literatūros šaltinių analizę nustatyta, kad daugiausia mokslininkai akcentuoja intermodalinio transporto svarbą siekiant žaliojo transporto vizijos, privalumus atliekant intermodalinius vežimus, pagrindinius faktorius, kurie daro įtaką terminalų ir transporto rūšių sinergijai, krovos problematiką intermodaliniame terminale.
2. Iš atliktos analizės pastebėta, kad mokslininkų atlikti intermodalinio terminalo krovos problematikos tyrimai yra labiausiai orientuoti į terminalą kaip atskirtą veiklos vienetą, kai nėra vertinami kiti terminalo krovos proceso dalyviai (geležinkelių transportas). Mokslinėje literatūroje daugiausia dėmesio skiriama jūrų uostų terminalų krovos proceso problematikos tyrimui. Taip pat tyrimai atliekami krano panaudojimui terminale efektyvinti, inovatyviems pakrovos ir iškrovos būdams pritaikyti terminalo veikloje.
3. Atlikus mokslinės literatūros analizę galima teigti, kad nėra modelio, kuris apibrėžtų intermodalinio terminalo krovos efektyvinimą į / iš geležinkelių transporto, kad būtų užtikrinta stipresnė sinergija, siekiant trumpiausios, pigiausios krovinių aptarnavimo trukmės.
4. 2050 m. intermodalinio transporto panaudojimas lyginant su 2020 m. gali išaugti 32 kartus. Lyginant intermodaliniu transportu ir kelių transportu pervežtą krovinių kiekį intermodalinis transportas sudarys 42 %, o 2020 m. siekė vos 1 %. Galima teigti, kad šiuo metu didžiausias krovinių kiekis tenka kelių transportui, mažesnė dalis tenka geležinkelių transportui. Intermodalinis transportavimo būdas šiuo metu neturi didelės paklausos tarp vežėjų. Įvertinus duomenis matoma, kad intermodalinio transporto paklausa turėtų augti ateityje, o tai skatina apmąstyti intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto glaudesnę sinergiją atliekant krovos darbus, siekiant patenkinti klientų lūkesčius ir poreikius.
5. Atlikus ekspertinio vertinimo tyrimą galima daryti išvadą, kad intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sąveika šiuo metu nėra tinkamai išplėtotą. Reikalingas krovos operacijų optimizavimas, siekiant patenkinti klientų poreikius.
6. Atlikus apklausą dėl priemonių, kurios galėtų su efektyvinti intermodalinio terminalo ir geležinkelių sinergiją, pirma pagal svarbą nustatyta priemonė – krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį (KSFT = 1,8), antra pagal svarbą – bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas (SS = 2,1), trečia pagal svarbą – besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis (EG = 3), , ir paskutinė priemonė pagal svarbą – traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale (FTIT = 3,1).
7. Pristatytas mokslinis modelis rėmėsi tyrimo metu nustatytais pagrindiniais kriterijais, trukdančiais glaudesnei sinergijai tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto.

Modelis yra grindžiamas bendradarbiavimu tarp šių krovos proceso dalyvių sujungiant juos į vieną visumą, panaudojant technologijas, pasiskirstant užduotis ir atsakomybes siekiant su efektyvinti krovos procesą. 45 % ekspertų mano, kad šis modelis gali pagreitinti krovinių aptarnavimą ir 25 % ekspertų mano, kad tai prisidės prie patogesnio krovos proceso planavimo sujungiant kartu intermodalinį terminalą ir geležinkelių transportą.

SIŪLYMAI

1. Siūlau šiame magistro baigiamajame darbe parengtą intermodalinio terminalo pasirengimo krovai mokslinį modelį, taikyti krovos operacijų planavime, kaip efektyvesnę opciją bendradarbiavimui tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto. Šis modelis užtikrina: greitesnį krovinių aptarnavimą, patogesnę krovos operacijų planavimą.
2. Siūlau iki 2030 m. įsidiesti šį modelį, kadangi numatoma, kad kelių transportu pervežtu krovinių kiekis išsaugys 30 %, o iki 2050 m. 30 % kelių transportu pervežtų krovinių, norima perkelti į kitas alternatyvias transporto priemones siekiant žaliojo kurso. Apkrova intermodaliniame terminale ženkliai išsaugys, kas skatins krova atlikti efektyviau.

LITERATŪRA

Amrou, M., Hassan, B., Boulmakoul, A. 2018. Process mining for port container terminals: the state of the art and issues. *Big data & applications 12th edition of the conference on advances of decisional systems*, ISBN: 978-9920-35-679-4. 12 p.

Barysienė, J. 2011. *Konteinerių aptarnavimo ciklo modeliavimas intermodalinio transporto terminale*. Daktaro disertacija. Vilnius: Technika. ISBN 978-609-457-013-1. 136 p.

Baublys, A., Palšaitis, R., Vasilis Vasiliauskas, A., Ivankovas, V. 2004. *Intermodalinio transporto plėtros galimybių analizė ir logistikos centrų valdymo principų nustatymas*. Ataskaita. VGTU.

Behrends, S. 2015. The modal shift potential of intermodal line-Trains from a haulier's perspective: Drivers and barriers in the mode choice process. *World Review of Intermodal Transportation Research*, 5(4), 369 – 386. <https://doi.org/10.1504/WRITR.2015.076925>

Bergqvist, R., Monios, J. 2014. The role of contracts in achieving effective governance of intermodal terminals. *World Review of Intermodal Transportation Research*, 5(1), 21 p. Prieiga per internetą:

<https://www.researchgate.net/publication/262767565> The role of contracts in achieving effective governance of intermodal terminals

Binsbergen, A., Konings, R., Tavasszy, L., Duin, R. 2014. Innovations in intermodal freight transport: lessons from Europe. Prieiga per internetą: <https://www.researchgate.net/publication/268509356> Innovations in intermodal freight transport lessons from Europe

Boysen, N., Flidner, M., Jaehn, F., & Pesch, E. 2013. A Survey on Container Processing in Railway Yards. *Transportation science*, 47(3), 312–329 p. <https://doi.org/10.1287/trsc.1120.0415>

Bruns, F., Knust, S. 2010. Optimized load planning of trains in intermodal transportation. *OR Spectrum*, 34, 511–533 p. <https://doi.org/10.1007/s00291-010-0232-1>

Burdzik, R., Ciesla, M., Sladkowski, A. 2014. Cargo Loading and Unloading Efficiency Analysis in Multimodal Transport. *Promet – Traffic & Transportation*, 26(4), 10 p. <https://doi.org/10.7307/ptt.v26i4.1356>

Czapiewska, G. 2020. The importance of intermodal transport in Poland in the context of sustainable development. *Transport geography papers of Polish geographical society*. 23(3), 69–83 p. Prieiga per internetą: <https://www.ejournals.eu/pliki/art/17853/>

Demir, E., Burgholzer, W., Hrusovsky, M., Arikan, E., Jammernegg, W., & Van Woensel, T. 2016. *Transportation Research Part B: Methodological*, Elsevier, 93, 789–807 p. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2015.09.007>

Delgado, E., Póvoa, A., Antunes, A. 2021. Intermodal Terminal Planning under Decentralized Management: Optimization Model for Rail-Road Terminals and Application to Portugal. *Future Transp.* 1(3), 533 – 558 p. Prieiga per internetą: <https://www.mdpi.com/2673-7590/1/3/28>

Ehret, M., Boehm, M., Malzacher, G., Popa, A. 2020. System analysis of an intermodal terminal for a high-speed freight train. *IEEE Intelligent transportation systems conference*, 6 p. Prieiga per internetą: <https://elib.dlr.de/136249/3/System%20analysis%20of%20an%20intermodal%20terminal%20Submission%20elib.pdf>

Elbert, R., Reinhardt, D. 2016. Increasing capacity utilization of shuttle trains in intermodal transport by investing in transshipment technologies for noncraneable semi – trailers. *Winter Simulation Conference*, 12 p. Prieiga per internetą: <https://www.anylogic.com/upload/iblock/9e4/9e475cd48369d9472736d00473e5641d.pdf>

Eurostat. 2021. Freight transported in containers – statistics on unitisation. Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Freight_transportedin_containers_-_statistics_on_unitisation#Context

European association for forwarding, transport, logistic and Customs services (CLECAT). 2021. Revision of the Combined Transport Directive 92/106/EEC. *Pozicijos raštas* 9 p. Prieiga per internetą: https://www.clecat.org/media/clecat-pp_revision-of-combined-transport-directive.pdf

European Commission. 2021. Mobility Package 1 – Data gathering and analysis of the impacts of cabotage restrictions on combined transport road legs. *Final report*. 41 p. Prieiga per internetą: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a6718302-72a1-11eb-9ac9-01aa75ed71a1>

Filimanavičienė, A. 2014. Krovinių pervežimai geležinkeliais, jūriniu ir kelių transportu: sąveikos, privalumai, galimybės. *Transporter railways*, 1(23). Prieiga per internetą: <http://www.zurnalastransportas.lt/?p=5770>

Guo, S., Diao, C., Li, G., Takahashi, K. 2021. The Two-Echelon Dual-Channel Models for the Intermodal Container Terminals of the China Railway Express Considering Container Accumulation Modes. *Sustainability*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/su13052806>

Hanssen, T. E. S., Mathisen, T. A. 2011. Factors facilitating intermodal transport of perishable goods - transport purchasers viewpoint. *European Transport*, 49, 75-89 p. Prieiga per internetą: https://www.openstarts.units.it/bitstream/10077/6186/4/49D_SandbergHanssenMathisen.pdf

Heggen, H., Braekers, K., Caris, A. 2016. A multi-objective approach for intermodal train load planning. *Or spectrum* 40(3). <https://doi.org/10.1007/s00291-017-0503-1>

Hu, G., Sun, W., Jiang, J. 2021. Optimization of Train Operation Scheme for Container sea – rail multimodal transport. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1802/3/032068>

Huynh, N., Smith, D., Dulebenets. 2019. Challenges and the road ahead for intermodal freight terminals. *Standing committee on intermodal freight terminal design and operations committee (AT050)*. 10 p. Prieiga per internetą: <https://www.researchgate.net/publication/336580215>

International Union of combined Road-Rail transport companies (UIIR). 2018. New developments and best practices in combined transport. *Working party on intermodal transport and logistics*, 20 p. Prieiga per internetą:

https://unece.org/DAM/trans/doc/2018/wp24/Pres08e_Best_Practice_UIRR_Item_13c.pdf

Yan, B., Jin, J.G., Zhu, X., Lee, D.H., Wang, L., Wang, H. 2020. Integrated planning of train schedule template and container transshipment operation in seaport railway terminals. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102061>

Kim, K.H. 2005. Intermodal Transportation. 82 p. Prieiga per internetą: <https://www.researchgate.net/publication/287097117>

Kine, H., Gebresenbet, G., Tavasszy, L., Ljungberg, D. 2022. Digitalization and Automation in Intermodal Freight Transport and Their Potential Application for Low-Income Countries. *Future Transp*, 2(1), 41–54 p. <https://doi.org/10.3390/futuretransp2010003>

Klimecka – Tatar, D., Ingaldi, M. 2021. Sustainable development in logistic – a strategy for management in terms of green transport. *Management Systems in Production Engineering*, 29(2), 91 – 96 p. <https://doi.org/10.2478/mspe-2021-0012>

Lin, B., Yang, F., Zuo, S., Liu, C., Zhao, Y., Yang, M. 2019. An optimization approach to the low – frequency entire train formation at the loading area. *Sustainability*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/su11195500>

Marinov, M., Giovanni, L., Bellisai, G., Cleverman, J. 2014. Analysis of rail yard and terminal performances. *Journal of transport literature*, 8(2), 178–200 p. <https://doi.org/10.1590/S2238-10312014000200008>

Milenković, M., Val, S., Lutovac, D., Bojović, N., Knežević, N. 2020. Evaluation of the innovative value proposition for the rail freight transport: an integrated dematel – anp approach. *Transport*, 36(5), 406–432. <https://doi.org/10.3846/transport.2021.14519>

Morgantia, G., Crainica, T., Frejinger, E., Ricciardi, N. 2020. Block planning for intermodal rail: Methodology and case study. *Transportation research procedia*, 47, 19–26 p. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.068>

Munim, Z.H.; Haralambides, H. 2018. Competition and cooperation for intermodal container transshipment: A network optimization approach. *Research in transportation business & management*, 26, 87 – 99 p. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2018.03.004>

Opala, M. 2021. Analysis of Safety Requirements for Securing the Semi-Trailer Truck on the Intermodal Railway Wagon. *Energies*, 14(20). <https://doi.org/10.3390/en14206539>

Rodrigue, J., Notteboom, T. 2022. Container Terminal Design and Equipment. Prieiga per internetą: <https://porteeconomicsmanagement.org/pemp/contents/part3/container-terminal-design-equipment/>

Schönemann, R. 2016. Scheduling rail freight node operations through a slot allocation approach. *Daktaro darbas*, Berlynas. <https://doi.org/10.14279/depositonce-5452>

Stoilova, S., Martinov, S. 2019. Choosing the container handling equipment in a rail-road intermodal terminal through multi-criteria methods. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/664/1/012032>

Šakalys, R., Batarlienė, N. 2017. Research on Intermodal Terminal Interaction in International Transport Corridors. *Procedia Engineering*, 187, 281–288 p. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.376>

Tadić, S., Krstić, M., Roso, V., Brnjac, N. 2019. Planning an Intermodal Terminal for the Sustainable Transport Networks. *Sustainability*, 11(15). <https://doi.org/10.3390/su11154102>

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). 2018. Railways role in intermodality and the digitalization of transport documents. *eISBN: 978-92-1-363189-8*. Prieiga per internetą: https://unece.org/DAM/trans/main/wp24/ECE_TRANS_262_E_Web_Optimized.pdf

Villiers, G. 2015. Inland intermodal terminals and freight logistics hubs. *WIT transactions on state of the art in science and engineering*, 86. Prieiga per internetą: <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/9781784660772/9781784660772006FU1.pdf>

Zapolskytė, S. 2021. *Išmaniojo miesto susisiekimo sistemos infrastruktūros kompleksinis vertinimo modelis*. Daktaro disertacija. Vilniaus Gedimino technikos universiteto 2021-055-M mokslo literatūros knyga, 150 p. <https://doi.org/10.20334/2021-055-M>

Wang, L., Zhu, X. 2019. Container loading optimization in rail – truck intermodal terminals considering energy consumption. *Sustainability*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/su11082383>

Wang, L., Zhu, X., Xie, Z. 2019. Container assignment optimization considering overlapping amount and operation distance in rail – road transshipment terminal. *Advances in production engineering & management*, 12(4), 363–374 p. <https://doi.org/10.14743/apem2017.4.264>

Wiśnicki, B., Dyrda, A. 2016. Analysis of the Intermodal Transport Efficiency in the Central and Eastern Europe. *UDK 656.02(4-191.2)* 4–11 p. <https://doi.org/10.17818/NM/2016/2.1>

PRIEDAI

Anketinė apklausa

I dalis.
1. Kokia Jūsų įmonės veiklos sritis? a) Krovinių vežimas geležinkelių transportu b) Krovinių vežimas kelių transportu c) Ekspedijavimas d) Intermodalinio transporto paslaugos e) Kita
2. Kokia Jūsų patirtis logistikos srityje? a) 1 metai ir mažiau b) Iki 5 metų c) Iki 10 metų d) Daugiau nei 10 metų
3. Jūsų nuomone, koks krovinių transportavimo būdas Lietuvoje yra geriausiai išvystytas? a) Kelių transportu b) Geležinkelių transportu c) Intermodaliniu transportu
4. Jūsų nuomone, kokie pagrindiniai kriterijai išskiriami renkantis krovinių transportavimo būdą? a) Transportavimo kaina b) Transportavimo greitis c) Krovinio saugumas transportavimo metu d) Teikiamų papildomų paslaugų gausa
5. Kokios priežastys klientus verčia pasirinkti krovinių gabenimą intermodaliniu transportu? a) Transportavimo kaina b) Taršos mažinimas c) Krovinių gabenimo laikas d) Krovinių gabenimo kiekiai e) Krovinių pakrovimo laikas
6. Kokie pagrindiniai intermodalinio transporto trūkumai? a) Ilgas krovinių gabenimo laikas b) Manevringumas

<ul style="list-style-type: none"> c) Kaina d) Sudėtingas krovinių pristatymo laiko skaičiavimas
<p>7. Kaip vertinate geležinkelių transporto ir intermodalinio terminalo sąveiką?</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Sąveika neegzistuoja b) Vidutiniškai c) Gerai d) Puikiai
<p>8. Kokie pagrindiniai veiksniai daro įtaką intermodalinio terminalo krovos pajėgumui į / iš geležinkelių transporto?</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Traukinių eismo grafikas b) Terminalo krovos pajėgumai c) Komunikacija tarp geležinkelių transporto operatoriaus ir intermodalinio terminalo operatoriaus d) Inovatyvių sprendimų trūkumas.
<p>9. Kaip vertinate intermodalinio terminalo krovos procesą?</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Blogai b) Vidutiniškai c) Gerai d) Puikiai
<p>10. Kaip manote kiek intermodalinio terminalo krovos proceso efektyvumas priklauso nuo geležinkelių transporto (skalėje nuo 1 iki 10)?</p>
<p>11. Kokie veiksmai padėtų sustiprinti intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sinergiją krovos procese?</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis b) Krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį c) Traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale d) Bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas e) Kita

II dalis

1. Kokie veiksmai padėtų sustiprinti intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sinergiją krovos procese? Suskirstyti balais nuo 1 iki 4.*

- Besąlygiškas traukinių eismo grafiko laikymasis
- Krovinių saugojimo vietos priskyrimas intermodaliniame terminale atsižvelgiant į planuojamą formuoti traukinį
- Traukinio sąstato formavimas pradinėje stotyje atsižvelgiant į krovinių išdėstymą intermodaliniame terminale
- Bendros krovinių sekimo sistemos tarp intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sukūrimas

***Reikšmingiausias kriterijaus balas yra 4, mažiausiai reikšmingas kriterijus kuris turi balą – 1. Balai negali kartotis.**

III dalis

1. Kokios galimos sukurto mokslinio modelio naudos?

- Patogesnis krovos proceso planavimas, atliekamas paprasčiau;
- Greitesnis krovinių aptarnavimas;
- Turimos technikos efektyvesnis panaudojimas;
- Efektyvesnis vagonų parko panaudojimas,

2 priedas

v	α					
	0,900	0,100	0,050	0,025	0,010	0,005
1	0,0157908	2,70554	3,84146	5,02389	6,63490	7,87944
2	0,210720	4,60517	5,99147	7,37776	9,21034	10,5966
3	0,584375	6,25139	7,81473	9,34840	11,3449	12,8381
4	1,063623	7,77944	9,48773	11,1433	13,2767	14,8602
5	1,61031	9,23635	11,0705	12,8325	15,0863	16,7496
6	2,20413	10,6446	12,5916	14,4494	16,8119	18,5476
7	2,83311	12,0170	14,0671	16,0128	18,4753	20,2777
8	3,48954	13,3616	15,5073	17,5346	20,0902	21,9550
9	4,16816	14,6837	16,9190	19,0228	21,6660	23,5893
10	4,86518	15,9871	18,3070	20,4831	23,2093	25,1882
11	5,57779	17,2750	19,6751	21,9200	24,7250	26,7569
12	6,30380	18,5494	21,0261	23,3367	26,2170	28,2995
13	7,04150	19,8119	22,3621	24,7356	27,6883	29,8194
14	7,78953	21,0642	23,6848	26,1190	29,1413	31,3193
15	8,54675	22,3072	24,9958	27,4884	30,5779	32,8013
16	9,31223	23,5418	26,2962	28,8454	31,9999	34,2672
17	10,0852	24,7690	27,5871	30,1910	33,4087	35,7185
18	10,8649	25,9894	28,8693	31,5264	34,8053	37,1564
19	11,6509	27,2036	30,1435	32,8523	36,1908	38,5822
20	12,4426	28,4120	31,4104	34,1696	37,5662	39,9968
21	13,2396	29,6151	32,6705	35,4789	38,9321	41,4010
22	14,0415	30,8133	33,9244	36,7807	40,2894	42,7956
23	14,8479	32,0069	35,1725	38,0757	41,6384	44,1813
24	15,6587	33,1963	36,4151	39,3641	42,9798	45,5585
25	16,4734	34,3816	37,6525	40,6465	44,3141	46,9278
26	17,2919	35,5631	38,8852	41,9232	45,6417	48,2899

INTERMODALINIO TERMINALO KROVOS PROBLEMATIKA, VERTINANT GELEŽINKELIO SINERGIJĄ

Paulius Danielius

Vilnius Tech

Santrauka. Intermodalinis transportas atlieka vis svarbesnį vaidmenį tiek pasaulinėje, tiek Europos krovinių transportavimo rinkoje. Jos pranašumas yra ekologiškesnė forma kelių transporto atžvilgiu. Ateityje planuojant didesnę intermodalinio transporto panaudojimą, būtina pradėti planuoti, kaip bus aptarnaujami kroviniai, kad būtų išlaikoma konkurencija tarp kitų šios srities dalyvių. Būtina užtikrinti glaudžią sineriją tarp krovos procese dalyvaujančių subjektų – kelių transporto, geležinkelių transporto, intermodalinio terminalo. Atlikus ekspertinio vertinimo tyrimą nustatyta, kad intermodalinio terminalo ir geležinkelių transporto sąveika šiuo metu nėra tinkamai išplėta. Reikalingas krovos operacijų optimizavimas, siekiant patenkinti klientų poreikius.

Reikšminiai žodžiai: intermodalinis transportas, geležinkelių transportas, transporto rūšių sąveika, krova, mokslinis modelis.

ĮVADAS

Europos transporto politikos viena iš strategijų iki 2050 metų yra 30 % kelių transporto, kurių maršruto ilgis yra 300 kilometrų ir ilgesnis, perkelti į transporto rūšis, išmetančias mažiau CO₂ įskaitant konteinerių ir kitų intermodalinio transporto vienetų perkėlimą iš kelių į geležinkelius ir vidaus vandens kelius.

Taigi intermodalinis transportas atlieka vis svarbesnį vaidmenį tiek pasaulinėje, tiek Europos krovinių transportavimo rinkoje. Intermodalinis transportas yra kompleksinis krovinių gabenimo būdas, nes jis sujungia įvairias transporto rūšis į vieną procesą. Kad vyktų sklandus atskirų transporto rūšių sujungimas transportavimo metu, privalo vykti glaudžių sinerijų terminale. Terminaluose naudojama infrastruktūra bei superstruktūra leidžia atlikti krovinių perkėlimą iš vienos transporto rūšies į kitą. Bet terminale esantys techniniai pajėgumai dar negarantuoja efektyvios veiklos jame.

Intermodalinių terminalų pajėgumas ir našumas paprastai matuojamas atskirai nuo geležinkelių transporto įtakos terminalo veiklai. Geležinkelio operacijų integracija į terminalo veiklą yra minimali. Todėl, atsižvelgiant į šiuos aspektus ir mokslinėje literatūroje rastų tyrimų rezultatus, galima teigti, kad šiuo metu sinerija, esanti tarp geležinkelių transporto ir intermodalinio terminalo, yra silpna, ją reikia tobulinti, sudarant prielaidą, kad tai galėtų su efektyvinti intermodalinio terminalo krovos procesą.

Ateityje planuojant didesnę intermodalinio transporto panaudojimą, būtina pradėti planuoti, kaip bus aptarnaujami kroviniai, kad būtų išlaikoma konkurencija tarp kitų šios srities dalyvių. Būtina užtikrinti glaudžią sinergiją tarp krovos procese dalyvaujančių subjektų – kelių transporto, geležinkelių transporto, intermodalinio terminalo. Todėl didelis dėmesys turi būti skiriamas krovos operacijoms intermodaliniame terminale sujungiant geležinkelių transportą, siekiant su efektyvinti krovos procesą.

1. Intermodalinis transportas

Intermodalinis transportas yra objektas, kuriam pastaraisiais metais yra skiriamas didelis dėmesys. Pagrindiniai aspektai kurie verčia daugiau naudotis intermodaliniu transportu: globalizacija, ekologijos svarba, dideli transportavimo kaštai, kurie tenka kelių transportui (Czapiewska 2020).

1 lentelė. Intermodalinio transporto sąvokos (šaltinis: sudarytas autoriaus)

Sąvoka	Autorius
Intermodalinis pervežimas gali būti apibrėžiamas kaip asmens ar krovinio pervežimas iš jo kilmės vietos į paskirties vietą bent dviem transporto rūšimis, perkėlimas iš vienos rūšies į kitą vyksta intermodaliniame terminale.	Kim (2005)
Intermodalinis transportas apima krovinių gabenimą konteineryje arba transporto priemone, naudojant kelias transportavimo rūšis (pvz., geležinkelius, laivus, sunkvežimius), keičiant rūšį netvarkant paties krovinio. Metodas sumažina krovinių tvarkymą, todėl pagerina saugumą, sumažina žalą ir praradimą bei leidžia greičiau gabenti krovinius	Munim & Haralambides (2018)
Intermodalinis transportas pagal apibrėžimą yra prekių judėjimas vienu ir tuo pačiu pakrovimo vienetu arba kelių transporto priemone, kuri paeiliui naudoja dvi ar daugiau transporto rūšių, nekraunant krovinių, o keičiant transportavimo priemonę.	United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) (2018)
Intermodalinis transportas – tai krovinių gabenimas viename ir tame pačiame pakrovimo vienete ar transporto priemone nuosekliomis transporto rūšimis, netvarkant pačių krovinių keičiant režimą.	Brnjac et al. (2019)

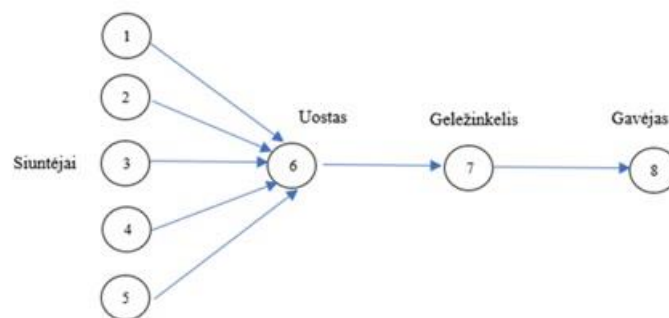
Kombinuoto transporto direktyvos 92/106/EEC peržiūros ataskaitoje CLECAT (2021) nurodoma, kad siekiant užtikrinti, kad būtų pasiekti žaliajo kurso tikslai viena iš alternatyvų yra išplėsti kombinuoto transporto taikymo sritį, įtraukiant visas daugiarūšio transporto operacijas sąjungoje, su sąlyga, kad ilgiausia kelionės atkarpa būtų vykdoma naudojant tvarią transporto rūšį t.y. geležinkelių arba vidaus vandenių kelius, o pradinės ir galutinės krovinių gabenimo atkarpos yra pakankamai trumpos. Pagal European Commission (2021), nurodoma, kad naujų taisyklių taikymas kombinuoto transporto kelių atkarposms paveiks maždaug 32 % visų kombinuoto transporto apimčių, o tai reiškia, kad maždaug trečdaliui kombinuoto transporto veiklos operatoriai turėtų imtis kitokių priemonių, kad atitiktų naujas taisykles. Mokslininkai ir įvairios strategijos išskiria, kad visas pasaulis juda link žalesnio krovinių gabenimo ir viena iš pagrindinių alternatyvų yra intermodalinis transportas.

Pasak Baublio et al (2004) norint, kad vežimų forma būtų apibrėžta kaip intermodalinis transportas, ji turi patenkinti tokius reikalavimus:

- Yra naudojamos dvi ar daugiau transporto rūšys;
- Krovinyms lieka viename ir tame pačiame intermodalinio transporto krovimo viename viso jo transportavimo metu;
- Kuomet intermodaliniams vežimams naudojamas geležinkelių ar vandens transportas, jis pakeičia galimą ilgų nuotolių vežimą kelių transportu, o pastarasis yra naudojamas tik pradiniam/galutiniam krovinių surinkimui ir paskirstymui.

Savo straipsnyje Wiśnicki & Dyrda (2016) išskyrė iš kokių komponentų susidaro intermodalinio transporto panaudojimo naudos maksimizavimas: intermodalinio transporto vienetų (ITV) pasirinkimo, transporto priemonių pasirinkimo ir perkrovimo technologijos, intermodalinės sąveikos organizavimo.

Delgado, Póvoa & Antunes (2021) straipsnis buvo paremtas tuo, kad intermodalinio transporto sistemos veikimas labiausiai priklauso nuo intermodalinių terminalų vietos ir jų tipo parinkimo.



1 pav. Prekių transportavimo maršrutas (sudarytas autoriaus, remiantis Burdzik, Ciesla & Śladkowski, 2014)

Intermodalinio transporto pavyzdys gali būti, kad į sunkvežimius pakraunami konteineriai išvyksta iš siuntėjo lokacijos, į intermodalinį terminalą, kuriame konteineriai perkraunami į geležinkelių riedmenis, kurie transportuos krovinį į jūrų uosto terminalą.

Laivais krovinyms bus perkeliamas iš pradinio uosto į galutinį. Galutiniame uoste krovinyms minėta seka viena arba keliomis sausumos transporto priemonėmis: sunkvežimiu, geležinkeliu bus pristatomas galutiniam gavėjui.

2. Intermodalinio terminalo krovos procesas sąveikaujant su geležinkelių transportu

Viena svarbiausių intermodalinio transporto sistemos dalių yra intermodalinis terminalas (Šakalys & Batarlienė, 2017; Delgado et al., 2021). Jis yra atsakingas už intermodalinio transporto vienetų saugojimą ir perkrovimą į skirtingas transporto rūšis (Tadić et al., 2019).

Pagal statistiką mažiausiai tarši transporto priemonė yra geležinkelių transportas. Manoma, kad ateityje geležinkelių transportas turės vis didesnę reikšmę krovinių gabenime, kas verčia ieškoti tvaresnių priemonių ateities srautui aptarnauti. Ženkliai padidinus gabenimo geležinkeliais dideliais atstumais efektyvumą ir pajėgumą, galima paskatinti intermodalinį krovinių vežimą geležinkeliais – keliais. Geresnis traukinio pajėgumų panaudojimas gali padidinti krovinių vežimo geležinkeliais apimtį, taigi ir bendrą geležinkelių sistemos pajėgumą išnaudojimą. Todėl svarbu nustatyti, kurie krovinių vienetai bus pakraunami ir kurioje traukinio vietoje, siekiant maksimaliai padidinti traukinio pakrovimo laipsnį ir sumažinti išlaidas vienam krovinių vienetui (Heggen, Braekers & Caris, 2016).

Intermodaliniai traukiniai, kurie yra skirti vežti krovinius iš terminalo į terminalą, gali būti skirstomi pagal šias veikimo schemas: blokiniai traukiniai, maršrutiniai traukiniai, linijiniai traukiniai:

- blokiniai traukiniai – vagonai sugrupuojami į blokus, kad būtų vežami kartu, kaip unikalus subjektas, nuo bloko pradžios, terminalo, kuriame jis suformuotas, iki paskirties terminalo, kur jis išformuojamas. Vagonai, sudarantys bloką, nebūtinai turi tą pačią kilmę ar paskirties vietą, ir nebūtinai yra tokie patys kaip bloko, į kurį jie yra sugrupuoti, vagonai (Crainica et al., 2019).

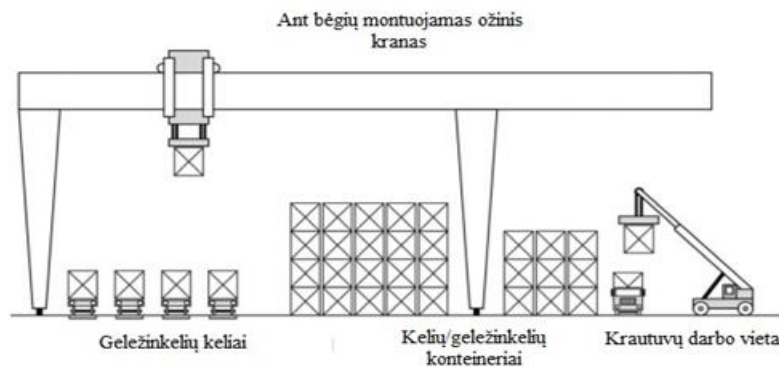
- maršrutiniai traukiniai – turintys fiksuotą traukinio pravažiavimo pajėgumą, kurie šiuo metu yra dominuojantys intermodalinio transporto veikloje (Elbert & Reinhard, 2016). Vienas pavyzdžių Lietuvoje – traukinys „Vikingas“.

- linijiniai traukiniai – eksploatuojami koridoriuje, kuriame jie pravažiuoja kelis terminalus savo nustatyta maršrute tarp pradžios ir pabaigos terminalo. Jie tinka aptarnauti vietas, turinčias didelį krovos potencialą, kurios yra padalintos į keltą mažesnių vietų (Behrends, 2015).

Pastaruoju metu literatūroje daugiausia dėmesio skiriama geležinkelių ir sunkvežimių intermodalinių terminalų vietos parinkimui (Tadić et al., 2019), saugojimo vietos paskirstymo problemai (Wang & Zhu, 2019) ir ant bėgių montuojamo ožinio kranų planavimo problemai (Wang & Zhu, 2019). Nemažai mokslinių straipsnių yra parengta apie teisingą sandėliavimo vietos paskyrimą atvykusiems konteineriams, siekiant sumažinant konteinerių perstatymų skaičių ir tuo pačiu vilkikų grūstis terminalo viduje (Murty, 2005). Pagal Hanssen (2013) atliktą tyrimą buvo nagrinėjama reali konteinerių sandėliavimo konteinerių terminale problema. Buvo apibrėžta problema ir pasiūlytas

praktinis dviejų etapų sprendimo būdas. Pirmajame etape, kai konteinerių grupėms priskiriamos kiemo aikštelės panaudojant sukurtą matematinį modelį, o antrajame etape buvo naudojamas euristinis metodas, kuris nustato tikslią konteinerių padėtį. Krano panaudojimo optimalus modelis buvo sukurtas Luo, Chang & Gao (2018) atsižvelgiant į pagrindinius veiksnius, tokius kaip krano judėjimo atstumas, posūkio atstumas ir praktinės veikimo taisyklės, kurios yra tiesiogiai susijusios su bendru energijos suvartojimu.

Intermodalinio terminalo operatorius turi valdyti tokią informaciją kaip geležinkelių kelių užimtumas, konteinerių vietos sekimas, krautuvų valdymas, atvykstančio autotransporto vietos priskyrimas, ožinio krano naudojimo planavimas. Siekiant efektyviau apdoroti tokio tipo informaciją, reikalingas inovatyvių sprendimų diegimas terminalo veikloje.

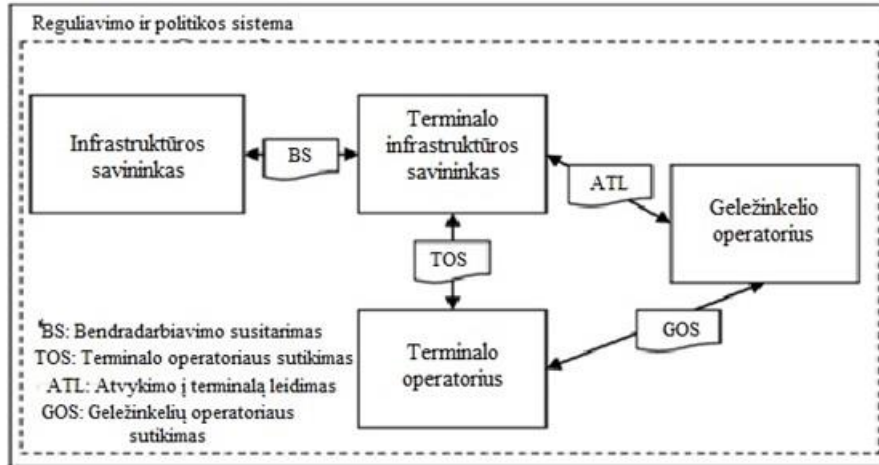


2 pav. Terminalo valdymo elementai

Terminale perkraunama iki 24 skirtingų krovinių tipų. Vagonų ilgiai svyruoja nuo 40 iki 104 pėdų. Paprastai geležinkelių transporto poreikis yra didesnis nei traukinių talpa, t.y. į esamą traukinį galima pakrauti tik dalį krovinių vienetų nei yra poreikis.

Planuojant traukinių pakrovimo operacijas intermodaliniuose terminaluose siūlomas sprendimas Bruns ir Knust (2010): siūlomos trys skirtingos sveikųjų skaičių tiesinės programavimo formulės, skirtos konteineriams priskirti vagonų lizdus, siekiant maksimaliai išnaudoti traukinį ir sumažinti transportavimo išlaidas konteineriams pakrauti ir nustatyti vagono konfigūracijos keitimo išlaidas. Terminalo valdytojas, atsižvelgdamas į traukinius, kurie atvyksta ir išvyksta iš kiemo pagal nurodytą grafiką, turi valdyti konteinerių ir vagonų srautą.

Pasak Schönemann (2016) pats intermodalinio krovos procesas į geležinkelių riedmenis yra sudėtingas viena priežasčių silpnas bendradarbiavimas ir plano nebuvimas. Nors terminalo operacijos, reikalingos traukinio pakrovos planui vykdyti, paprastai yra optimizuojamos, kai nustatomi pakrauti krovinių vienetai, ankstyvojo planavimo pagalba gali dar labiau pagerinti bendrą traukinio apkrovos planavimo procesą (Heggen, Braekers, Caris 2016).



3 pav. Konceptinė intermodalinio terminalo valdymo sistema (Bergqvist & Mo-nios, 2014)

Traukinio pakrovos planavimo problema yra operatyvinio sprendimo lygmenyje ir yra susijusi su dviejų tipų sprendimų priėmėjais – terminalo operatoriumi ir tinklo operatoriumi (Heggen, Braekers & Caris 2016).

Pastebima, kad traukinio sąstato formavimas atliekamas neatsižvelgiant į terminalo teritorijoje esančių krovinių išdėstymą, o tai gali apsunkinti krovos procesą terminale. Svarbu išanalizuoti esamą intermodalinio terminalo krovos procesą, siekiant jį efektyvinti apjungiant geležinkelių transportą.

1. Inovacijų taikymas intermodaliniame transporte

Siekiant užtikrinti sklandų intermodalinio transporto veikimą, yra reikalingas intensyvus informacijos srautas, veiksmingas esamų ir naujų skaitmeninimo ir automatizavimo technologijų taikymas, kurie leidžia sklandžiai ir laiku perduoti informaciją apie krovinių intermodaliniame krovinių vežime. Informacinės ir ryšių technologijos intermodaliniame transporte apima jutiklius, palydovines technologijas, debesų kompiuteriją, žiniatinklio platformas ir automatizavimą (Kine et al., 2022). Pasak Milenković et al. (2020), vienas iš novatoriškų būdų, kaip pagerinti krovinių vežimo geležinkeliais paslaugas ir atitikti prašomus paslaugų kriterijus siuntėjo požiūriu. Tai galima atlikti tik pagerinus su geležinkeliais susijusių ir su geležinkeliu nesusijusių suinteresuotųjų šalių koordinavimą transporto grandinėje.

Kine et al. (2022) moksliniame straipsnyje analizavo technologijas, kurios turėtų padėti priimti sprendimus, planuojant ir valdant uostų/terminalų veiklą, taip pat stebėti, valdyti transporto grandinės nuokrypius.

2 lentelė. Uostų ir terminalų technologijos (Kine et al., 2022)

Technologija	Uostai ir terminalai
Automatizavimas	Sutrumpinamas prastovos laikas, efektyvesnis saugumas, efektyvesnis krovinių tvarkymas, tikslesnis uosto/terminalo veiklos planavimas, tikslesnis krano panaudojimas.
Daiktų internetas, jutikliai ir belaidžio ryšio technologija	Užtikrina automatinį konteinerių atpažinimą prie vartų, konteinerių apsaugą, konteinerių vietą uoste/terminale.
Žiniatinklio platformos, dirbtinis intelektas, debesų kompiuterija ir dideli duomenys	Transliacijų tvarkaraščiai uoste; aiškus reikalingos informacijos ir procedūrų pateikimas suinteresuotosioms šalims.
Padėties nustatymo technologija	Naudojamas sunkvežimiams, konteineriams ir įrangai uostuose nustatyti, kad būtų galima efektyviai planuoti darbą.
Elektroniniai dalijimosi duomenimis įrankiai	Skirtas vieno langelio paslaugai.
Stebėjimo technologija	Užtikrina krovinio saugumą procese; identifikuoja į uostą įvažiuojančių sunkvežimių numerius.

Pastaruoju metu jūrų terminalai vis stipriau bendradarbiauja su geležinkelių terminalais. Vienas iš pavyzdžių, Šanchajus išleido transporto struktūrų koregavimo įgyvendinimo planą. Juo siekiama sukurti intermodalinę krovinių vežimo sistemą, skirtą dalytis informacija tarp jūrų terminalo ir geležinkelio terminalų (Yan et al., 2020). Išmaniosios transporto sistemos yra sukurtos tam, kad suteiktų bendradarbiavimo planavimo galimybes tarp kelių intermodalinio pervežimo dalyvių, greitai keičiantis informacija (Guo et al., 2021). Šiame tyrime informacija apie geležinkelio terminale kaupiamų konteinerių skaičių yra dalijamasi tarp geležinkelio terminalo ir jūrų terminalo. Jų bendradarbiavimas padeda paspartinti konteinerių kaupimą geležinkelio terminale. Tai labai sumažina laukimo laiką geležinkelio terminale ir skatina perėjimą nuo sunkvežimio prie traukinio.

Intermodaliniame transporte inovacijų poreikis vis didėja, pagrindinės iš jų yra skaitmenizavimas, siekiant tiek tikslesnio terminalo darbų planavimo, tiek tiekimo grandinės proceso stabilesnio veikimo. Pasaulis taip pat juda į autonomiją: autonominiai kranai, autonominės planavimo priemonės, o visa tai padės užtikrinti geresnę transporto priemonių sąveiką terminale.

Išvados

1. Nustatyta, kad daugiausia mokslininkai akcentuoja intermodalinio transporto svarbą siekiant žaliajo transporto vizijos, privalumus atliekant intermodalinius vežimus, pagrindinius faktorius, kurie daro įtaką terminalų ir transporto rūšių sinergijai, krovos problematiką intermodaliniame terminale.
2. Iš atliktos mokslinių literatūros analizės pastebėta, kad mokslininkų atlikti intermodalinio terminalo krovos problematikos tyrimai yra labiausiai orientuoti į terminalą kaip atskirtą veiklos vienetą, kai nėra vertinami kiti terminalo krovos proceso dalyviai (geležinkelių transportas). Mokslinėje literatūroje daugiausia dėmesio skiriama jūrų uostų terminalų krovos proceso problematikos tyrimui. Taip pat tyrimai atliekami krano panaudojimui terminale efektyvinti, inovatyviems pakrovos ir iškrovos būdams pritaikyti terminalo veikloje.
3. Apibendrinant galima teigti, kad nėra modelio, kuris apibrėžtų intermodalinio terminalo krovos efektyvinimą į / iš geležinkelių transporto, kad būtų užtikrinta stipresnė sinergija, siekiant trumpiausios, pigiausios krovinių aptarnavimo trukmės.

Literatūra

1. Baublys, A., Palšaitis, R., Vasilis, Vasiliauskas, A., Ivankovas, V. 2004. Intermodalinio transporto plėtros galimybių analizė ir logistikos centrų valdymo principų nustatymas. Ataskaita. VGTU.
2. Behrends, S. 2015. The modal shift potential of intermodal line-Trains from a haulier's perspective: Drivers and barriers in the mode choice process. *World Review of Intermodal Transportation Research*, 5(4), 369 – 386. <https://doi.org/10.1504/WRITR.2015.076925>
3. Bergqvist, R., Monios, J. 2014. The role of contracts in achieving effective governance of intermodal terminals. *World Review of Intermodal Transportation Research*, 5(1), 21 p. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/262767565_The_role_of_contracts_in_achieving_effective_governance_of_intermodal_terminals
4. Burdzik, R., Ciesla, M., Sladkowski, A. 2014. Cargo Loading and Unloading Efficiency Analysis in Multimodal Transport. *Promet – Traffic & Transportation*, 26(4), 10 p. <https://doi.org/10.7307/ptt.v26i4.1356>
5. Delgado, E., Póvoa, A., Antunes, A. 2021. Intermodal Terminal Planning under Decentralized Management: Optimization Model for Rail-Road Terminals and Application to Portugal. *Future Transp.* 1(3), 533 – 558 p. Prieiga per internetą: <https://www.mdpi.com/2673-7590/1/3/28>
6. European association for forwarding, transport, logistic and Customs services (CLECAT). 2021. Revision of the Combined Transport Directive 92/106/EEC. Pozicijos raštas 9 p. Prieiga per internetą: https://www.clecat.org/media/clecat-pp_revision-of-combined-transport-directive.pdf
7. European Commission. 2021. Mobility Package 1 – Data gathering and analysis of the impacts of cabotage restrictions on combined transport road legs. Final report. 41 p. Prieiga per

- internetą: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a6718302-72a1-11eb-9ac9-01aa75ed71a1>
8. Elbert, R., Reinhardt, D. 2016. Increasing capacity utilization of shuttle trains in intermodal transport by investing in transshipment technologies for noncranable semi – trailers. Winter Simulation Conference, 12 p. Prieiga per internetą: <https://www.anylogic.com/upload/iblock/9e4/9e475cd48369d9472736d00473e5641d.pdf>
 9. Guo, S., Diao, C., Li, G., Takahashi, K. 2021. The Two-Echelon Dual-Channel Models for the Intermodal Container Terminals of the China Railway Express Considering Container Accumulation Modes. *Sustainability*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/su13052806>
 10. Heggen, H., Braekers, K., Caris, A. 2016. A multi-objective approach for intermodal train load planning. *Or spectrum* 40(3). <https://doi.org/10.1007/s00291-017-0503-1>
 11. Yan, B., Jin, J.G., Zhu, X., Lee, D.H., Wang, L., Wang, H. 2020. Integrated planning of train schedule template and container transshipment operation in seaport railway terminals. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102061>
 12. Kim, K.H. 2005. *Intermodal Transportation*. 82 p. Prieiga per internetą: <https://www.researchgate.net/publication/287097117>
 13. Kine, H., Gebresenbet, G., Tavasszy, L., Ljungberg, D. 2022. Digitalization and Automation in Intermodal Freight Transport and Their Potential Application for Low-Income Countries. *Future Transp*, 2(1), 41 – 54 p. <https://doi.org/10.3390/futuretransp2010003>
 14. Munim, Z.H.; Haralambides, H. 2018. Competition and cooperation for intermodal container transshipment: A network optimization approach. *Research in transportation business & management*, 26, 87 – 99 p. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2018.03.004>
 15. Schönemann, R. 2016. Scheduling rail freight node operations through a slot allocation approach. *Daktaro darbas, Berlynas*. <https://doi.org/10.14279/depositonce-5452>
 16. Šakalys, R., Batarlienė, N. 2017. Research on Intermodal Terminal Interaction in International Transport Corridors. *Procedia Engineering*, 187, 281 – 288 p. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.376>
 17. Tadić, S., Krstić, M., Roso, V., Brnjac, N. 2019. Planning an Intermodal Terminal for the Sustainable Transport Networks. *Sustainability*, 11(15). <https://doi.org/10.3390/su11154102>
 18. Wang, L., Zhu, X. 2019. Container loading optimization in rail – truck intermodal terminals considering energy consumption. *Sustainability*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/su11082383>
 19. Wang, L., Zhu, X., Xie, Z. 2019. Container assignment optimization considering overlapping amount and operation distance in rail – road transshipment terminal. *Advances in production engineering & management*, 12(4), 363 – 374 p. <https://doi.org/10.14743/apem2017.4.264>
 20. Wiśnicki, B., Dyrda, A. 2016. Analysis of the Intermodal Transport Efficiency in the Central and Eastern Europe. *UDK 656.02(4-191.2)* 4 – 11 p. <https://doi.org/10.17818/NM/2016/2.1>