TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Mehaanika ja tööstustehnika instituut

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

TRAMMI DÜNAAMILISTE PARAMEETRITE MÄÄRATLEMINE LIIKLUSOHUTUSE JA LIIKLUSKORRALDUSE PARENDAMISEKS

DETERMINING DYNAMIC PARAMETERS OF A TRAM FOR IMPROVING TRAFFIC SAFETY AND TRAFFIC MANAGEMENT

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Elar Abozenko

Üliõpilaskood: 232338EALM

Juhendaja: Dago Antov, emeriitprofessor

Tallinn 2025

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." ..... 20....

Autor: Elar Abozenko
/allkiri ja allkirjastamise kuupäev on digiallkirjas/

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"....." ..... 20....

Juhendaja: Dago Antov
/allkiri ja allkirjastamise kuupäev on digiallkirjas/

Kaitsmisele lubatud

"....." ..... 20....

Kaitsmiskomisjoni esimees: Ott Koppel
/allkiri ja allkirjastamise kuupäev on digiallkirjas/

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks[1]

Mina, Elar Abozenko:

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Trammi dünaamiliste parameetrite määratlemine liiklusohutuse ja liikluskorralduse parendamiseks", mille juhendaja on Dago Antov:
   1.1 Reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
   1.2 Üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

_____ (kuupäev)

/allkiri ja allkirjastamise kuupäev on digiallkirjas/

[1] *Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1 ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.*

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Elar Abozenko, 232338EALM

Õppekava, peaeriala: EALM02/03, Logistika, liikuvuskorraldus

Juhendaja: Dago Antov, Tallinna Tehnikaülikooli emeriitprofessor

Lõputöö teema:
(eesti keeles) Trammi dünaamiliste parameetrite määratlemine liiklusohutuse ja liikluskorralduse parendamiseks

(inglise keeles) Determining dynamic parameters of a tram for improving traffic safety and traffic management

Lõputöö põhieesmärgid:
1. Välja selgitada trammiveo liiklusõnnetuste olukord Tallinnas
2. Välja selgitada optimaalsed trammi dünaamilised parameetrid ohutumaks ja mugavamaks reisijaveo teenuseks
3. Leida liikluskorralduslikke täiendusi trammiliikluse ohutuse tõstmiseks

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teoreetiline osa – materjali otsimine, läbitöötamine	03.03.2025
2.	Empiiriline osa – andmete kogumine, analüüs, tulem	05.05.2025
3.	Tugiosad, vorming	19.05.2025
4.	Esitlus ja kaitsekõne	30.05.2025

Töö keel: eesti **Lõputöö esitamise tähtaeg:** 23.05.2025

Üliõpilane: Elar Abozenko /allkiri ja allkirjastamise kuupäev on digiallkirja/

Juhendaja: Dago Antov /allkiri ja allkirjastamise kuupäev on digiallkirjas/

Programmijuht: Jelizaveta Janno /allkiri ja allkirjastamise kuupäev on digiallkirjas/

SISUKORD

EESSÕNA 7
SISSEJUHATUS 8
1. TEOREETILINE KONTEKST 10
1.1 Tallinna trammiteenus 10
1.1.1 Olemasoleva trammiteenuse korraldus 10
1.1.2 Ülevaade tänasest trammiteenusest 11
1.1.3 Trammiteenuse perspektiiv 17
1.2 Trammiteenuse väljakutsed 22
1.2.1 Reisijate ohutus 22
1.2.2 Kaasliiklejate ohutus 23
1.2.3 Liikluskorraldus 26
2. UURIMISMEETOD 31
2.1 Lähteandmete päritolu 31
2.1.1 Trammiliinide andmed 31
2.1.2 Trammiveo liiklusõnnetuste andmed 33
2.1.3 Trammi dünaamilised andmed 34
2.1.4 Intervjuu läbiviimine 36
2.2 Mõõtmise asukoht ja mõõdetav sõiduvahend 36
2.3 Andmete analüüs ja tõlgendamine 38
3. TULEMUSED 40
3.1 Trammiliikluse ohutus Tallinnas 40
3.1.1 Trammireisijate ohutus 40
3.1.2 Trammi ja kaasliiklejate ohutus 41
3.2 Trammi dünaamilised parameetrid 48
3.2.1 Kiirendus ja kiirus 49
3.2.2 Aeglustus 55
3.3 Intervjuu 58
3.4 Trammiliikluse dünaamilised parameetrid 59
3.4.1 Trammiliikluse dünaamilised parameetrid fooride töö projekteerimisel 59
3.4.2 Trammiliikluse dünaamilised parameetrid trammiveo korraldamisel 61
3.5 Järeldused ja ettepanekud 62
KOKKUVÕTE 64
SUMMARY 65
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU 66
LISAD 72
Lisa 1 Trammiliin „Kopli – Vana-Lõuna" teekond ja peatused 73

Lisa 2 Trammi sõidudiagrammi väljalõige 74

EESSÕNA

Käesolev uurimistöö toetub autori enda huvile uuritava valdkonna vastu. Töö teema on autori poolt mõtestatud ja lõpliku sisu omandas koostöös juhendajaga. Töö teoreetiline osa põhineb teaduslikel artiklitel. Empiirilise osa teave on kokkupandud kogutud statistilistest ja mõõtmistööde andmetest.

Autor avaldab tänu MTÜ Eesti Liikluskindlustuse Fondile, Aktsiaseltsile Tallinna Linnatransport ja Tallinna Tehnikaülikooli õppejõule Hans Rämmalile, kes aitasid kaasa uurimistöö valmimisele vajalike lähteandmetega kui ka tehniliste võimalustega. Erilist tänu avaldab autor juhendajale akadeemilise ja professionaalse toe eest ning õppeasutusele, mille õppekava andis uurimistöö läbiviimiseks vajalikud teadmised ja oskused.

Uurimistöö sisaldab autori subjektiivset arvamust, mida võib kasutada teistes töö- ja õppealastest projektides. Seejuures on soovitatav teha omad mõõtmised, kuna asjaolud ei pruugi tehniliselt, ega tingimuslikult kattuda ning mille tõttu vastused on erinevad.

SISSEJUHATUS

Praegusel kümnendil, kus transpordivaldkonnas on keskkonnasäästlik liikumisviis tähelepanu keskmes, nähakse ühistranspordis lahenduse osana trammivedu. Tramm kui elektrisõiduk, pakub linnaruumis mugavat, tõhusat ja keskkonnasõbralikku liikumisvõimalust.

Samas selle liikumisviisiga kaasnevad ka spetsiifilised ohutus ja korralduslikud väljakutsed. Trammid, olles suured ja rasked sõidukid, on võrdlemisi vaikse liikumishääle ja pika pidurdusteega omamoodi liiklusriskiks linnaruumis. Lisaks võib üks liiklusõnnetus trammiteel häirida suurt osa trammivõrgu tööst. Seetõttu on hästitoimiva trammiveo juures esmatähtis liiklusohutuse tagatus, millest sõltub nii teiste liiklejate turvalisus, teenuse kvaliteet kui ka ühiskondlik suhtumine.

Tallinna Linnavalituse arengukava „Tallinn 2035" näeb ette, et trammiliikluse ühenduskiiruse tõstmist 16 km/h kuni 23 km/h.

Uurimistöö probleemiks on see, et hetkel ei ole selge mille arvelt seda saavutada on võimalik. Teisalt võib ühenduskiiruse tõstmine tuua liiklusohutuse halvenemise.

Antud uurimistöö eesmärgiks on kindlaks määratleda tegevused, mille abil oleks võimalik Tallinna trammiliikluse ühendusaegade parendamine ilma liiklusohutust halvendamast. Selle välja selgitamiseks on püstitatud järgmised uurimisküsimused:

- Milline on trammiveo liiklusõnnetuste olukord Tallinnas?
- Millised on trammi dünaamilised väärtused konkreetsel liiniveol?
- Milliseid meetmeid saab rakendada, et suurendada trammiveol ühenduskiirust seejuures halvendamata liiklusohutust?

Eesmärgi täitmiseks kasutati peamiselt kvantitatiivset uurimismeetodit. See hõlmas liiklusõnnetuse andmete kogumist ja selle statistilist analüüsi, mõttega tuvastada õnnetuste sagedus ja peamised riskikohad. Samuti hõlmas töö trammi dünaamilisi mõõtmisandmeid konkreetse liini põhjal ja nende andmete analüüsi. Kõnealuste andmete töötlemisel kasutati üldlevinud arvutirakendust ja mõõtmistöödel professionaalset mõõteseadet. Lisaks sisaldab uurimistöö ka intervjuud, mille peaeesmärk oli pigem toetus töö lõpus järelduste ja ettepanekute tegemisel. Intervjuu oli ühistranspordi teenuse planeerijatega. Kogutud andmete põhjal pakutakse välja liikluskorralduslikke soovitusi, mis oleksid kasulikud trammi liiklusohutusele ja sõidumugavusele.

Kõige selleks on uurimistöö koostatud kolme erineva peatükina. Esimene osa on teoreetiline ja annab taustainfot Tallinna trammiteenuse kohta ja trammi

liiklusohutusega seonduvast. Teine osa on pühendatud metoodika kirjeldusele, mis selgitab lähemalt uurimisandmete kogumist, mõõtmistehnikat ja objektiivse hinnangu moodustamist. Kolmandas peatükis tuuakse välja kogutud andmete tulemused ja nende selgitused, selle põhjal arutlus uurimistöö eesmärgi suhtes ning töö järeldused ja ettepanekud.

Töö lõpus lisade osas on graafiliselt väljatoodud mõõtmistööde geograafiline piirkond ja trammi dünaamiliste väärtuste iseloom.

Võtmesõnad: trammiliiklus, ühistransport, liiklusohutus, liikluskorraldus, magistritöö.

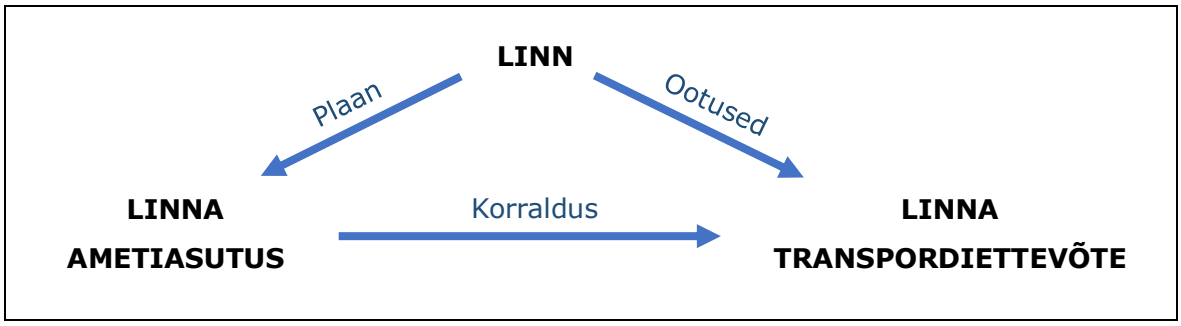
1. TEOREETILINE KONTEKST

1.1 Tallinna trammiteenus

1.1.1 Olemasoleva trammiteenuse korraldus

Tallinnas trammivedu kuulub Tallinna linna[2] valdusesse ja on osa linna pakutavast munitsipaalteenusest. Trammiteenuse haldamine on eraldi määratud linna omanduses olevale veoettevõtele[3]. Ettevõtte üheks põhiliseks ülesandeks on pakkuda kvaliteetset trammiteenust nii kohalikele elanikele kui ka linna külastajatele. Lisaks peab ettevõte vaatama veoteenuseks vajaliku tehnika, nagu telekommunikatsiooni süsteem, taristu ja veerem, hea toimimise ning jätkusuutlikkuse üle. Trammiteenuse aluseks on juhtkorraldused linna ametiasutuselt[4], mille hulka kuuluvad veotellimused (maht ja aeg) ning koostöö ühistranspordi teenuse arendamisel (Joonis 1.1.1.1). [1]

Sellest lähtuvalt Tallinna trammiteenus on avaliku sektori töö ja nad otseselt määravad teenuse kvaliteedi. Põhimõtteliselt selline asjaolu on üle maailma ka tavaline lahenduskäik. Seda põhjusel, et trammiteenuse väljaarendamine ja ülalpidamine on rahaliselt väga kulukas. Samas linnavõimule pakub see majandus- ja keskkonnapoliitilist perspektiivi. [2]



Joonis 1.1.1.1 Tallinna trammiteenuse juhtimisstruktuur

Kuna trammi liinivõrk ei kata tervet linna, siis on see süsteemselt toestatud bussiliinidega, kus bussipeatused paiknevad trammipeatuste vahetuläheduses. Selline lahendus pakub hõlpsat ümberistumist ning tõhusat jätkureisi [3]. Sellest tulenevalt on Tallinna trammiteenus osa linna multimodaalsest ühistranspordi lahendusest ja toetab säästvat transpordipoliitikat [4].

[2] *Tallinna Linnakantselei. Koduleht – https://www.tallinn.ee/et/tallinna-linnakantselei*
[3] *Aktsiaselts Tallinna Linnatransport. Koduleht – https://www.tlt.ee*
[4] *Tallinna Transpordiamet. Koduleht – https://www.tallinn.ee/et/tallinna-transpordiamet*

Trammiliiklus on reguleeritud liiklusseadusega[5], kus on väljatoodud trammi ja teiste liiklejate omavaheline liikluskord. Üldjuhul reguleerimata ristmikel on trammil sõidueesõigus teiste liiklejate suhtes. Reguleeritud ristmikel kasutatakse trammiliikluse juhtimiseks ümartuledega foore (roheline-kollane-punane tuli) ja ühisõidukifoore (valge tuli). Seejuures foorid töötavad aegpõhise või adaptiivse lahendusega. Lisaks kasutatakse ristmike ees liiklusmärki, mis annab teavet, et ees on ristumine trammiteega (Joonis 1.1.1.2).

Samuti on trammivedu reguleeritud ühistranspordiseadusega[6], kus muuhulgas on sätestatud vedaja ohutusnõuded reisijate ees. Trammide omavaheline liikluskord on veoettevõtte poolt kehtestatud ja ettenähtud trammiliikluse ohutuks toimimiseks.

Joonis 1.1.1.2 Trammiliikluses mõningad kasutatavad liikluskorraldusvahendid [5]

1.1.2 Ülevaade tänasest trammiteenusest

Täna on Tallinna trammivõrgu pikkuse ligikaudu 42 km ning see kulgeb kolmes linnaosas – Kesklinnas, Lasnamäel ja Põhja-Tallinnas. Trammivõrgu ülesehitus on struktuurilt diametraalne. See tähendab, et kõik trammiliinid läbivad Kesklinna, kus suurim trammi liiklussagedus on Narva mnt – Laikmaa ristmikul.

Trammivõrguga on loodud ühendus linna oluliste transpordisõlmedega nagu reisisadam, bussi-, lennu- ja rongijaam (Joonis 1.1.2.1). Nimetatud objektide sotsiaalmajandusliku väärtuse tõttu, külastab neid aastas mitu miljonit inimest [6], [7]. Lisaks on võimalik

[5] *Liiklusseadus, 2025. Viide – https://www.riigiteataja.ee/akt/131122024008?leiaKehtiv*
[6] *Ühistranspordiseadus, 2025. Viide – https://www.riigiteataja.ee/akt/123122024010?leiaKehtiv*

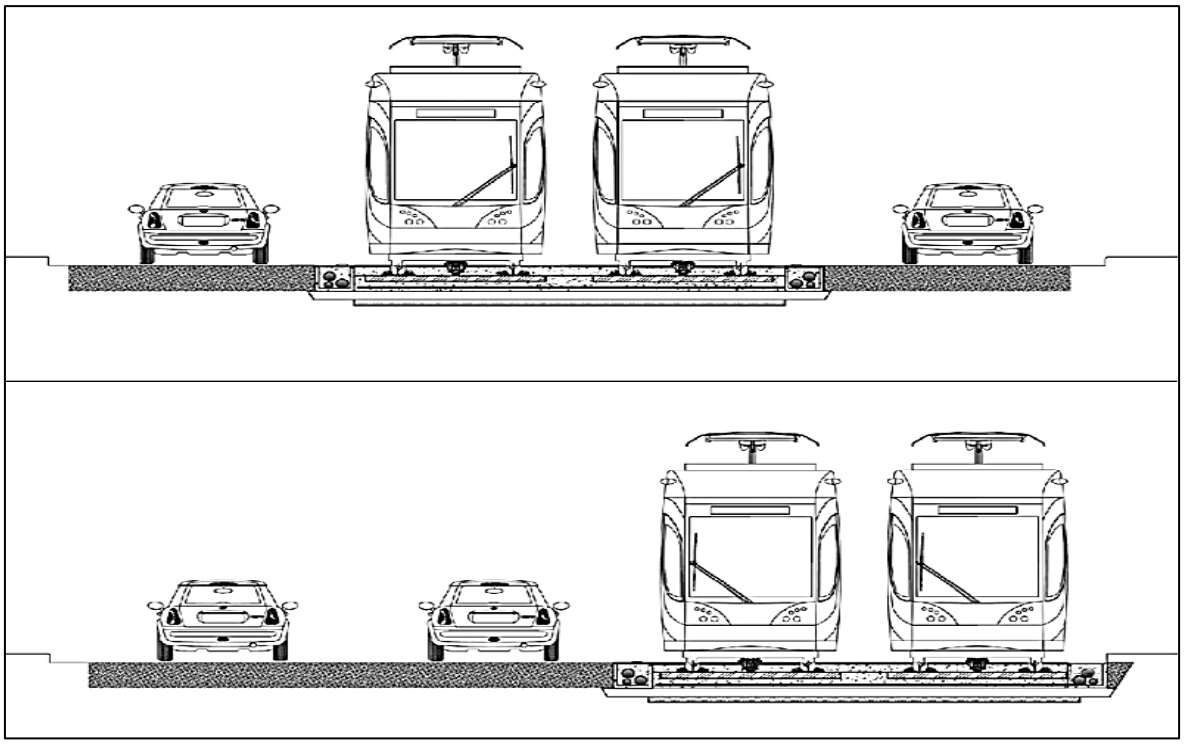
trammiga sõita Kesklinna südames, Viru ostukeskuse all[7], asuva linnaliinide bussiterminali juurde, ning Vabaduse väljaku[8] kõrval mitmete bussiliinide peatuste juurde.

Joonis 1.1.2.1 Tallinna trammivõrk linnakaardil. Märgitud rohelise joonega. Sinised ringid viitavad transpordisõlmedele. Vasakult rongijaam, reisisadamad, bussijaam ja lennujaam [8]

Trammi liikumiskoridori konstruktsiooniline paiknemine tänavaruumis on lahendatud kahel moel, mis omakorda pakuvad ka erinevat teenindustaset. Trammitee paikneb kas talle eraldatud teeosal või jagab sõiduteed koos teiste liiklejatega. Viimase variandi puhul trammitee asetseb kas sõidutee keskel või ääres (Joonis 1.1.2.2). Sel juhul on trammitee eraldatud liiklusmärkidega. Sõidutee ääres paiknedes on ta kõrval kõnnitee. [9]

Trammiteega ristuvad sõiduteed on üldiselt fooridega reguleeritud, kuid esineb ka ristmikke, kus ei ole sellist lahendust. Samamoodi on ka ülekäiguradadega. Liiklusohutuse aspektist reguleerimata ristmikud mõjutavad trammi sõidukiirust ja ühtlast kulgemist rohkem kui foorjuhitud ristmikud.

[7] *Viru keskuse bussiterminali aadress – Viru väljak 6, 10111 Tallinn*
[8] *Vabaduse väljaku aadress – Vabaduse väljak 9, 10142 Tallinn*



Joonis 1.1.2.2 Kaherealise trammitee paiknemis variandid sõiduteel [10]

Trammiliiklus toimib kahesuunaliselt, mis võimaldab reisijatel mugavalt liigelda erinevate sihtkohtade vahel, olgu need kas töö, kool, trenn või muu igapäevaelu vajadus. Trammiteenus on saadaval igal nädalapäeval ja töötab alates varajasest hommikutunnist kuni hilise öötunnini. Kellaajaliselt tähendab see, et teenus on aktiivne ligikaudu 19 tundi ööpäevas [11]. Tööpäevadel on tipptunni ajal ekspluatatsioonis umbes 46 trammi. Trammipeatuste soovituslikud asukohad on määratud kohalikus Linnatänavate standardis (Tabel 1.1.2.1).

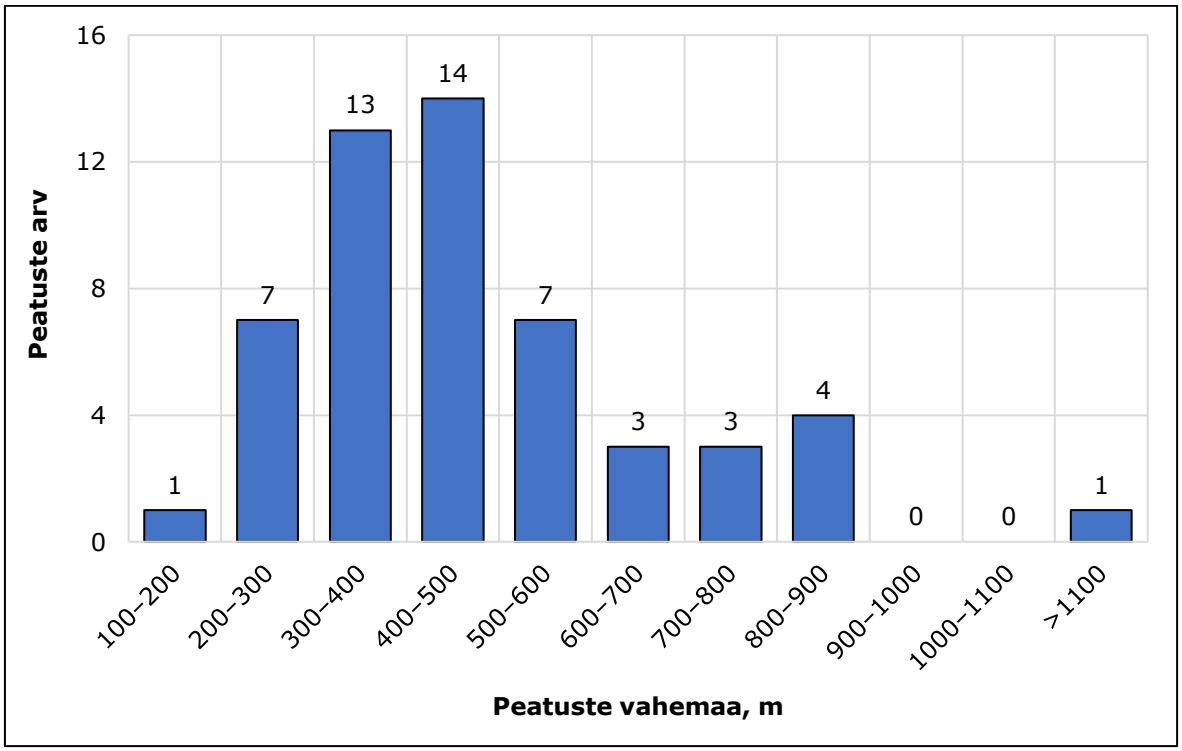
Tabel 1.1.2.1 Trammipeatuste soovituslikud vahemaad jalakäijale [9]

Peatuse asukoht	**Suurim jalgsikäigu pikkus läht- või sihtpunkti ja peatuste vahel, m**		
	Ühissõidukite intervall		
	< 8 min	8–15 min	> 15 min
Linnakeskus	500	400	300
Korruselamutega alad ja tööstusalad	700	600	400
Madalakorruseliste elamutega alad	1000	800	600

Uurimistöö tegemise ajal koosnes Tallinna trammivõrk 5 trammiliinist:

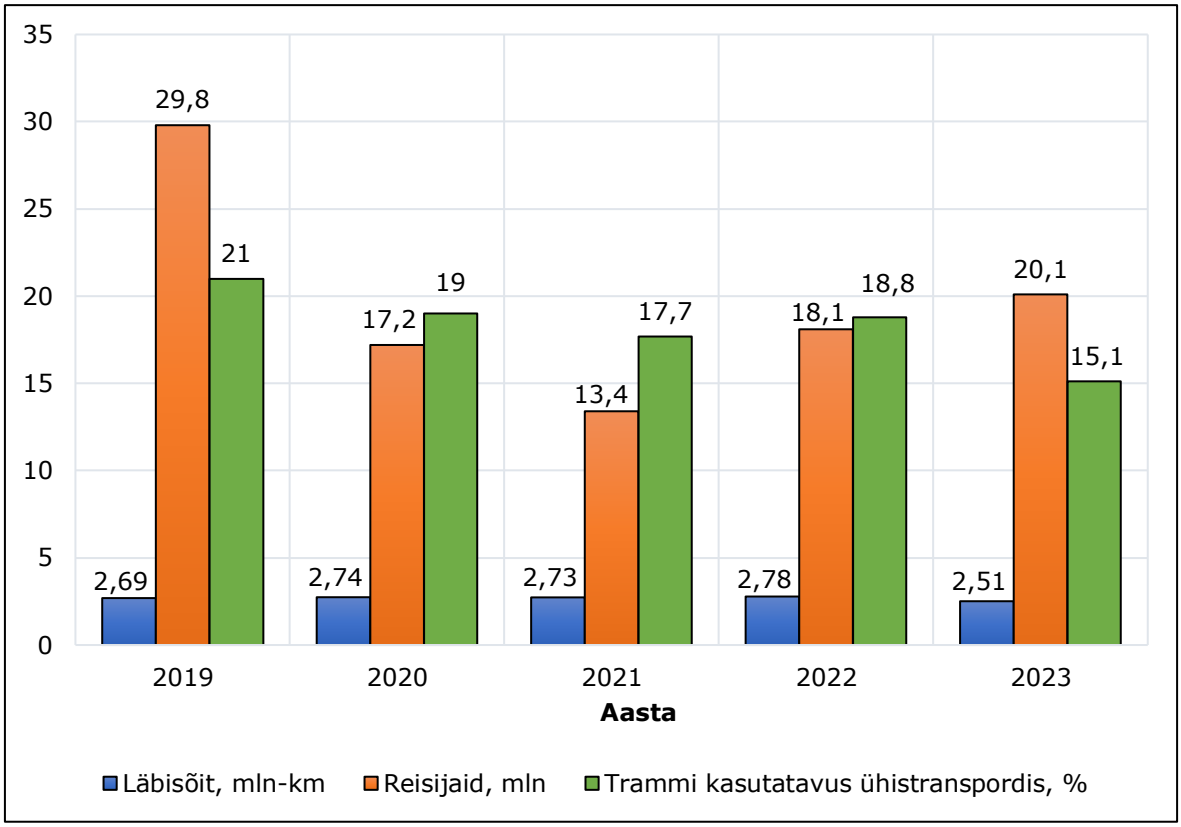
- Kopli – Kadriorg, liininumber 1 (Põhja-Tallinn – Kesklinn);
- Kopli – Suur-Paala, liininumber 2 (Põhja-Tallinn – Lasnamäe);
- Tondi – Kadriorg, liininumber 3 (Kesklinn – Kesklinn);
- Tondi – Suur-Paala, liininumber 4 (Kesklinn – Lasnamäe);
- Kopli – Vana-Lõuna, liininumber 5 (Põhja-Tallinn – Kesklinn).

Kokku ülal nimetatud trammiliinidega teenindatakse 53 trammipeatust. Pooltel neist on vahemaa 300–500 m vahemikus ning 15%-l jääb alla 300 m ja 34%-l on üle 500 m. Trammipeatuste vahemaade jagunemine on väljatoodud alloleval joonisel (Joonis 1.1.2.3).



Joonis 1.1.2.3 Tallinna trammivõrgu peatuste vahemaade jagunemine

Aastate 2019–2023 keskmisena kasutab trammiteenust ligikaudu 20 mln sõitjat aastas, mis arvutuslikult teeb 53 900 sõitjat päevas. Linna ühistranspordi teenuse kasutajate hulgast keskmiselt 18% kasutavad trammi. Seda tehes tuleb trammiveo aastaseks läbisõiduks keskmiselt 2,7 mln kilomeetrit, mis omakorda teeb päevaseks läbisõiduks suurusjärgus 7 400 km (Joonis 1.1.2.4).



Joonis 1.1.2.4 Tallinna trammiteenuse aastane näitaja, 2019–2023 [1]

Trammiteenuse liiklusgraafiku täitmine on viimastel aastatel püsinud kõrgel ja stabiilsena. Plaanitud reisijaveod on suures ulatuses teostatud, viimase kolme aasta jooksul on edukalt teostatud üle 99% plaanilise veootsa[9]. Tegemata veootste kindlat põhjust ei ole teada, aga need võivad olla seotud järgmiste teguritega: halb ilm, veeremirike, taristurike või liiklusõnnetus (Tabel 1.1.2.2). Siinkohal tuleb arvestada, et halb ilm ja taristurike mõjutavad sellel hetkel korraga mitut reisi. Veeremirikke ja liiklusõnnetusega seonduvalt on tihtipeale mõjutatud 1–2 trammi veoringi (2 trammi juhul kui on pukseerimise vajadus).

Tabel 1.1.2.2 Trammiteenuse veotellimused, 2021–2023 [1]

Aasta	2021	2022	2023
Tellitud vedu	359 000	330 500	265 667
Teostatud vedu	357 923 (99,7%)	329 178 (99,6%)	264 870 (99,7%)
Tegemata vedu	1077 (0,3%)	1322 (0,4%)	797 (0,3%)

Veoettevõtte tellimusel viis erapooletu uuringufirma[10] läbi küsitluse Tallinna elanike seas ühistranspordi rahulolu kohta. Uuringust selgus, et trammireisi eelistab kasutada

[9] *Hilinemisi ei ole antud konteksti all mõeldud*

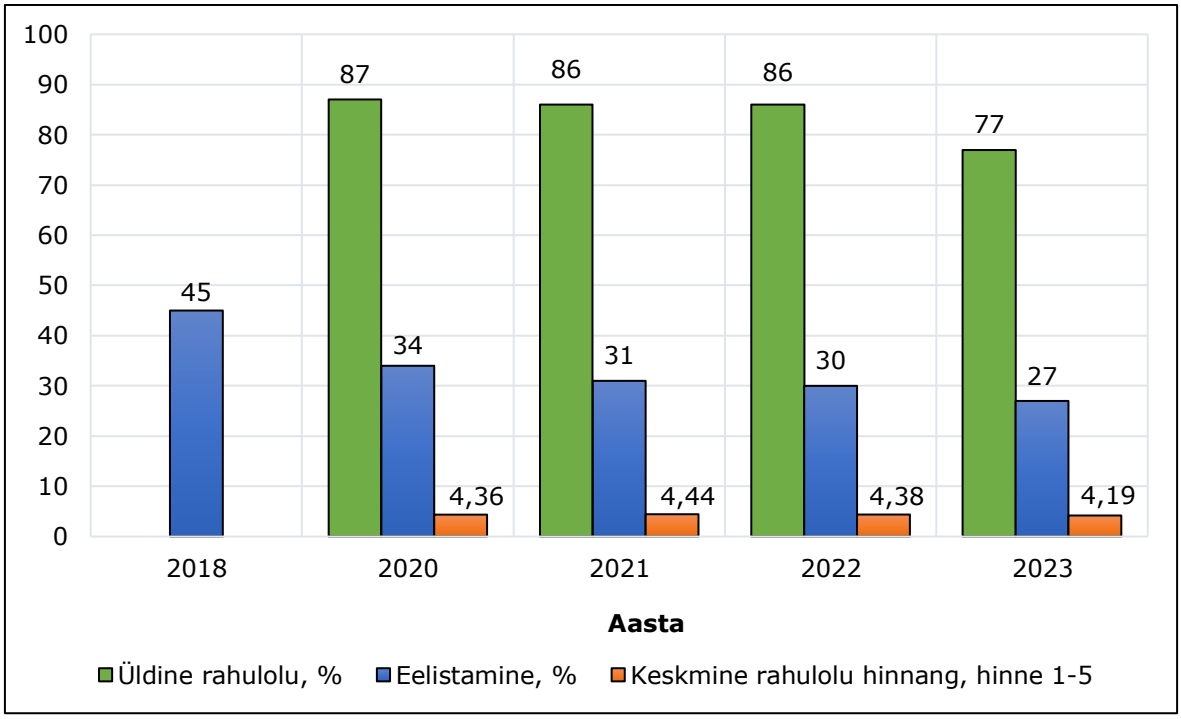
[10] *Turu-uuringute AS. Koduleht – https://turu-uuringute.eu/*

kolmandik linna elanikest. Paraku näitab see viimase aja langustrendi trammitranspordi suhtes (Joonis 1.1.2.5).

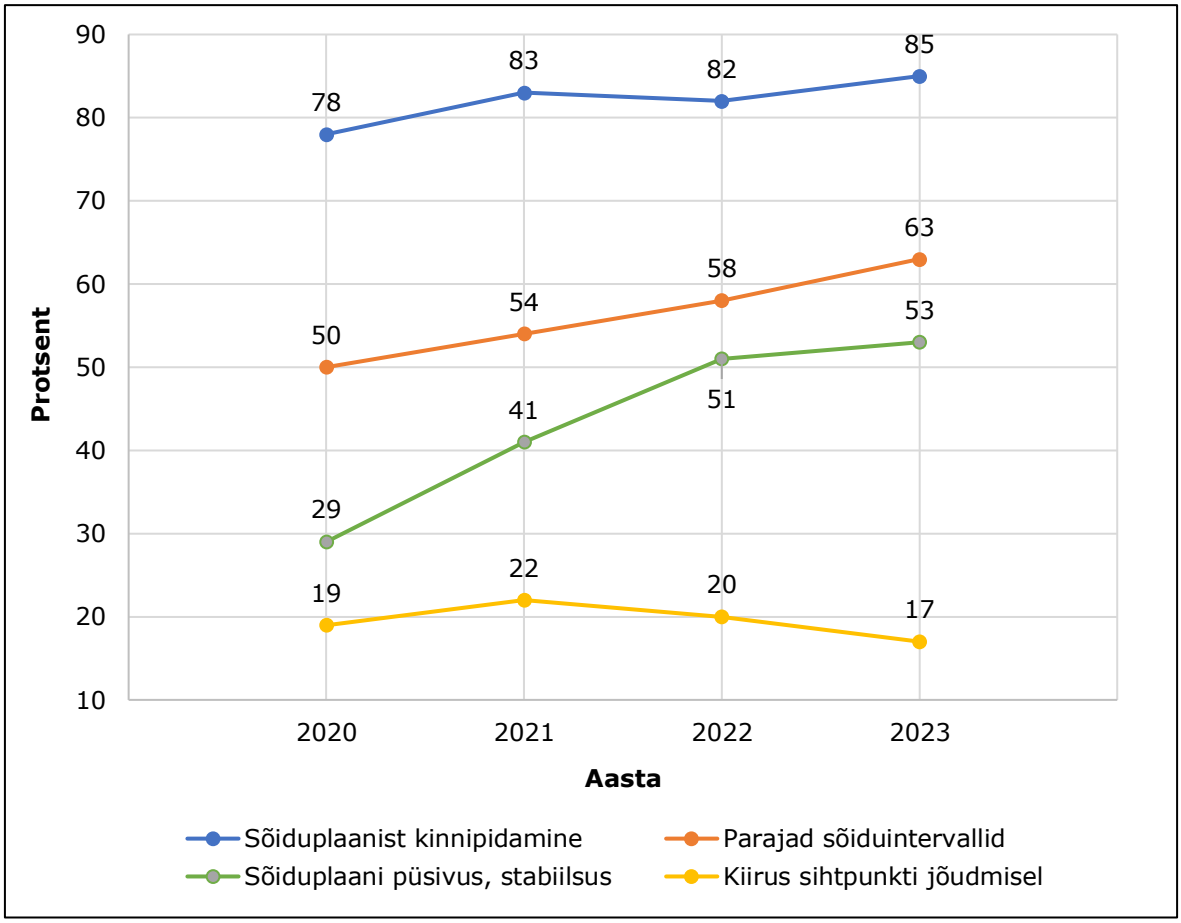
Keskmine hinnang trammi kui sõiduvahendi suhtes püsib enam-vähem samal tasemel, kuid trend on samuti kerges languses. Samas leiti, et trammisõit sujuvuse mõttes on võrreldes bussi ja trolliga parem, ent ka see näitaja on viimasel ajal languses (Joonis 1.1.2.5).

Ei ole teada, mis on langustrendi põhjustanud. Siinkohal esialgu võib kahtlustada sellised tegureid nagu veerem, teekond, liiklushäired, sõiduplaan. Üldine rahulolu trammiteenuse vastu on püsinud kõrge, kuid aastal 2023 toimus langus kui sellele eelnevatel aegadel, mil oli pigem stabiilne tase (Joonis 1.1.2.5).

Ühistranspordi kasutajate ootused veoteenusele on põhiliselt seotud sõiduplaani töökindlusega. Aastate jooksul on selle teguri näitaja kasvavas trendis edasi liikunud. Mis tähendab, et reisijad planeerivad oma liikumisi vastavalt sõiduplaanile ja arvestavad sellega ümberistumise vajadusel. Kõige vähem oluline tegur on reisiks kuluv aeg, tõenäoliselt tähendab see, et reisijad soovivad rahulikku ja stabiilset sõitu (Joonis 1.1.2.6).



Joonis 1.1.2.5 Tallinna trammiteenuse aastane rahulolu, 2018–2023 [12]. 2018 on üks mõõdik



Joonis 1.1.2.6 Reisijate ootus trammiteenuselt, 2020–2023 [12]

Teatava üllatusena on reisijate pingereas kiirus sihtpunkti jõudmisel tooduist viimasel kohal, jäädes olulisel alla sõiduplaanist kinnipidamisele, stabiilsusele ja sõiduintervallidele.

1.1.3 Trammiteenuse perspektiiv

Tallinna trammiteenuse viimase aja suurem edasiareng algas 15 aastat tagasi. Selle ajajooksul linn uuendas taristut ja veeremiparki. Hangiti 20 uut tänapäevase tehnoloogia ja mugavustega varustatud trammi[11] ning lisaks rekonstrueeriti osad vanad olemasolevad trammid.

Samuti läbis trammivõrk renoveerimise. Ehitustööde käigus uuendati rööbasteed, õhuliini ja peatuskohad. Taristu kaasajastamine tõstis trammiteenuse kvaliteeditaset nii trammiteel kui ka uuenenud veeremipargiga. Sellega seoses paranes trammitee ohutus ja suurenes selle vastupidavus, samuti kasvas sõidumugavus.

[11] *CAF Urbos AXL, 20 tk. Koduleht – https://www.cafmobility.com/en/*

Lisaks ehitati trammiteega otseühendus lennujaama ja Ülemiste rongipeatuse juurde, kus viimasega on võimalik edasi reisida nii Narva kui ka Tartu suunal. Lennujaama trammitee ehitusega, ja mugavama ühenduse loomiseks, rajati trammiliikluse jaoks esimene maa-alune trammitunnel. Lennujaamaga ühendus lõi omakorda lisavõimaluse trammiga sõita Ülemiste asumi äripiirkonda ja ostukeskuste juurde (Joonis 1.1.3.1).

Lisaks ehitatakse Ülemistele rahvusvahelise RailBaltic raudtee[12] reisiterminal, mis loob rongiühenduse Baltimaade ning Lõuna ja Lääne-Euroopaga. Ehitis peaks valmis saama aastal 2028 ja on ligipääsetav ka trammiga.

Hetkel trammiteenuse areng on tihedalt seotud Tallinna linna pikaajalise arengukavaga „Tallinn 2035"[13]. Tegemist on strateegiaga, mille eesmärk on suunata Tallinna arengut 15 aasta jooksul (2020–2035). Arengukava sihiks on luua jätkusuutlik ja elujõuline linn, kus inimestel on hea elada, töötada ja õppida. Eesmärgi suunas liigutakse vaheetappidega. „Tallinn 2035" hõlmab erinevaid valdkondi sealhulgas liikuvust ja ühistransporti, mille panus arengukava sihtide saavutamisse on suur. [13]

Arengukavaga seonduvalt hangiti juurde uusi tramme[14] ja trammivõrku laiendati reisisadamani. Seetõttu rajati Kesklinna ka uus trammitee lõik, mis võtab Hobujaama trammipeatuses liikluskoormust vähemaks ja parendab ühendust (Joonis 1.1.3.1).

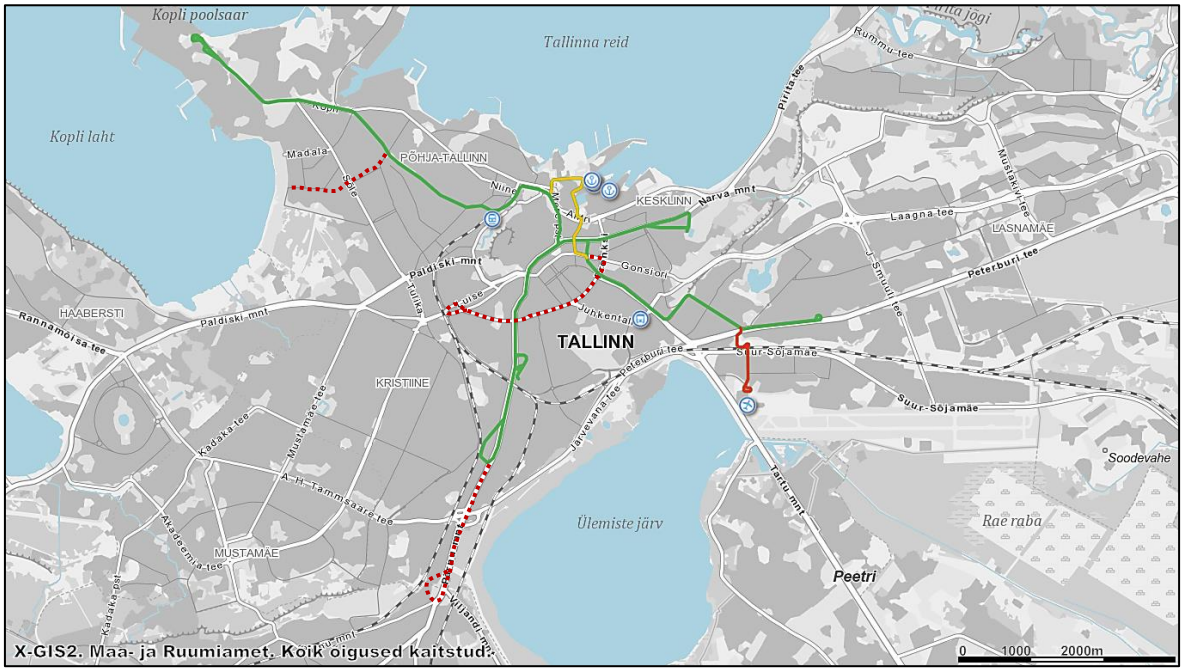
Arengukavas „Tallinn 2035" on ühistranspordile ja trammiteenusele mõningad püstitud eesmärgid [14]:

- Hõivatute ühistranspordiga liikumise osakaal töö ja kodu vahel Tallinna linnaregioonis on 45% (baastase 26%);
- Elanike osakaal, kes liiguvad oma peamisesse sihtkohta ühistranspordiga on 50% (baastase 32%);
- Trammi keskmine ühenduskiirus 23 km/h (baastase 16,2 km/h);
- Pelguranna trammitee ehitus (Joonis 1.1.3.1);
- Liivalaia tn ja Suur-Ameerika tn trammitee ehitus (Joonis 1.1.3.1);
- Ühistranspordi ühendusaegade vähendamine;
- Uute trammide soetamine ja trammitaristu rajamine;
- Ühistranspordi usaldusväärsuse ja täpsuse parandamine;
- Olemasolevate trammiliinide ühenduskiiruste tõstmine, sõitja mugavuse suurendamine;
- Ühissõidukijuhtide sõidu- ja teenindamisoskuste parandamine, sealhulgas ökonoomse ja sujuva sõidustiili juurutamine.

[12] *Rail Baltica. Koduleht – https://www.railbaltica.org/et/*
[13] *Viide õigusaktile – https://www.riigiteataja.ee/akt/429122020009?leiaKehtiv*
[14] *PESA Twist 147N, 23 tk. Koduleht – https://pesa.pl/en/about-pesa/*

Plaanis on veel lennujaama peatusesse juurde ehitada üks lisa trammitee, mis tõstaks lennujaama peatuse teenindamise võimekust [15].

Lisaks ülaltoodud, võimalikele, uutele trammiteedele on Tallinna linna kodulehel näha ka kolmandat plaanitavat trammiteed. Tegemist oleks Tondilt edasiviiva trammiteega Järve keskuse juurde. Seal piirkonnas on ostukeskus, mitmed äripinnad ja Viljandi suunaline reisirong[15] (Joonis 1.1.3.1).



Joonis 1.1.3.1 Trammitee lõigud – lennujaam (punane joon); reisisadam (kollane joon); plaanitud Pelguranna, Liivalaia ja Suur-ameerika ning Tondilt Järve keskuseni (punased punktiirjooned) [8], [16]

Võrreldes teiste linnasiseste ühistranspordi sõiduvahenditega on trammiteenuse arendused rahaliselt ühed kulukamad, seda nii taristu ehitamisel ja remondil kui ka veeremi hinnas (Tabel 1.1.3.1, Tabel 1.1.3.2). Euroopas maksab 1 km trammiteed keskmiselt 22,5 mln eurot ja veeremi tükihind jääb vahemikku 2,5–3,5 mln eurot [17].

Kuigi Tallinna trammivõrk on üle veerand sajandi püsinud suuresti muutumatuna, siis viimased tasuvusuuringud näitavad, et trammitee laienemine üle linna ja samuti linnast välja, naabervaldadesse, omab kokkuvõttes positiivset tulemust (Joonis 1.1.3.2). Kaasaegse ja tänapäevaste liikumisvajaduste rahuldamiseks trammivõrgu rajamine on rahaliselt suur investeering (Joonis 1.1.3.3), kuid pikemas perspektiivis kasulik nii

[15] *Liiva rongipeatus Nõmmel*

ühiskonnale, keskkonnale ja majanduslikult. Seda kinnitab ka tasuvusanalüüs, mis annab tulu-kulu[16] suhteks keskelt läbi 4,6. [18]

Tabel 1.1.3.1 Tallinna trammitaristu ehitustööd, 2008–2024

Objekt	Ehituse eesmärk	Aeg, a	Ulatus, km	Maksumus, mln €	Mln €/km
Vanasadama lõik	Uus tee	2023–2024	2,5	51	20,4
Viru ring – Kopli	Renoveerimine	2016–2017	16	20	1,25
Lennujaama lõik	Uus tee	2015–2017	1,4	11,4	8,14
Tondi – Suur-Paala	Renoveerimine	2014–2015	6	26	4,33
Kadriorg	Renoveerimine	2008	0,7	0,73	1,04

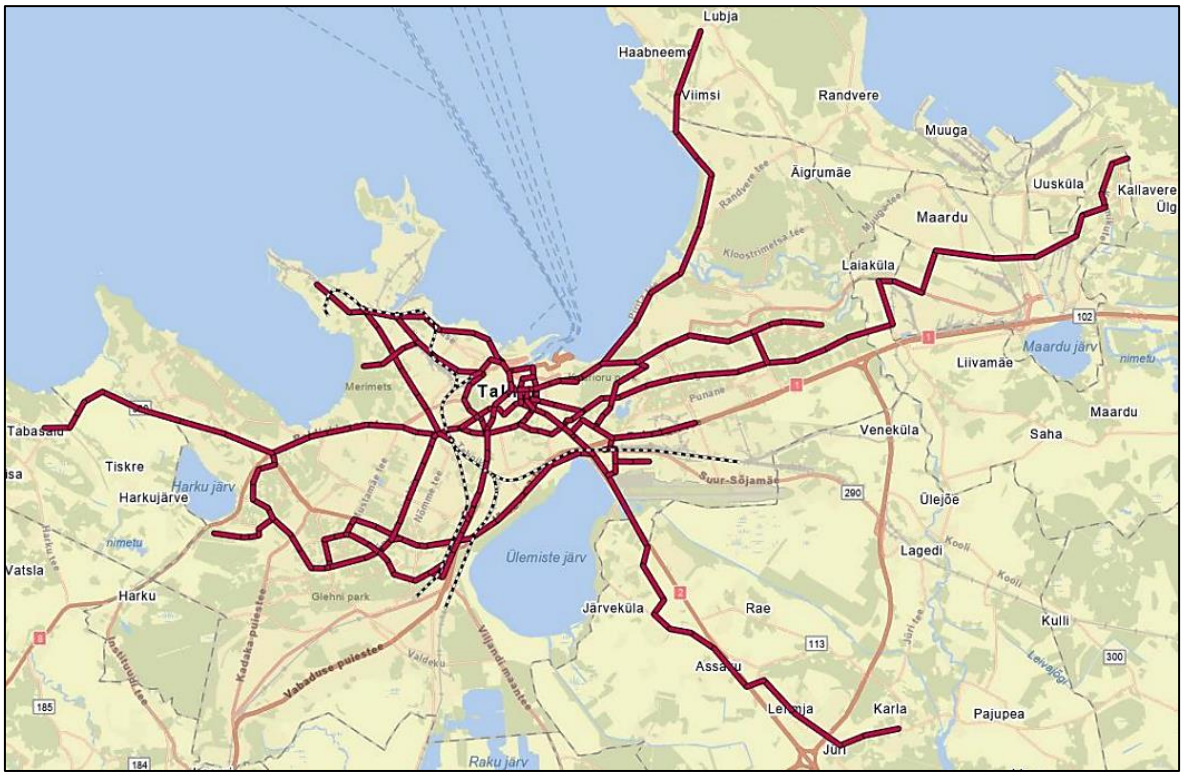
Tabel 1.1.3.2 Tallinna trammiveeremi hanked, 2013–2022

Tramm	Hanke eesmärk	Aeg, a	Kogus, tk	Maksumus, mln €	Mln €/tk
PESA Twist 147N	Uus veerem	2022	23	52	2,26
ČKD Tatra KT-6	Renoveerimine	2017	12	10,78	0,89
ČKD Tatra KT-4	Renoveerimine	2017	2	1,26	0,63
Retrotramm	Renoveerimine	2017	6	4,45	0,74
CAF Urbos AXL	Uus veerem	2013–2014	20	55	2,75

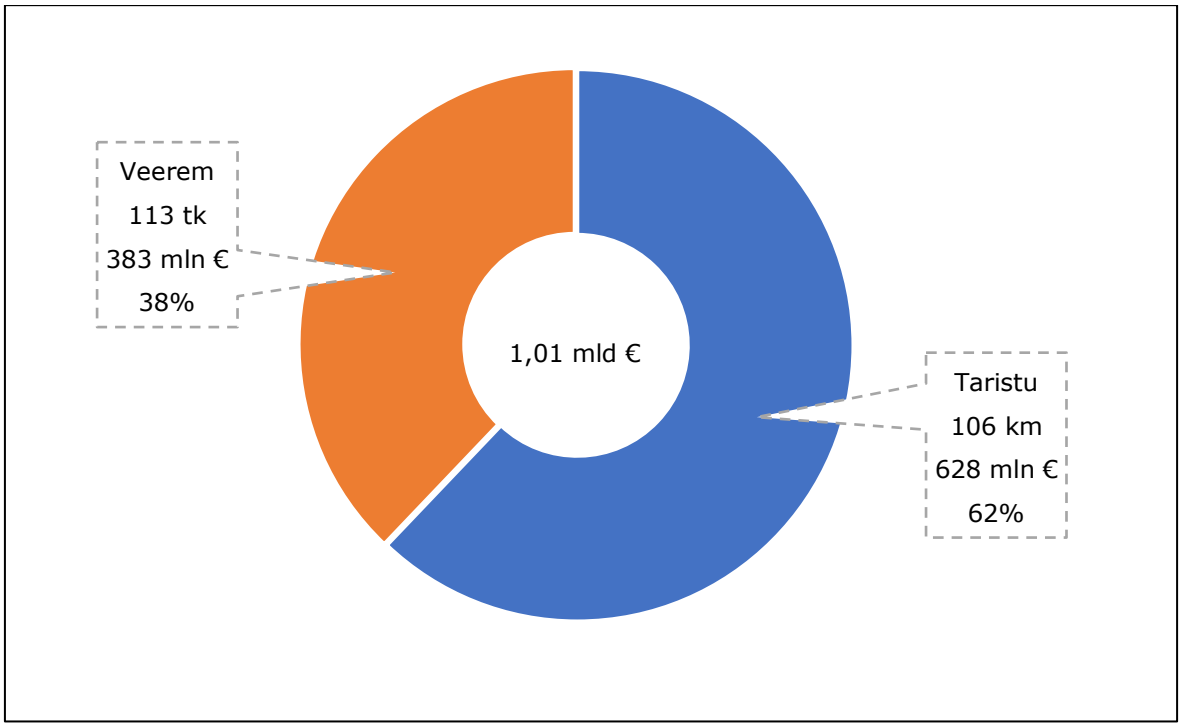
Praktika on näidanud, et trammivedu ühistranspordi kasutajate poolt on kõrgelt hinnatud liikumisviis ja trammiveo kasutusvõimaluse laienemine omab heakskiitu ühistranspordi kasutajate hulgas [19].

Samas autoomanike trammiteenuse kättesaadavuse suurendamine ei pruugi selle liikumisviisi eelistuses muutust tuua. Seega trammitee projekteerimine linnaruumi vajab hoolikat planeerimist. Kui trammitee hõivab suure osa sõiduteest, siis selle tagajärjel võib halveneb sõiduautode liiklusvool ja suureneda liiklusummikute olukord. See omakorda on halb keskkonnale ja elukvaliteedile linnas, kuna sisepõlemismootoriga autod läbivad kauem oma teekonda, mis tõstab kasvuhoonegaasi emissiooni taset õhus. Teine tulemus on, et autoomanikud hakkavad sel juhul kasutama teist teekonda, mis viib autoliikluse kohtadesse, kus see varem oli väiksema liikluskoormusega. [19]

[16] *Tulu-kulu suhe on mõõdik, mis aitab hinnata investeeringu või projekti tasuvust. Kui tulu-kulu suhe on >= 1, siis loetakse investeering või projekt tasuvaks* [52]



Joonis 1.1.3.2 Tallinna ja lähiümbruse kergrööbastranspordi perspektiivikas liinivõrk (punane joon). Ekraanitõmmis [18]



Joonis 1.1.3.3 Tallinna ja lähiümbruse kergrööbastranspordi perspektiivika liinivõrgu orienteeruv maksumus [18]

1.2 Trammiteenuse väljakutsed

1.2.1 Reisijate ohutus

Trammiteenuse osutamisel tuleb reisijate ohutust käsitleda tervikult, mis hõlmab endas nii veeremi disaini, taristu planeerimist, personali koolitust kui ka reisijatel ohuteadlikkust. Ohutuse mõttes võib trammi osalusel toimunud liiklusõnnetused jagada kaheks. Esiteks reisijate kukkumisega trammis ja teiseks trammi kokkupõrge teiste liiklejatega (jalakäija, sõiduk). Kokkupõrke korral võib aset leida ka reisija kukkumine trammis.

Ühistranspordi puhul loetakse ühissõiduki salongis reisija vigastada saamise tõenäosuse suuruseks 0,3–0,5 inimest iga miljon reisijakilomeetri[17] kohta. Suurust on võimalik leida alloleva valemiga (1.1) [20].

$$rkm \times \frac{0{,}3 \ldots 0{,}5}{1\,000\,000} \tag{1.1}$$

kus *rkm* – reisijakilomeeter,

$\frac{0{,}3 \ldots 0{,}5}{1\,000\,000}$ – vahemik miljon kilomeetri kohta.

Siinkohal autorile ei ole teada kui suur on Tallinna trammiveo veomaht reisijakilomeetrites. Ülaltoodud valemi rakendamiseks toob autor sisse oletatavad reisijakilomeetrid, võttes arvesse trammiliinide pikkused ja keskmise sõitjate arvu aastas (Tabel 1.2.1.1).

Tabel 1.2.1.1 Trammis reisijate vigasaamised seoses reisijakilomeetri suhtega [20]

Sõidupikkus, km	Reisijakilomeeter, km (mln)	Alampiir, in (0,3)	Ülempiir, in (0,5)
1	19,7	6	10
1,5	29,55	9	15
2	39,4	12	20
2,5	49,25	15	25
3	59,1	18	30
3,5	68,95	21	34
4	78,8	24	39
4,5	88,65	27	44
5	98,5	30	49

[17] *Reisijate veosekäive näitaja. Mitu reisijat on veetud ühe kilomeetri kaugusele* [50].

Trammisalongi disainimisel on üheks peamiseks väljakutseks tagada reisija ohutus pidurduse ja kiirenduse korral. Kuna trammid jagavad liiklusruumi ka teiste liiklejatega, võib ootamatu muutus sõidukiiruses põhjustada reisija kukkumist. Eriti suur risk on see vanemate inimeste puhul. Seetõttu on oluline varustada trammisalong piisava arvu käsipuudega ja kukkumise korral peab interjöör olema võimalikult ohutu. [20]

Reisija ohutuse seisukohast on ka trammi sisenemise-väljumise lahendus oluline. Tänapäevased madalapõhjalised trammid on oluliselt parandanud ligipääsu trammi, kuid endiselt esineb ohtlikult suuri vahesid peatuseplatvormil ja trammi vahel ning kõrguste erinevusi. Need võivad kujutada suuremat ohtu liikumispuudega inimestele, lastevankriga reisijatele ja eakatele. [21]

Trammipeatuse paiknevus kujutab endas samuti reaalseid riske. Kui peatus asub keset teed, siis reisijad peavad selleks ületama sõiduteed, millisel juhul võib see olla fooriga reguleeritud või reguleerimata. Lisaks tavaliselt sõidutee keskel olevad trammipeatused on kitsamad ja need vaja piiretega varustada. Halvasti valgustatud peatused võivad pimedal ajal suurendada liiklusõnnetuse riski märkamatuse tõttu. [22]

Liiklusõnnetuse või muu ohu korral kiireks tegutsemiseks on vaja selgeid juhiseid. Trammid peavad olema varustatud hädaväljapääsudega, tulekustutitega ja esmaabikomplektidega, ning personal peab olema koolitatud hädaolukordades tegutsema. [23]

1.2.2 Kaasliiklejate ohutus

Erinevate Euroopa riikide liiklusstatistika näitab, et kõige sagedasemad kohad kus toimuvad trammi ja jalakäija vahel kokkupõrked, on [24]:

- 43% peatuste vahelised lõigud;
- 27% peatuste läheduses;
- 17% ristmikel;
- 13% ülekäiguradade juures.

Sagedasemad kohad kus toimuvad trammi ja teise sõiduki vahel kokkupõrked [25]:

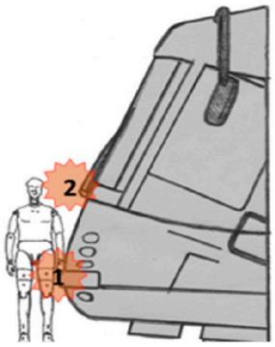
- 56% peatuste vahelised lõigud;
- 20% liiklusmärkidega ristmikud;
- Fooriga ristmikud, kus 17% töötav ja 1% mittetöötav foor;
- 6% ringristmikud.

Üleeuroopaline trammiohutuse uuring näitab, et selles regioonis trammi ja jalakäija kokkupõrke juhtumite tagajärg jaguneb jalakäija kahjuks järgnevalt [24]:

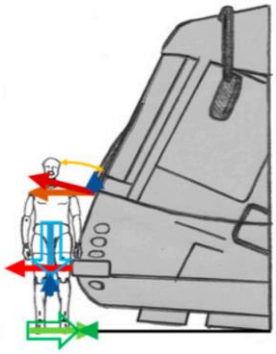
- 74% on kerged vigastused;
- 23% on tõsised vigastused;
- 3% on surmaga lõppevad.

Jalakäijate puhul põhilised piirkonnad inimkehal, mis trammi ja jalakäija kokkupõrke juhtumil vigastada saavad on (Joonis 1.2.2.1, Joonis 1.2.2.2) [24]:

- 30–40% korral pea;
- 25–35% korral rindkere;
- 10–20% korral alakeha.



Kokkupõrkel kontakti järjekord



Kokkupõrkel jõudude suunad

Joonis 1.2.2.1 Kokkupõrge trammi ja jalakäija vahel [26]

Kokkupõrge trammi ja mannekeeni vahel külje pealt

Kokkupõrge trammi ja mannekeeni vahel eest

Joonis 1.2.2.2 Trammi ja jalakäija liiklusõnnetuse uurimistest. Trammi sõidukiirus oli 5 km/h [26]

Sõidukite ehitamisel kasutatakse erinevaid materjale, alates metallidest kuni komposiitideni välja. Sõidukikere ja -raami üks eesmärkidest kokkupõrke korral teise objektiga on kineetilist energiat summutada ja deformeeruda nõnda, et reisijatel oleks suuremad üleelamis võimalused. Võrreldes sõiduautoga kasutatakse trammide konstruktsiooni puhul jäigema ja tugevama struktuuriga materjale. See tähendab, et kokkupõrkel kergema sõidukiga, põhjustab tramm talle, piltlikult, suuremaid materiaalseid kahjusid kui ise saab (Joonis 1.2.2.3). [27]

Narva mnt – Hobujaama ristmik, 12.2024

Pärnu mnt – Liivalaia ristmik, 06.2024

Joonis 1.2.2.3 Liiklusõnnetused trammi ja teise sõiduki vahel Tallinnas

Trammiteenuse pakkumisel on kaasliiklejate ohutus üks olulisemaid asju millega tuleb liikluskorralduse juures arvestada. Trammi suur mass ja pikem pidurdusteekond muudavad kokkupõrked tavapärasest riskantsemaks. Lisaks trammid liiguvad rööbastel, mistõttu puudub neil võimalus takistustest kõrvale põigata. Seega kandub lisavastutus kokkupõrke vältimiseks teistele liiklejatele. Paraku seejuures ei ole paljud liiklejad trammi sõiduohtudest piisavalt teadlikud.

Jalakäijate ohutust tuleb käsitleda eriti tõsiselt ja arvestada inimlike eksimustega. Inimesed kipuvad ületama trammiteid tähelepanematult, kasutavad kõrvaklappe või vaatavad mobiiltelefoni, mis vähendab nende keskendumist ümbritsevale liiklusele. Lisaks suurendab kokkupõrke riski veel trammi suhteliselt vaike sõiduheli, mille tõttu ei pruugi jalakäijad lähenevat trammi õigeaegselt märgata. [24]

Jalgratturitele kujutavad trammirööpad omamoodi ohtu. Trammiteedega paralleelselt liikumine nõuab jalgratturitelt erilist tähelepanu. Jalgratta rattad võivad trammirööbastesse kinni jääda või libiseda rööpa metallpinnal, eriti märja ilmaga. [28], [29]

Autojuhtide puhul on peamised ohutegurid seotud ristmikel trammi eesõiguse eiramisega ja tähelepanematusega. Sageli ei arvesta autojuhid trammiliiklusega või alahindavad trammi liikumise dünaamikat. Samuti on probleemiks autojuhtide mittearvestamine trammi gabariitidega, mis tegelikult ulatud rööpmest väljapoole. [25]

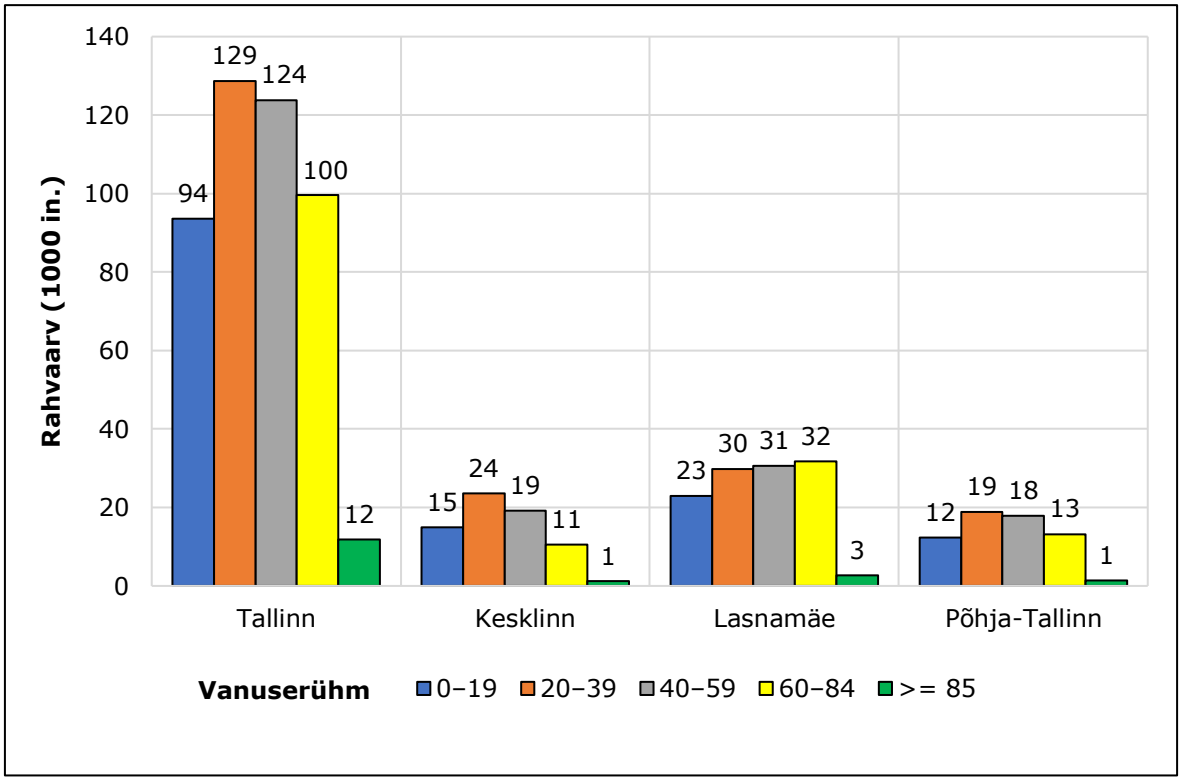
Ohutuse tagamiseks on kasutusel mitmeid meetmeid, sealhulgas selged ja tähelepanu tõstvad teekattemärgistused, asjakohased liiklusmärgid ja foorid, füüsilised tõkked ohtlikes kohtades ning teavituskampaaniaid liiklejate harimiseks. Oluline on ka trammijuhtide endi koolitus, et nad oskaksid ette näha ja ennetada võimalikke ohuolukordi. [30]

1.2.3 Liikluskorraldus

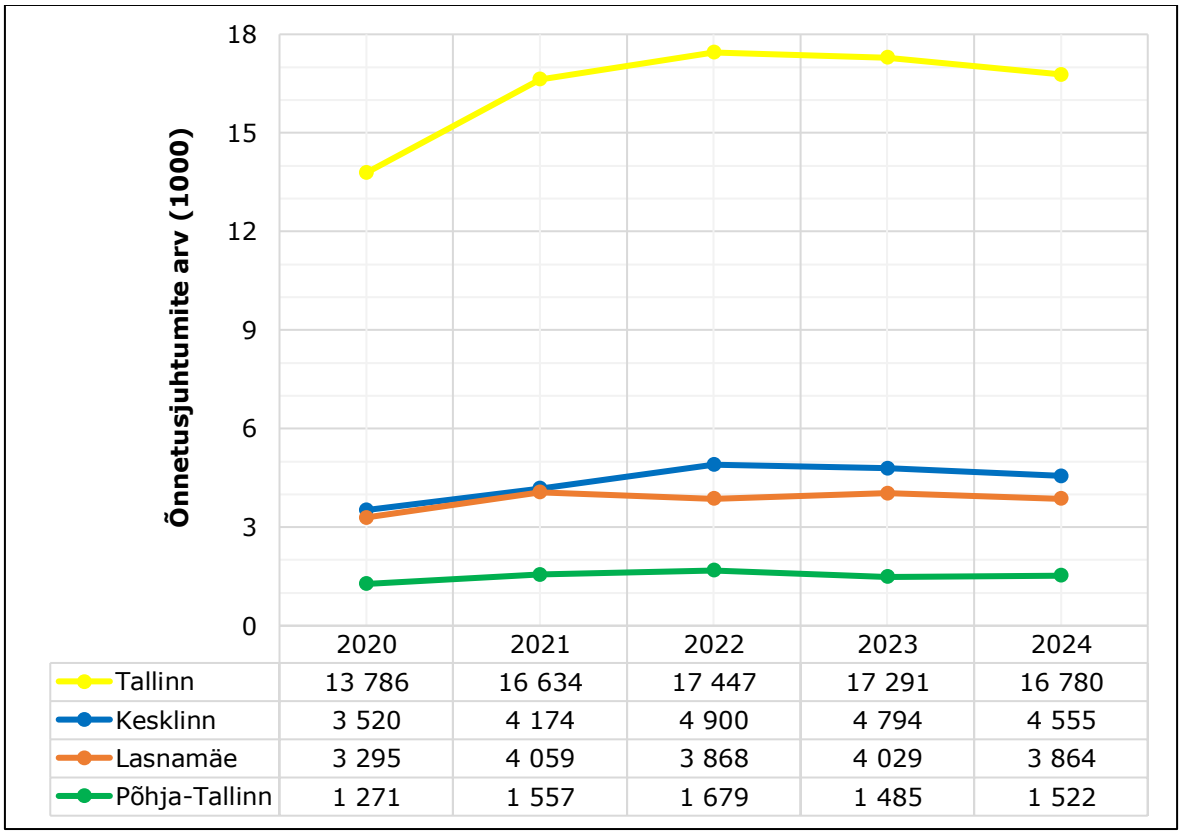
Tallinna linna on registreeritud üle 450 000 elaniku ja sõiduautosid üle 210 000 (Joonis 1.2.3.1). Aastatel 2020–2024 oli Tallinnas liikluskindlustuse kaudu registreeritud erinevaid liiklusõnnetusi suurusjärgus 81 900, mis arvutuslikult teeb 45 liiklusõnnetust ühes päevas (Joonis 1.2.3.2) [31].

Kesklinna, Lasnamäe ja Põhja-Tallinna linnaosas, kus toimib ka trammiliiklus, oli perioodil 2020–2024 registreeritud erinevaid liiklusõnnetusi – 21 900 Kesklinnas, 19 100 Lasnamäel ja 7 500 Põhja-Tallinnas [31]. Arvutuslikult teeb see vastavalt linnaosade kohta 12, 10 ja 4 liiklusõnnetust ühes päevas.

Teiste liiklejate vahelised kokkupõrked võivad mõjutada trammiliiklust kui need toimuvad trammiteel, mistõttu nad takistavad trammi liikumist ja põhjustavad mitmele trammile liiklusseisakut. Olukord laheneb kui õnnetuskoht avaneb ja tramm saab edasi sõita. Samas on see juhtum selleks ajaks tekitanud häireid trammi sõiduteenusesse tervikuna, mis võib kesta erinevat aega sõltuvad konkreetsetest asjaoludest. Tavaliselt trammiliikluses sellised liiklusseisakud kus kiirabi või politsei abi vaja ei ole, jäävad 10–30 min piiresse, samas kui trammiveo intervallid jäävad 2–10 min piiresse.



Joonis 1.2.3.1 Tallinna ja linnaosade elanike arv [32]

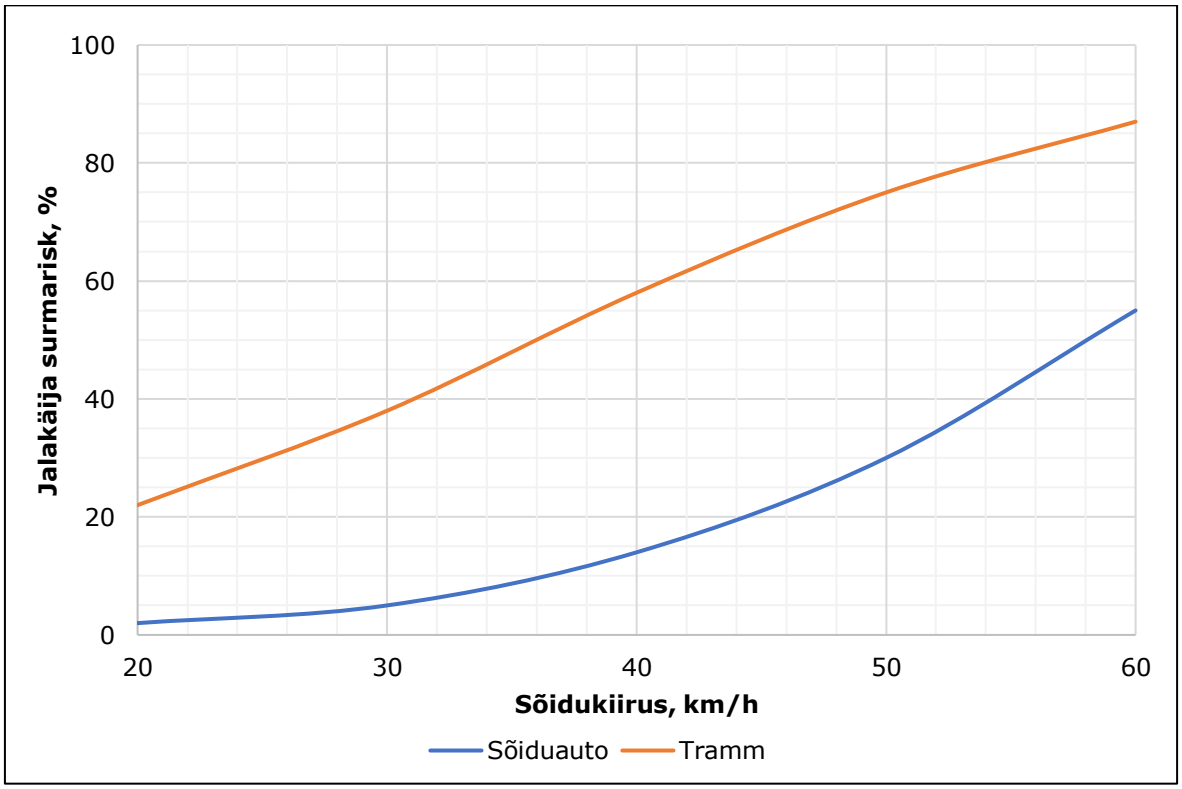


	2020	2021	2022	2023	2024
Tallinn	13 786	16 634	17 447	17 291	16 780
Kesklinn	3 520	4 174	4 900	4 794	4 555
Lasnamäe	3 295	4 059	3 868	4 029	3 864
Põhja-Tallinn	1 271	1 557	1 679	1 485	1 522

Joonis 1.2.3.2 Liiklusõnnetused Tallinnas ja trammiliiklusega linnaosades 2020–2024 [31]

Igapäevase liiklusohutuse kontekstis on sõidukiirus keskne tegur. Kiirusest sõltub nii liiklusõnnetuse juhtumi tõsidus, kui ka liiklusõnnetusse sattumise tõenäosus. Selle tingib asjaolu, et kiiruse kasvades hakkab vähema ümbritsevast keskkonnast liiklusinfo loetavus ja teisalt pikeneb sõiduki pidurdusteekond. Neid kahte tingimust saab veel iseloomulikult kirjeldada, et kui sõidukiirus kasvab 1%, siis suureneb liiklusõnnetuse määr 3% võrra. Lisaks on sõidukijuhi keskmine reageerimisaeg eesolevale potentsiaalsele ohuolukorrale umbes 1,5 sekundit. Seega liiklusõnnetuse tase on korrelatsioonis sõidukiiruse tõusuga. Liiklusõnnetuste määr peegeldab üldist liikluskultuuri ühiskonnas. Ka madalad sõidukiirused võivad põhjustada raskete tagajärgedega liiklusõnnetusi. [33]

Võrreldes trammi ja sõiduauto kokkupõrget jalakäijaga, siis uuringud näitavad, et trammilt saadud löök omab palju tõsisemaid tagajärgi (Joonis 1.2.3.3). Jalakäijata puhul on vanusegruppides kõige haavatavad vanemad inimesed, kus vahe noorematega on 2–6 kordne (Joonis 1.2.3.4).

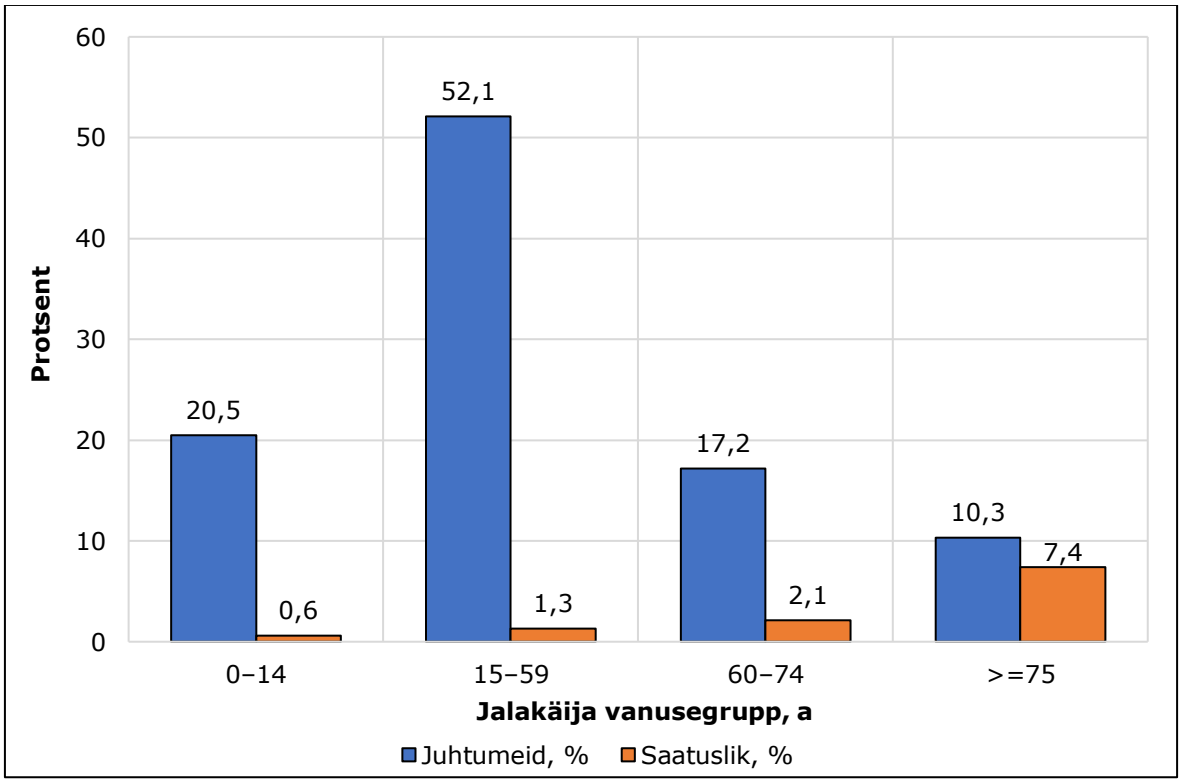


Joonis 1.2.3.3 Liikuva sõiduki kokkupõrke surmava tagajärje tõenäosus jalakäijale [34], [35]

Lisaks sõidukiirusele on olulised tegurid kokkupõrke kahjuulatusel sellised tegurid nagu kineetiline energia, impulss ja kokkupõrke jõud [35], [36], [37]. Sõiduauto ja trammi energiate võrdlused erinevatel sõidukiirustel on väljatoodud allolevas tabelis (Tabel 1.2.3.1). Seejuures on auto arvutuslik kaal 1,7 ja trammil 40 tonni.

Tabel 1.2.3.1 Auto ja trammi erinevad energiad eri kiirustel

Sõidukiirus		**Kineetiline energia [kJ]**		**Impulss [kg m/s]**		**Kokkupõrke jõud 0,1 sekundil [kN]**	
km/h	m/s	Auto	Tramm	Auto	Tramm	Auto	Tramm
5	1,4	1,6	38,5	2 361	55 556	24	556
10	2,8	6,5	154,3	4 722	111 111	47	1 111
15	4,2	14,7	347,2	7 083	166 667	71	1 667
20	5,6	26,2	617,2	9 444	222 222	94	2 222
25	6,9	40,9	964,5	11 806	277 778	118	2 778
30	8,3	59	1 388,8	14 167	333 333	142	3 333
35	9,7	80,3	1 890,4	16 528	388 889	165	3 889
40	11,1	104,9	2 469,1	18 889	444 444	189	4 444



Joonis 1.2.3.4 Trammi ja jalakäija kokkupõrked [38]

Trammiteenuse pakkumine linnaruumis toob endaga kaasa mitmeid keerulisi liikluskorralduslikke väljakutseid, mis nõuavad hoolikat planeerimist ja koordineerimist. Esmalt tuleb lahendada taristuga seotud küsimused, kuna trammid vajavad liikumiseks rööbasteed ja need peavad teisi liiklejaid arvestavalt sulanduma olemasolevasse linnaruumi. Tavaliselt see tähendab kompromisse tänavaruumi jaotamisel erinevate liikumisvahendite vahel. [39], [40]

Ristmikud kujutavad endast suuremat väljakutset ja liikluskorralduslikku planeerimist, sest liiklusvoolude koordineerimine peab olema läbimõeldud, nii et ristmiku läbilase on optimaalne. Trammide sissetoomine liiklusesse nõuab selleks kohandatud foorisüsteemi

ja selgelt väljatoodud sõidu eesõigusi ristmikul. Samas trammidele eesõiguse andmine võib tekitada ebamugavusi teiste liiklejate jaoks, eriti tipptundidel. Kohtades, kus trammiteed ristuvad teiste liiklejate teedega, tuleb tagada selge liikluskorraldus, et vältida liiklusõnnetusi. Eraldi tähelepanu nõuab jalakäijate ohutus, kuna inimesed peavad sageli ületama trammiteid, et jõuda peatustesse või edasi liikuda linnaruumis. [41]

Trammipeatuste asukoht on samuti olulise tähtsusega, kuna peab tagama nii reisijate ohutuse kui ka mugava ligipääsu, sealhulgas arvestama ümberistumise võimalusega teisele sõiduvahendile. Lisaks trammi sõidugraafikute koostamisel peab arvestama liikluse omapäraga erinevatel aegadel, näiteks tipptundidel suurenenud veomahuga ja liiklusega, kui ka vaiksemaid perioode ning neist tulenevaid riske.

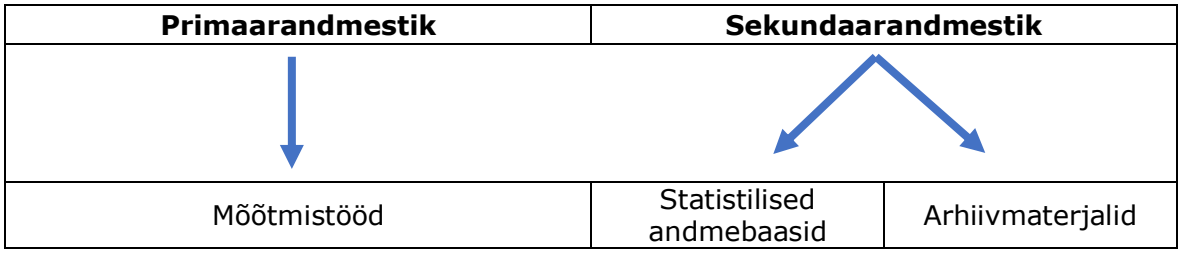
Pikemaajaliselt tuleb arvestada ka linnaplaneerimise küsimustega. Piiratud tänavaruumi tuleb jagada õiglaselt erinevate liikumisviiside vahel, arvestades nii praeguseid kui ka tulevasi vajadusi. Trammivõrgustiku laiendamised peavad olema läbimõeldud ning parkimiskorraldus trammitrasside läheduses peab olema korraldatud nii, et see ei takistaks trammiliiklust. [19], [42]

Liiklusohutuse kontekstis mängib olulist rolli ka juhi reaktsioon sõiduajal. Mida lühem on reaktsiooniaeg, seda varem on võimalik ohtliku olukorda ennetada. Inimesed on erinevad, kuid üks sarnane tunnusjoon on neil kõigil. Väsimus pärsib tähelepanuvõimet ja suurendab liiklusiski. Trammijuhtide tööaeg sisaldab varahommikusi alguseid ja ööajal lõpetamisi. Soomes läbiviidud uuringust selgus, et 67% trammijuhtidest kogevad tööajal vähemalt korra rasket unisust. Seejuures kõige sagedamini kogesid unisust varahommikused ja õhtused vahetused. Trammijuhid kes alustasid varahommikul said eelnevalt uneaega suurusjärgus 5,5 tundi ning need kes olid õhtuses vahetuses said 7 tundi uneaega. [43]

2. UURIMISMEETOD

Antud uurimistöö eesmärgiks on kindlaks määratleda tegevused, mille abil oleks võimalik Tallinna trammiliikluse ühendusaegade parendamine ilma liiklusohutust halvendamast, seejuures tuvastada trammi liiklusõnnetuste esinemissagedused ja ohtlikumad kohad. Lisaks on uurimuse sihiks välja selgitada trammi dünaamilisi parameetreid ning nende mõju liiklusohutusele. Selleks kasutati töös kvantitatiivset analüüsimeetodit. Lisaks toetati uuringut intervjuuga, et saada neile kinnitus. Käesolev peatükk sisaldab kirjeldavalt järgmisi metoodika detaile – uurimisobjekt, uurimisvahendid, uurimuse aeg ja analüüsitehnikat.

Kogutud andmed koosnevad primaar- ja sekundaarandmestikust (Joonis 2.1). Viimase puhul on kasutati statistilist andmebaasi ja arhiivmaterjale. Enne andmete analüüsi neid kontrolliti ja seejärel korrastati.



Joonis 2.1 Uurimisandmete kogumise skeem

2.1 Lähteandmete päritolu

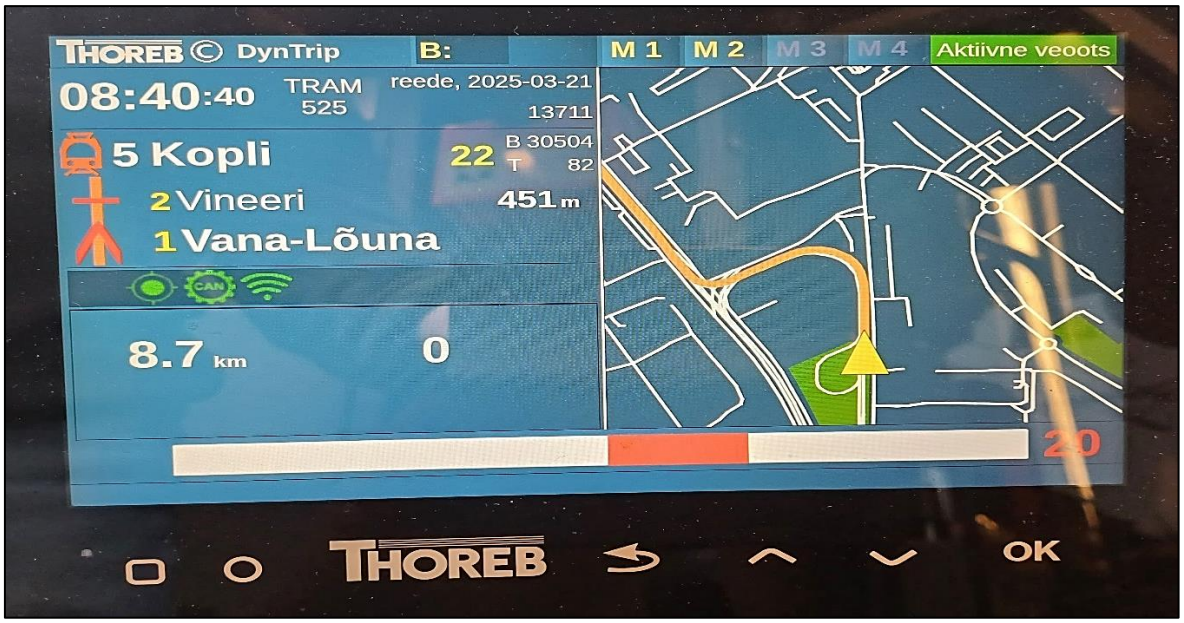
2.1.1 Trammiliinide andmed

Trammiliinide kirjeldamiseks kasutasin avalikult kättesaadavat andmeid internetist, milleks oli info sõiduplaani kohta. Sõiduplaan sisaldas järgmisi andmeid: trammi väljumisaegasid peatustest, peatuste nimesid ja nende järjekorda, peatuste ajaline vahe. Konkreetne sõiduplaan mida mõõtmise ajal kasutati on allolevas tabelis väljatoodud (Tabel 2.1.1.1).

Lisaks kasutasin trammi enda pardainfo süsteemi – Thoreb (Joonis 2.1.1.1). See süsteem on mõeldud sõiduki andmete kogumiseks ning jälgimiseks reaalajas. Thoreb süsteem kasutab mõõtmiseks GPS-tehnoloogiat. Seadme tööpõhimõte seisneb selles, et GPS-satelliidid saadavad pidevalt signaale, mille põhjal saab seade määrata asukoha koordinaadid, sealhulgas laius- ja pikkuskraadi ning kõrguse. Selle tehnoloogia abil õnnestus saada täpseid andmeid peatuste vahelise kauguste kohta. Antud töös on aluseks võetud trammiliini nr 5 (Kopli – Vana-Lõuna) andmestik.

Tabel 2.1.1.1 Trammiliini nr 5 (Kopli – Vana-Lõuna) sõiduplaan mõõtmise ajal veebr–märts 2025

#	Suund ja peatus	Väljumisaeg					
1.	Kopli	08:00	09:31	11:07	12:37	14:07	15:35
2.	Sepa	08:00	09:31	11:07	12:37	14:07	15:35
3.	Marati	08:01	09:32	11:08	12:38	14:08	15:36
4.	Sirbi	08:03	09:34	11:10	12:40	14:10	15:38
5.	Maleva	08:04	09:35	11:11	12:41	14:11	15:39
6.	Sitsi	08:06	09:37	11:13	12:43	14:13	15:41
7.	Angerja	08:07	09:38	11:14	12:44	14:14	15:42
8.	Krulli	08:09	09:40	11:16	12:46	14:16	15:44
9.	Volta	08:10	09:41	11:17	12:47	14:17	15:45
10.	Salme	08:11	09:42	11:18	12:48	14:18	15:46
11.	Telliskivi	08:12	09:43	11:19	12:49	14:19	15:47
12.	Balti jaam	08:14	09:45	11:21	12:51	14:21	15:49
13.	Põhja puiestee	08:15	09:46	11:22	12:52	14:22	15:50
14.	Suur Rannavärav	08:17	09:48	11:24	12:54	14:24	15:52
15.	Kanuti	08:18	09:49	11:25	12:55	14:25	15:53
16.	Mere puiestee	08:20	09:51	11:27	12:57	14:27	15:55
17.	Viru	08:22	09:53	11:29	12:59	14:29	15:57
18.	Vabaduse väljak	08:24	09:55	11:31	13:01	14:31	15:59
19.	Kosmos	08:26	09:57	11:33	13:03	14:33	16:01
20.	Vineeri	08:28	09:59	11:35	13:05	14:35	16:03
21.	Vana-Lõuna	08:31	10:02	11:38	13:08	14:38	16:06
#	Suund ja peatus	Väljumisaeg					
1.	Vana-Lõuna	08:41	10:20	11:54	13:24	14:53	16:13
2.	Vineeri	08:44	10:23	11:57	13:27	14:56	16:16
3.	Kosmos	08:46	10:25	11:59	13:29	14:58	16:18
4.	Vabaduse väljak	08:48	10:27	12:01	13:31	15:00	16:20
5.	Viru	08:50	10:29	12:03	13:33	15:02	16:22
6.	Mere puiestee	08:52	10:31	12:05	13:35	15:04	16:24
7.	Kanuti	08:53	10:32	12:06	13:36	15:05	16:25
8.	Suur Rannavärav	08:55	10:34	12:08	13:38	15:07	16:27
9.	Põhja puiestee	08:56	10:35	12:09	13:39	15:08	16:28
10.	Balti jaam	08:58	10:37	12:11	13:41	15:10	16:30
11.	Telliskivi	08:59	10:38	12:12	13:42	15:11	16:31
12.	Salme	09:00	10:39	12:13	13:43	15:12	16:32
13.	Volta	09:01	10:40	12:14	13:44	15:13	16:33
14.	Krulli	09:02	10:41	12:15	13:45	15:14	16:34
15.	Angerja	09:04	10:43	12:17	13:47	15:16	16:36
16.	Sitsi	09:05	10:44	12:18	13:48	15:17	16:37
17.	Maleva	09:07	10:46	12:20	13:50	15:19	16:39
18.	Sirbi	09:09	10:48	12:22	13:52	15:21	16:41
19.	Marati	09:10	10:49	12:23	13:53	15:22	16:42
20.	Sepa	09:11	10:50	12:24	13:54	15:23	16:43
21.	Kopli	09:12	10:51	12:25	13:55	15:24	16:44



Joonis 2.1.1.1 Ekraanikuva Thoreb parda infosüsteemis

Thoreb süsteemist on võimalik saada andmeid erinevate liinide näitajate kohta.

2.1.2 Trammiveo liiklusõnnetuste andmed

Trammi osalusel toimunud liiklusõnnetuste alase teabe saamiseks toestati otsimisprotsess internetis. Tegevuse läbiviimiseks määratleti otsimisobjektideks:

- Teabe omaja;
- Teabe sisu.

Seejärel kaardistati ära potentsiaalsed internetilehed (organisatsioonid), kus tõenäoliselt võiks olla teavet trammiga seotud liiklusõnnetuste kohta. Seda tehes jäi valikuvariantideks alljärgnevad internetilehed:

1) Eesti avaandmed – avalik andmebaas, mis pakub juurdepääsu Eesti avaliku sektori andmetele ning informatsioonile;
2) Statistikaamet – ametiasutus, mille peamine ülesanne on koguda, töödelda ja avalikustada statistilisi andmeid Eesti kohta;
3) Transpordiamet – ametiasutus, mis vastutab riikliku transpordipoliitika väljatöötamise, planeerimise ja juhtimise eest Eestis;
4) Eesti Liikluskindlustuse Fond – Eesti liikluskindlustuse süsteemi oluline asutus, mis tegeleb liikluskindlustuse alaste ülesannete täitmisega;
5) Aktsiaselts Tallinna Linnatransport – linna omandis olev ettevõte, mis tegeleb Tallinna transporditeenuste osutamisega;
6) Politsei- ja Piirivalveamet – ametiasutus, mille ülesandeks on avaliku korra ning julgeoleku tagamine Eestis.

Uuringu eesmärkide täitmiseks võiks trammi liiklusõnnetuste statistika sisaldada laiaulatuslikku ja põhjalikku teavet. Konkreetsemalt võiks selline statistika hõlmata järgmisi andmeid:

- Liiklusõnnetuse aeg, nii kellaajalist kui kuupäevaliselt;
- Kellega-millega oli kokkupõrge (nt sõiduk või jalakäija);
- Kas trammis reisija sai viga;
- Asukoht kus liiklusõnnetus toimus;
- Liiklusõnnetuse vastutaja pool;
- Trammi kiirenduse või pidurduse tagajärjel sai trammireisija viga.

Infot otsides selgus asjaolu, et eraldi statistikat trammi osalusel toimunud inimkahjuga liiklusõnnetuste kohta ei ole kättesaadav. Avalikud andmebaasid sisaldasid küll ühistranspordiga toimunud liiklusõnnetusi kokku koondatult koos teiste ühissõidukitega, kuid eraldi ei ole välja toodud millise ühissõidukiga oli tegemist. Seetõttu otsustati eraldi pöörduda ülaltoodud organisatsioonide poole ja uurida kas neil on teavet trammi osalusel toimunud liiklusõnnetuste kohta. Kuna trammid omavad liikluskindlustust, siis esmalt pöörduti Eesti Liikluskindlustuse Fondi poole. Sealt saadud vastus oli positiivne, seejuures nende edastatud andmestik vastas ka otsingu kriteeriumitega ja seetõttu ülejäänud organisatsioonidega ei nähtud vajadust ühendust võtta. Saadud trammi liiklusõnnetuste andmed oli perioodi 2014–2025 aasta kohta. Kuna 2025 on käesolev aasta ja pole veel läbi saanud, siis selle andmeid analüüsi ei kaasatud, kuid on väljatoodud ülevaatliku informatsioonina hetkeseisu kohta.

2.1.3 Trammi dünaamilised andmed

Trammi dünaamilised andmed mida töös käsitletakse, viitavad väärtustele, mis peegeldavad trammi liikumise ajalisi muutusi. Antud andmed on reaalajas kogutud ja võimaldavad analüüsida trammi liikumist.

Trammi dünaamilised andmed antud töö kontekstis ja nende seos liiklusohutusega:

- Sõidukiirus – õige sõidukiirus tagab ohutu ja mugava sõidu ning vähendab liiklusriski;
- Sõiduki kiirendus – õige kiirendus võimaldab sõidukil sujuvalt ja ohutult alustada liikumist ning mugavalt sobiva sõidukiiruse saavutamise;
- Sõiduki aeglustus (pidurdus) – õige pidurdusjõud hoiab reisijad ja suurendab sõidumugavust.

Kuna sobivaid andmeid trammi dünaamiliste parameetrite kohta Tallinna liikluses ei olnud võimalik leida, siis otsustas autor läbi viia katse. Mõõtmistöö läbiviimisel kasutati

ettevõtte *Racelogic*[18] mõõtmisseadet *VBox Sport*[19] (Joonis 2.1.2). Kõnealuse mõõteseade saadi kasutuslaenuna Tallinna Tehnikaülikoolist.

Joonis 2.1.3.1 Mõõteseade *VBox Sport* [44]

VBox Sport on professionaalne mõõteseade, mis on mõeldud sõidukite täpse jõudluse ja dünaamika mõõtmiseks ning analüüsimiseks.

Mõõtmisseadme peamised omadused:

- GPS-põhine mõõtmine – *VBox Sport* kasutab GPS-tehnoloogiat, et mõõta sõiduki kiirendust, kiirust, asukohta ja aeglustust;
- 10 Hz värskendussagedus;
- Andmete kogumine ja analüüs – seade salvestab andmed reaalajas ja on koheselt kättesaadavad. Andmete analüüsiks on saadaval eraldi tarkvara, mis võimaldab ka andmeid omavahel võrrelda;
- Eri seadistused – seade toetab erinevaid mõõtmisrežiime, sealhulgas 0–100 km/h kiiruskatset, pidurduskatset ja ringraja sõidudünaamika jälgimist.

Rakenduskohad:

- *VBox Sport* sobib ringrajale, kiirendusvõistlustele ning igapäevaste sõitude analüüsimiseks;
- Kasutatakse sõidukite arendamisel ja testimisel.

[18] *Racelogic koduleht https://racelogic.co.uk/index.php/en/*
[19] *VBox Sport koduleht https://www.vboxmotorsport.co.uk/index.php/en/vbox-sport*

2.1.4 Intervjuu läbiviimine

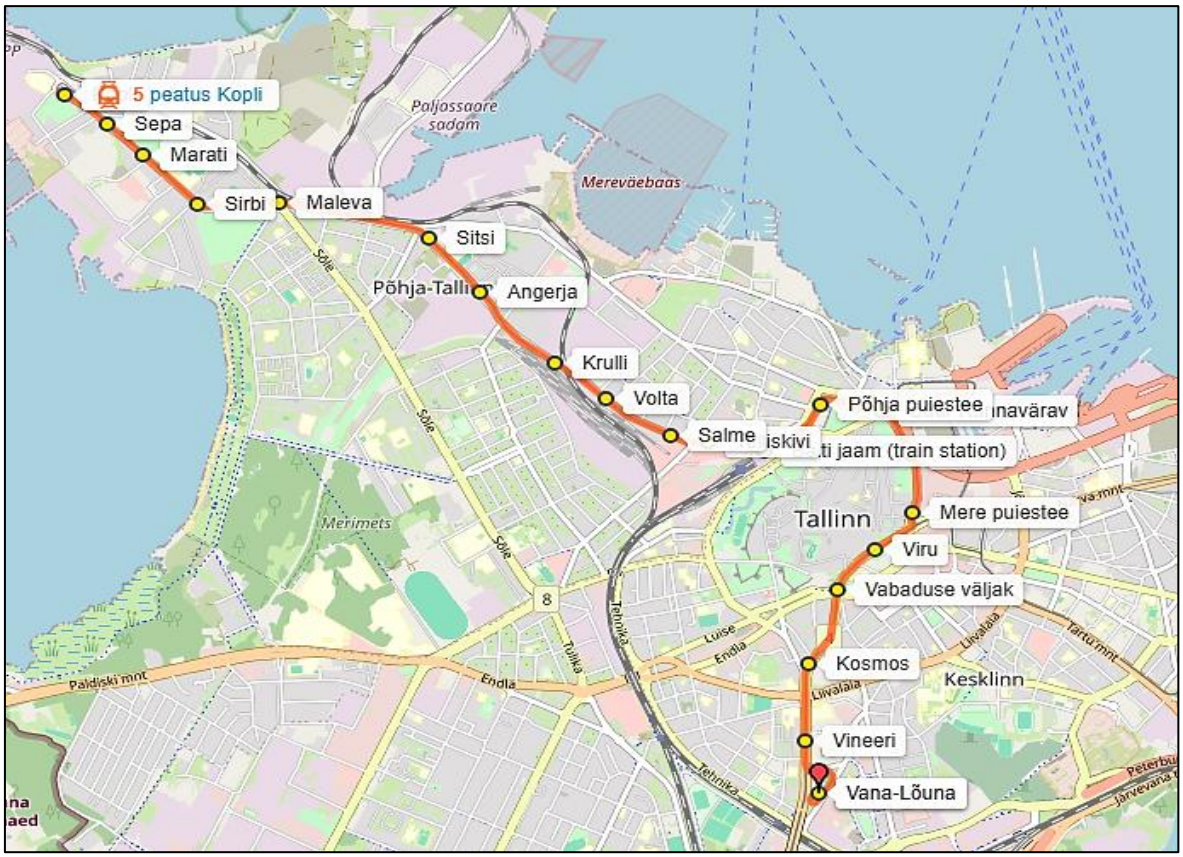
Käesoleva uurimistöö käigus viidi läbi ka intervjuu, mille peaeesmärk oli pigem toetus töös saadud järeldustele ja ettepanekutele. Intervjuu oli ühistranspordi teenuse planeerijatega. Intervjuu saadi kahelt transpordi valdkonna eksperdilt, kes tegelevad Tallinna ühistranspordi teenuse kujundamisega. Intervjuu jaoks saadeti küsimused elektrooniliselt umbes kuu aega ette ning vestlus toimus mõlema inimesega ühel ja samal ajal. Esitatud küsimused olid seotud trammiliiklusega ja hõlmasid ohutuse, arenduste ja liikluskorralduse aspekte. Intervjueeritavate nimed jäävad autori otsusel anonüümseteks. Küsimused olid kategoriseeritud kahte plokki – hetke olukord ja tulevikuvaade. Intervjuu küsimused olid järgmised:

1) Kuidas hindate trammi liiklusohutust viimaste aastate põhjal?
2) Mis on trammi liiklusohutuse kitsaskohad ja kuidas saaks olukorda parandada?
3) Arengukava „Tallinn 2035" näeb ette trammiveol ühenduskiiruse tõstmist. Kuidas on see plaanis teostada?
4) Viimase 10. aasta jooksul on trammiteenus palju arenenud. Kaks modernse veeremi hanget, taristu renoveerimine ning liinivõrgu laiendamine lennujaama ja reisisadamasse. Mis on trammiteenuse edasine tulevik linnale?
5) Kas ajakirjandus saab ühistranspordi kasutust populariseerida?
6) Kas ajakirjandus saab ühistranspordil liiklusohtust suurendada?

2.2 Mõõtmise asukoht ja mõõdetav sõiduvahend

Nimetatud trammi dünaamilisi andmeid koguti liinitöö ajal ehk reaalsetes liiklusolukordades. See viidi läbi Tallinna trammiliinil nr 5, milleks oli Kopli – Vana-Lõuna (Joonis 2.2.1). Veoringi pikkus suurusjärgus 17 km. Mõõtmised toimusid kahel järjestikusel nädalal, esmaspäevast reedeni, märtsikuus 2025. aastal. Selle aja jooksul koguti üle 1000 dünaamilise andmeühiku. Mõõtmistööd teostati erinevate PESA Twist 147N trammidega (Joonis 2.2.2). Mõõtmise ajal oli kasutatud trammide läbisõidud 10 000–30 000 km vahel. Trammi tehnilised näitajad:

- Pikkus 28,56 m
- Laius 2,35 m
- Kõrgus 3,8 m
- Tühimass 43,4 t
- Täismass 57,2 t
- Võimus 400 kW
- Veotelgi 4
- Ehitusaasta 2024



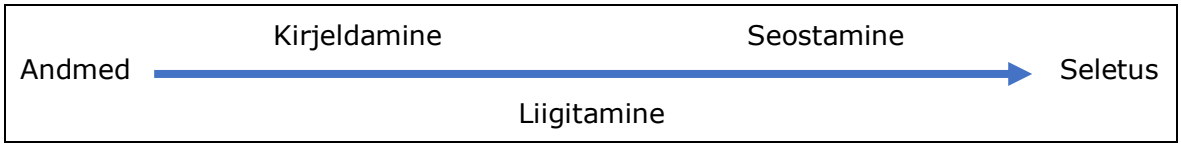
Joonis 2.2.1 Kopli – Vana-Lõuna trammiliin mõõtmistööde ajal veebr–märts 2025 [11]

Joonis 2.2.2 Tramm PESA Twist 147N, kasutatud mõõtmistööde ajal veebr–märts 2025

Trammi kiiruse ja pidurduse mõõtmiskatsete eesmärgiks oli saada praktikast asukohapõhised dünaamilised andmed ning neid kasutada liiklusriskide vähendamiseks ja kaasata liikluskorralduse parendamisse.

2.3 Andmete analüüs ja tõlgendamine

Kogutud trammi liiklusõnnetuste ja dünaamilised andmed, mis hõlmasid erinevaid parameetreid ning ajapõhiseid väärtuseod, töödeldi ja analüüsiti Microsoft Exceli tarkvara abil. Analüüsi käigus kasutati Exceli erinevaid funktsioone ja tööriistu, mis võimaldasid tõlgendada andmeid. Eelkõige keskenduti sellistele näitajatele nagu piirväärtuste määramine ja aritmeetilise keskmise arvutamine, mis aitasid saada ülevaate trammiõnnetuste esinemissagedusest ning võimalikest riskikohtadest (Joonis 2.3.1).



Joonis 2.3.1 Andmete töötlemise skeem [45]

Liiklusõnnetuse andmed. Liiklusõnnetuste esinemist erinevatel ajaperioodidel koondati kokku, et tuvastada seoseid ja mustrid. Kokku koondamisel keskenduti neljale peamisele ajamõõdule:

- Kellaaeg;
- Päev;
- Kuu;
- Aasta.

Kellaajaliselt grupeeriti liiklusõnnetused viieks – varahommikused, hommikused, päevasel ajal, õhtul ja hilisõhtul. Seejuures hommik ja õhtu oli arvestatud tipptunni olukorraga liikluses.

Päevad grupeeriti kaheks – argipäevad ja nädalavahetus.

Kuud grupeeriti neljaks vastavalt aastaaegade järgi – kevad-, suve-, sügis- ja talvekuud

Aasta oli terve kalendriaasta ja selles võrreldi liiklusõnnetuste arvulist muutu eelneva aastaga.

Lisaks, ülaltoodud ajalised näitajad eristati liiklusõnnetused toimumiskoha järgi – Kesklinn, Lasnamäe ja Põhja-Tallinn.

Trammi dünaamiliste parameetrite määramine. Trammi dünaamiliste parameetritena antud töös määrati – kiirendus, kiirus ja aeglustus. Kogutud andmete põhjal eristati piirväärtused nagu madalaim ja kõrgeim ning saadud väärtuste keskmine. Keskmine leiti aritmeetilise arvutuse järgi.

Intervjuu. Intervjuu eesmärgiks oli toetuspind kvantitatiivse info järeldusete tegemisel. Seega oma sisuliselt oli tegemist täiendusega.

Tegemist oli paariintervjuuga, mis on rühmaintervjuu alavorm. Selles intervjueeritavad tunnevad end vabamalt ja nende jutt on usaldusväärsem, kui kohal on mitu inimest. Rühmaintervjuud peetakse tõhusaks andmekogumise vormiks, sest siis saab korraga teavet mitmelt inimeselt. [45]

Rühma kontrollival mõjul on omad head ja halvad küljed. Rühmast võib kasu olla, kui on vaja midagi meenutada. Rühm võib aidata ka siis, kui keegi on millestki valesti aru saanud. Teiselt poolt võib rühm takistada rühma seisukohast negatiivsete asjade esiletulekut. Rühmas võib olla domineerivaid isikuid, kes püüavad vestlust suunata. Neid seiku tuleb tulemusi tõlgendades ja järeldusi tehes arvestada. [45]

Kokkuvõtvalt on metoodiline käik väljatoodud allolevas tabelis (Tabel 2.3.1)

Tabel 2.3.1 Uurimistöö töö metoodiline skeem

Küsimus	Meetod	Allikas	Tulem
Milline on trammiveo liiklusõnnetuste olukord Tallinnas?	Kvantitatiivne	Eesti Liikluskindlustuse Fond	Statistika sisuanalüüs
Milline on trammiveo liiklusohutus ja tulevik?	Kvalitatiivne	Valdkonna eksperdid	Intervjuu sisuanalüüs
Millised on trammi dünaamilised väärtused?	Kvantitatiivne	Mõõtmisseade	Trammi sõiduparameetrid

3. TULEMUSED

3.1 Trammiliikluse ohutus Tallinnas

Avalikest andmebaasidest ei olnud võimalik saada andmeid surmaga lõppenud trammi osalusel toimunud liiklusõnnetuste kohta. Avalikest andmebaasidest täpsemaid vastuseid ei saanud, kuna trammiga juhtunud liiklusõnnetusi eraldi ei liigitata ja need pannakse üldise ühistranspordi kategooria alla. Seega antud töös Tallinnas trammiga toimunud liiklusõnnetuste statistika ei pruugi kõike juhtumeid kajastada.

Näiteks kui jalakäija peaks saama liikuvalt rööbastranspordilt löögi, siis suure tõenäosusega sellest kirjutavad ka avalikud meediakanalid, sest tegemist on liikluses võrdlemisi harukordse juhtumiga ja rööbastranspordi liiklus on sellel ajal pikemat aega häiritud. Ajakirjanduse teatel on Tallinnas viimase 17. aasta jooksul toimunud 3 erinevat trammi ja jalakäija kokkupõrkega õnnetusjuhtumit, mille tagajärjel jalakäija hukkus. Õnnetused juhtusid aastatel 2008[20], 2013[21] ja 2025[22]. Õnnetused juhtusid trammipeatuses või sellele väga lähedal.

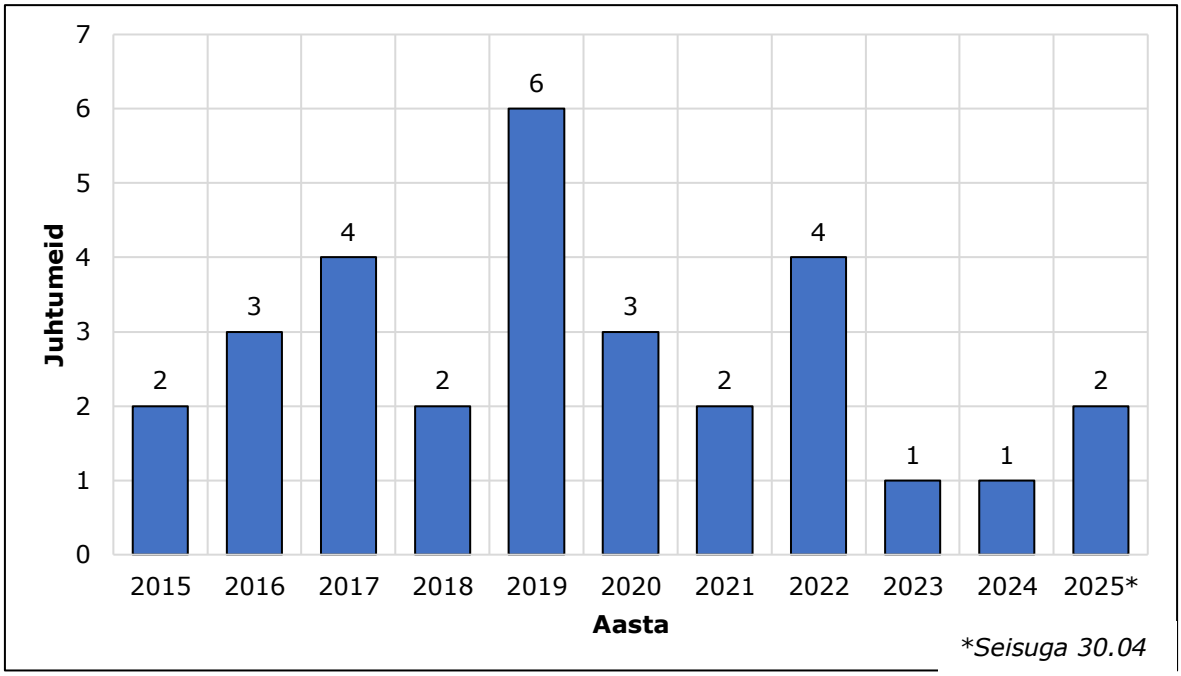
3.1.1 Trammireisijate ohutus

Eesti Liikluskindlustuse Fondi andmetel toimus aastatel 2015–2024 Tallinna trammiveol 21 õnnetusjuhtumit, kus viga sai trammireisija. Arvutuslikult tähendab see, et aastas saab trammiga reisides keskmiselt 3 inimest viga (Joonis 3.1.1.1). Nendest juhtumitest ligikaudu 70% toimusid Kesklinnas.

Arvestades, et Tallinnas tehakse aastas umbes 20 mln trammisõitu, siis seda statistilist näitajat võib pidada madalaks ja trammivedu võrdlemisi turvaliseks liikumisviisiks.

Nende õnnetusjuhtumite üheks põhjuseks võib pidada sõiduki sõidukiiruse järsk muutust. Näiteks äkkpidurduse või tavapärasest palju tugevam pidurduse korral, kokkupõrke vältimiseks teise objektiga, mille tagajärjel ühistranspordis reisija kaotab tasakaalu ja kukkudes vigastab ennast. Sama tulemus võib juhtuda ka liiga järsul kiirendusel. [46]

[20] *https://www.postimees.ee/1744489/trammi-alla-jaanud-mees-suri*
[21] *https://www.ohtuleht.ee/549671/trammilt-loogi-saanud-vanaproua-suri*
[22] *https://www.postimees.ee/8215230/fotod-tallinnas-hukkus-trammi-alla-jaanud-mees*



Joonis 3.1.1.1 Reisijate vigasaamised trammis, 2015–2025 [47], [48]

3.1.2 Trammi ja kaasliiklejate ohutus

Eesti Liikluskindlustuse Fondi andmetel Tallinnas trammi osalusel toimunud liiklusõnnetused viimase 11 aasta jooksul on välja toodud allolevas tabelis (Tabel 3.1.2.1). Selle pikaajalise statistika põhjal saab öelda, et aastas toimub keskmiselt 44 trammi osalusel liiklusõnnetust. Keskmiselt üheksal korral aastas on liiklusõnnetuses vastutav pool tramm ja kannatanu kolmekümne viiel korral. Ehk ühel korral neljast on vastutav pool tramm, mis teeb trammi süü tõenäosuse u 25% juhtudel.

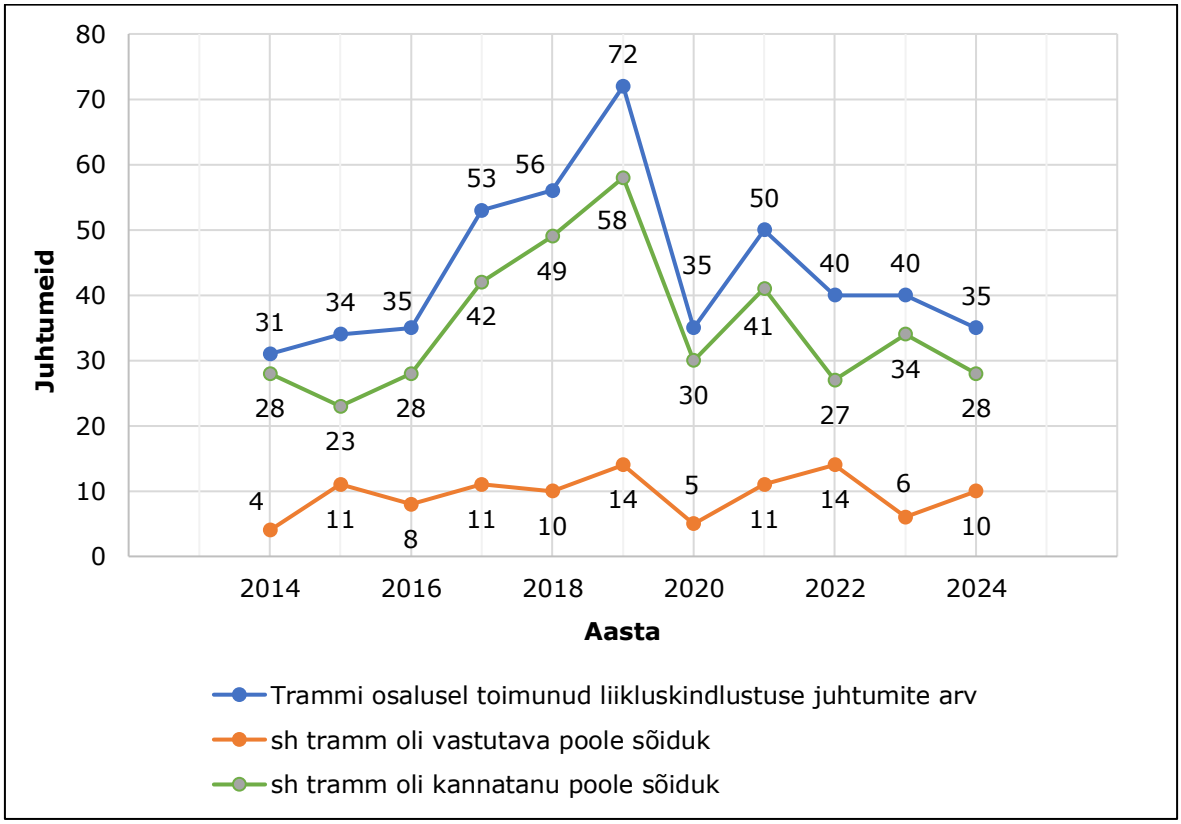
Kuigi aastatel 2014–2017 oli trammiliiklus osaliselt suletud trammitee rekonstrueerimistööde tõttu, kuid see ei toonud kaasa märkimisväärset liiklusõnnetuste arvu vähemist. Ka koroonapandeemia liikumispiirangud[23] ei avaldanud olulist muutust liiklusõnnetuste vähenemisele. Kõige liiklusõnnetuste rohkem aasta oli 2019, kui toimus 72 liiklusõnnetust, mis kokkuvõtvalt teeb u 60% rohkem kui kõnealuse perioodi keskmine.

[23] *Eestis aastatel 2020–2023* [51]

Tabel 3.1.2.1 Trammi osalusel toimunud liiklusõnnetused, 2014–2024 [49]

Aasta	Trammi osalusel toimunud liikluskindlustuse juhtumite arv	sh tramm oli vastutav pool	sh tramm ei olnud vastutav pool
2014	31	4	28
2015	34	11	23
2016	35	8	28
2017	53	11	42
2018	56	10	49
2019	72	14	58
2020	35	5	30
2021	50	11	41
2022	40	14	27
2023	40	6	34
2024	35	10	28
2025 (seisuga 20.02)	*9*	*2*	*7*

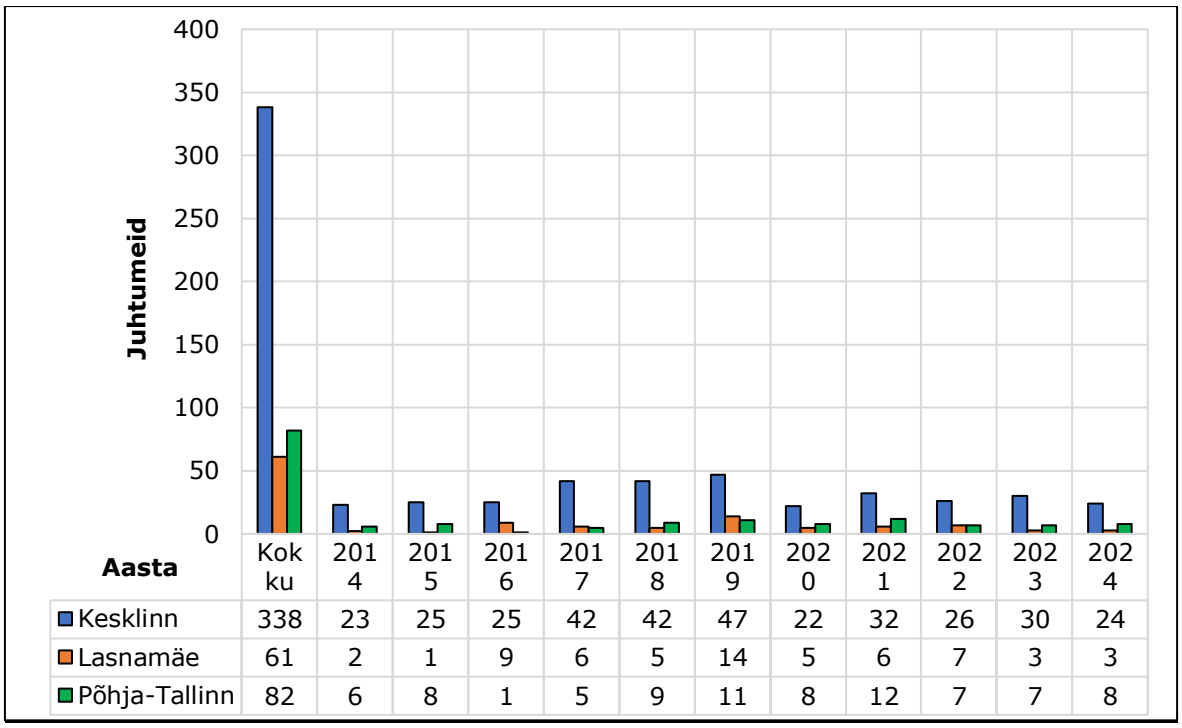
Täiendavalt on ülaltoodud trammi liikluseõnnetuste statistikat esitatud järgmisel alloleval joonisel, kus graafiliselt on visualiseeritud vastutava ja süüdlase osakaal (Joonis 3.1.2.1).



Joonis 3.1.2.1 Trammi osalusel toimunud liiklusõnnetused, 2014–2024 [49]

Trammiliiklus toimib kolmes Tallinna linnaosas – Kesklinnas, Lasnamäel ja Põhja-Tallinnas. Kõige sagedamini toimusid liiklusõnnetused Kesklinnas, keskmiselt

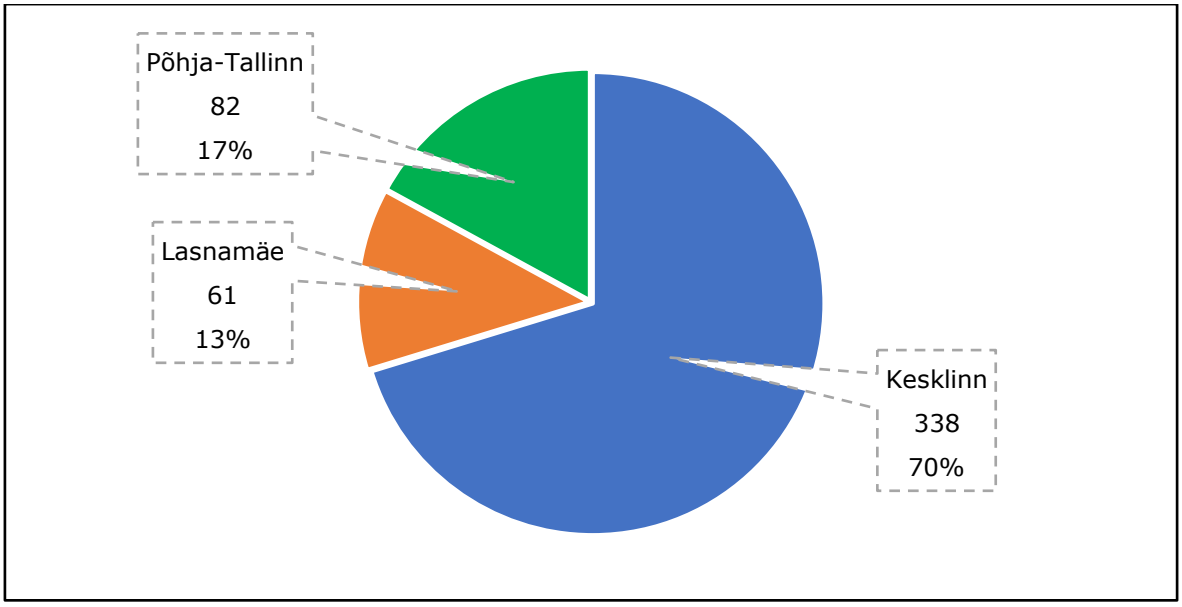
kolmekümne ühel korral kuus. Lasnamäel ja Põhja-Tallinnas vastavalt kuuel ja seitsmel korral, mis on umbes 5 korda harvem (Joonis 3.1.2.2).



Aasta	Kokku	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Kesklinn	338	23	25	25	42	42	47	22	32	26	30	24
Lasnamäe	61	2	1	9	6	5	14	5	6	7	3	3
Põhja-Tallinn	82	6	8	1	5	9	11	8	12	7	7	8

Joonis 3.1.2.2 Trammi liiklusõnnetused linnaosades aastate lõikes, 2014–2024 [49]

Liiklusõnnetuste osakaal linnaosades näitab, et u 75% neist toimuvad Kesklinnas, sellele järgnevad Põhja-Tallinna ja Lasnamäe, mille omavaheline erinevus on väike (Joonis 3.1.2b). Samas Põhja-Tallinnas on võrreldes Lasnamäega u 2 korda rohkem trammiteed.



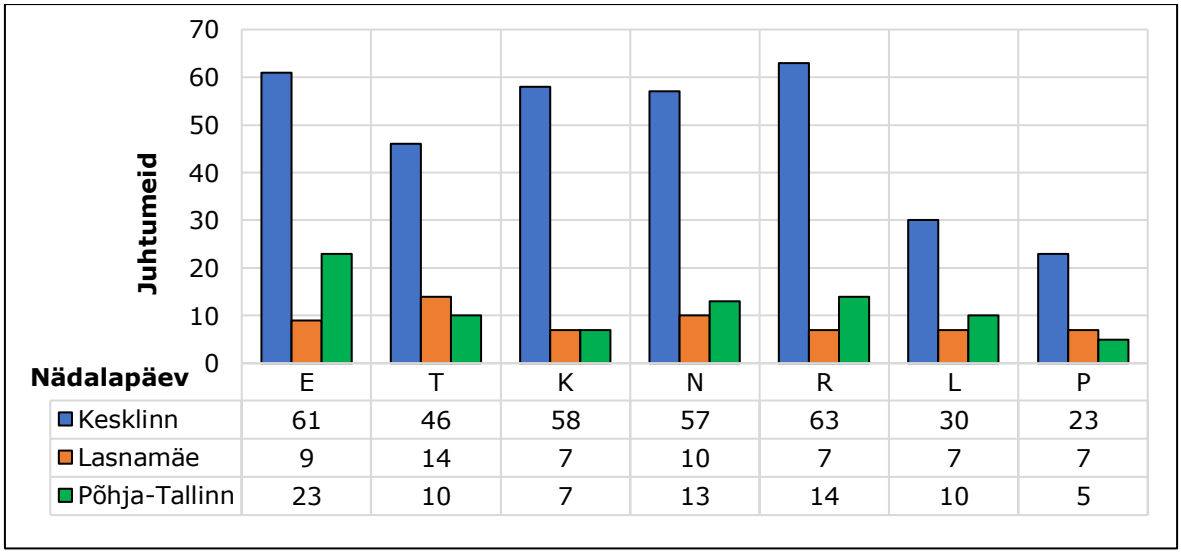
Joonis 3.1.2.3 Trammi liiklusõnnetuste osakaal linnaosades, 2014–2024 [49]

Kõige sagedamini toimus trammiga liiklusõnnetusi sügisel ja talvel. Kõige vähem liiklusõnnetusi juhtus kevadel. Keskmiselt toimus kuus 4 liiklusõnnetust (Tabel 3.1.2.2).

Tabel 3.1.2.2 Trammi liiklusõnnetused kuude lõikes, 2014–2024 [49]

Aasta		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Keskmine
Talv	Jaan	1	3	5	4	3	9	7	7	6	2	3	5
	Veebr	4	4	3	4	6	3	3	5	3	2	3	4
Kevad	Märts	1	2	2	3	2	3	2	0	2	3	2	2
	Aprill	3	3	1	3	1	3	0	2	0	2	3	2
	Mai	2	3	2	3	4	5	1	4	1	4	3	3
Suvi	Juuni	1	0	2	1	8	8	3	4	5	3	1	4
	Juuli	2	1	5	6	4	9	4	4	1	1	0	4
	Aug	0	2	0	6	7	6	0	3	4	3	3	4
Sügis	Sept	2	3	3	6	7	8	2	5	3	3	7	4
	Okt	6	7	2	5	3	9	3	4	3	7	4	5
	Nov	4	3	7	7	5	5	3	6	4	3	1	4
Talv	Dets	5	3	3	5	6	4	7	6	8	7	5	5
Kokku		31	34	35	53	56	72	35	50	40	40	35	
Muut, %		-	10	3	51	6	29	-51	43	-20	0	-13	

Nädalapäevade kontekstis toimus kõige rohkem liiklusõnnetusi Kesklinnas argipäevadel. Keskmiselt toimus argipäevade lõikes Kesklinnas üle nelja korra rohkem liiklusõnnetusi kui Lasnamäel ja Põhja-Tallinnas. Lisaks nädalavahetuste lõikes keskmiselt oli Kesklinnas üle kolme korra rohkem liiklusõnnetusi kui Lasnamäel ja Põhja-Tallinnas (Joonis 3.1.2.4, Tabel 3.1.2.3).

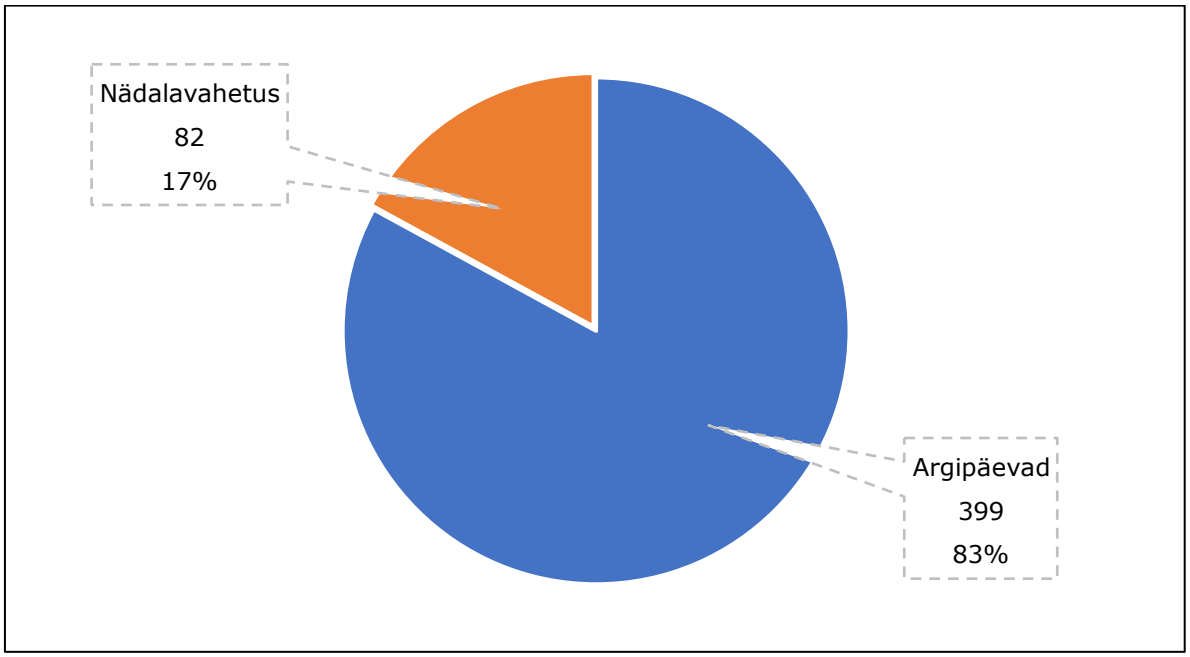


Joonis 3.1.2.4 Trammi liiklusõnnetused linnaosades nädalapäevadel kokku, 2014–2024 [49]

Tabel 3.1.2.3 Trammi liiklusõnnetused linnaosades nädalapäevadel kokku, 2014–2024 [49]

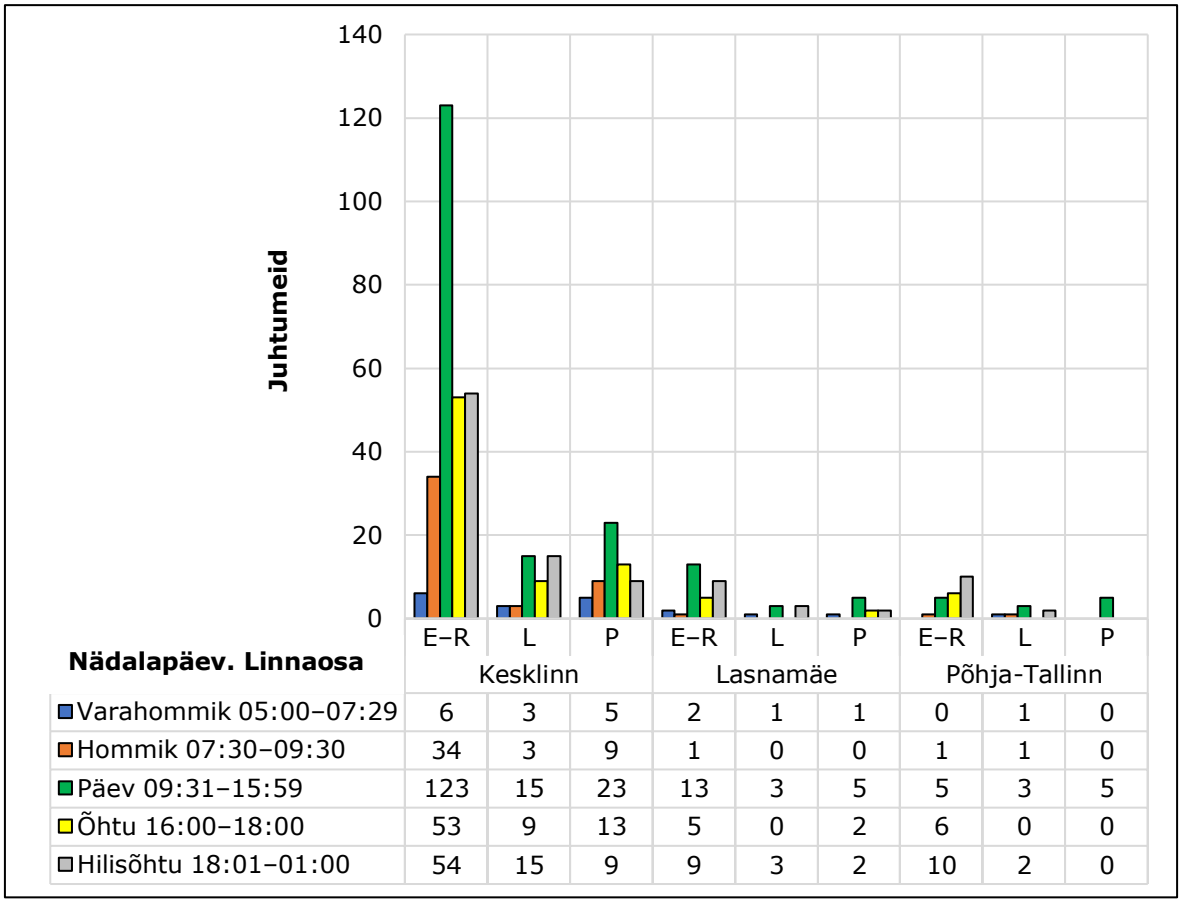
Nädalapäev	Kesklinn	Lasnamäe	Põhja-Tallinn
Esmaspäev	61	9	23
Teisipäev	46	14	10
Kolmapäev	58	7	7
Neljapäev	57	10	13
Reede	63	7	14
Laupäev	30	7	10
Pühapäev	23	7	5
Keskmine (E–R / L–P)	57 / 27	9 / 7	13 / 8

Argipäevadel toimus peaaegu kaks korda sagedamini liiklusõnnetusi kui nädalavahetusel (Joonis 3.1.2.5). Piltlikult öeldes toimus 1,5 nädala tagant argipäeval liiklusõnnetus ja 1,5 kuu tagant nädalavahetusel.



Joonis 3.1.2.5 Trammi liiklusõnnetuste osakaal nädalas, 2014–2024 [49]

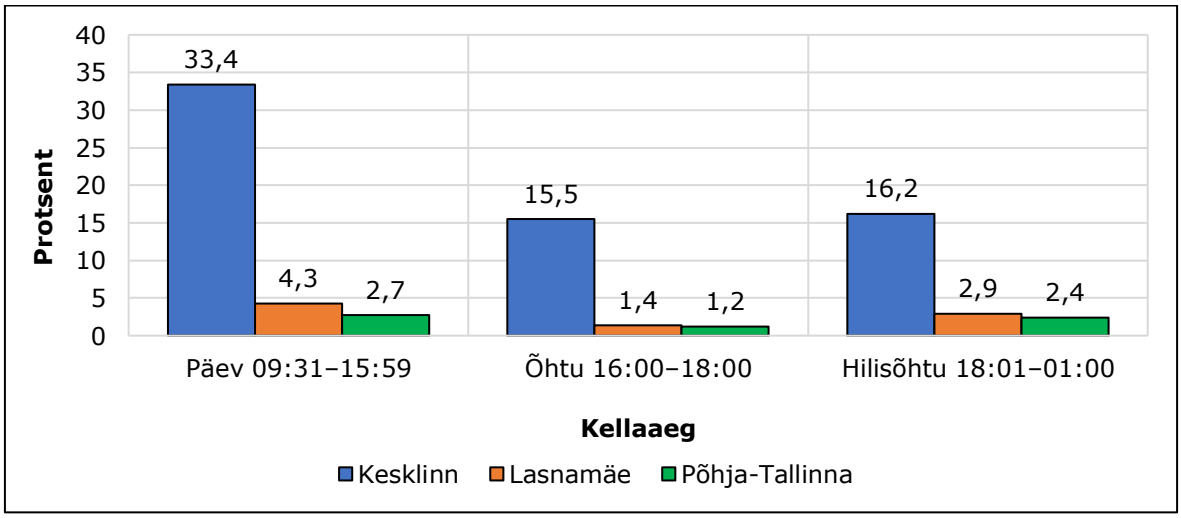
Kellaaegade lõikes ei saa täpsustavalt analüüsida 26 õnnetusjuhtumit, kuna neil ei olnud lähteandmetes kellaaegu juurde märgitud. Samas kuupäevad ja asukohad olid märgitud, siis saab teadmiseks võtta, et neist kahekümne kuuest juhtumist 16 toimus Kesklinnas, Lasnamäel 2 ja Põhja-Tallinnas 8 (Joonis 3.1.2.6).



Nädalapäev. Linnaosa	Kesklinn			Lasnamäe			Põhja-Tallinn		
	E–R	L	P	E–R	L	P	E–R	L	P
Varahommik 05:00–07:29	6	3	5	2	1	1	0	1	0
Hommik 07:30–09:30	34	3	9	1	0	0	1	1	0
Päev 09:31–15:59	123	15	23	13	3	5	5	3	5
Õhtu 16:00–18:00	53	9	13	5	0	2	6	0	0
Hilisõhtu 18:01–01:00	54	15	9	9	3	2	10	2	0

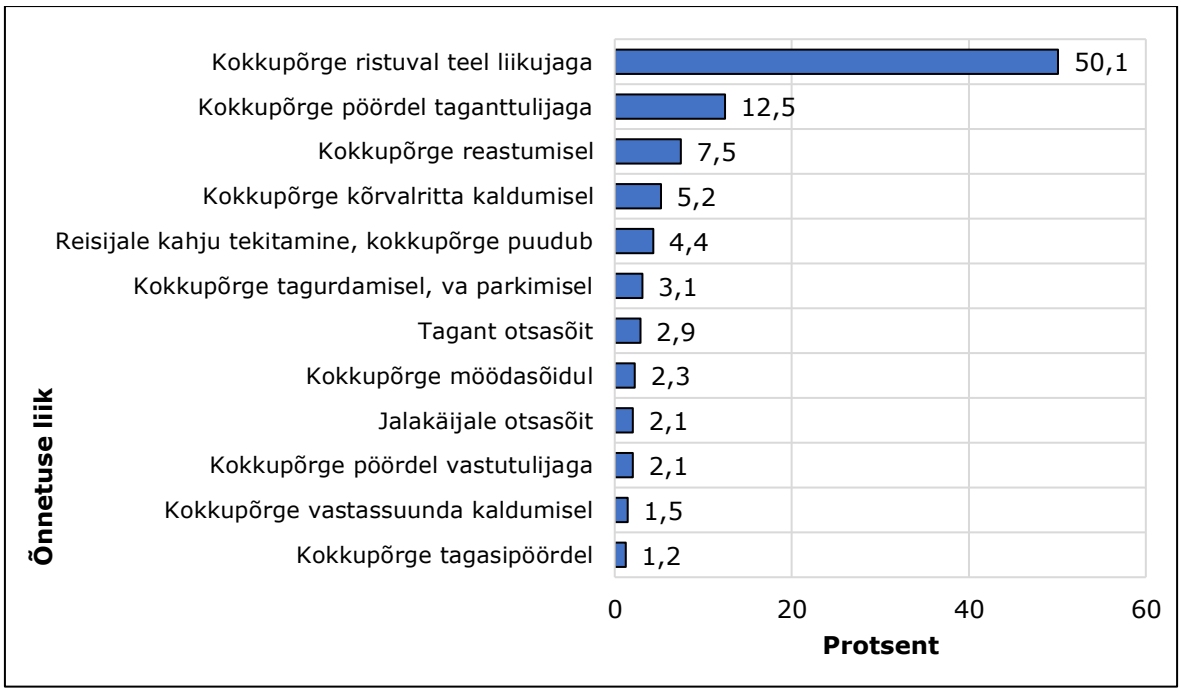
Joonis 3.1.2.6 Trammi liikluskindlustus juhtumid kellaajaliselt, 2014–2024 [49]

Kellaaegade lõikes kõige sagedamini, 33,4%, liiklusõnnetusi juhtus Kesklinnas päevasel ajal 09:31–15:59 vahel. Sellega võrreldes Lasnamäe moodustas 4,3% ja Põhja-Tallinn 2,7%. Järgnesid hilisõhtune aega, 18:01–01:00, kus 16,2% liiklusõnnetusi toimus Kesklinnas, Lasnamäel 2,9% ja Põhja-Tallinnas 2,4%. Kolmas oli õhtune aeg, 16:00–18:00, kus 15,5% liiklusõnnetusi toimus Kesklinnas, Lasnamäel 1,4% ja Põhja-Tallinnas 1,2% (Joonis 3.1.2.7).



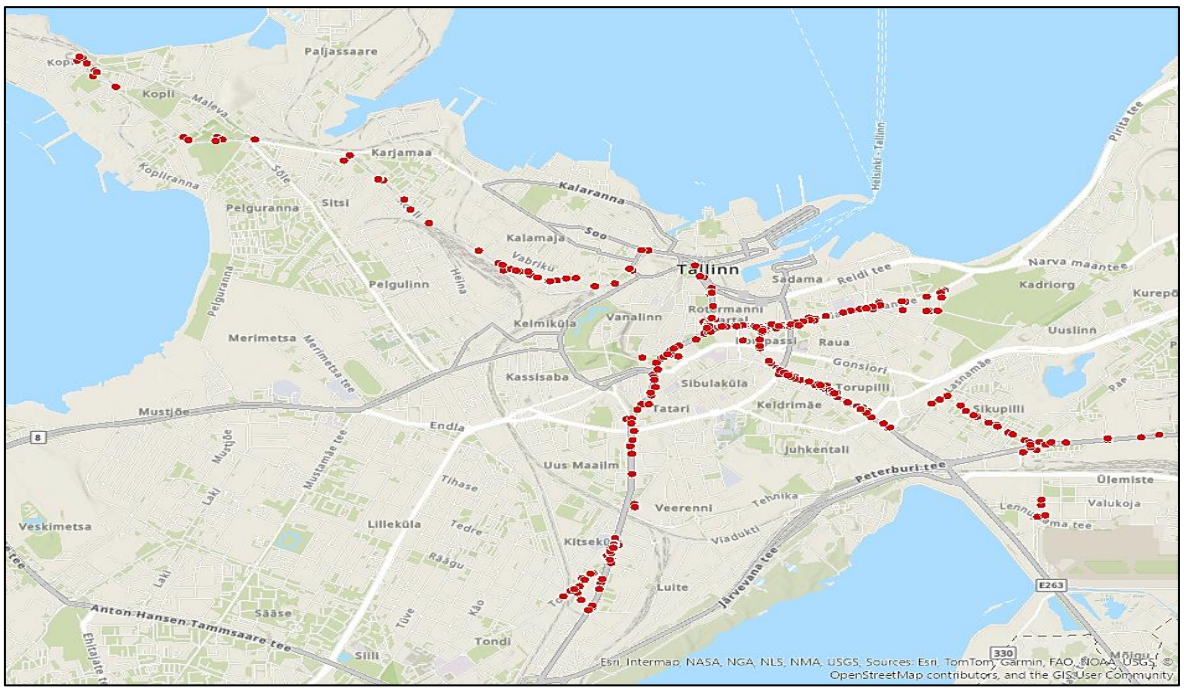
Joonis 3.1.2.7 Trammi liikluskindlustus juhtumite osakaal kellaajaliselt, 2014–2024 [49]

Üle poole trammi liiklusõnnetuste toimusid ristmikel. Sellele järgnesid õnnetused reavahetusel ja kaldumisel kõrval ritta (Joonis 3.1.2.8).

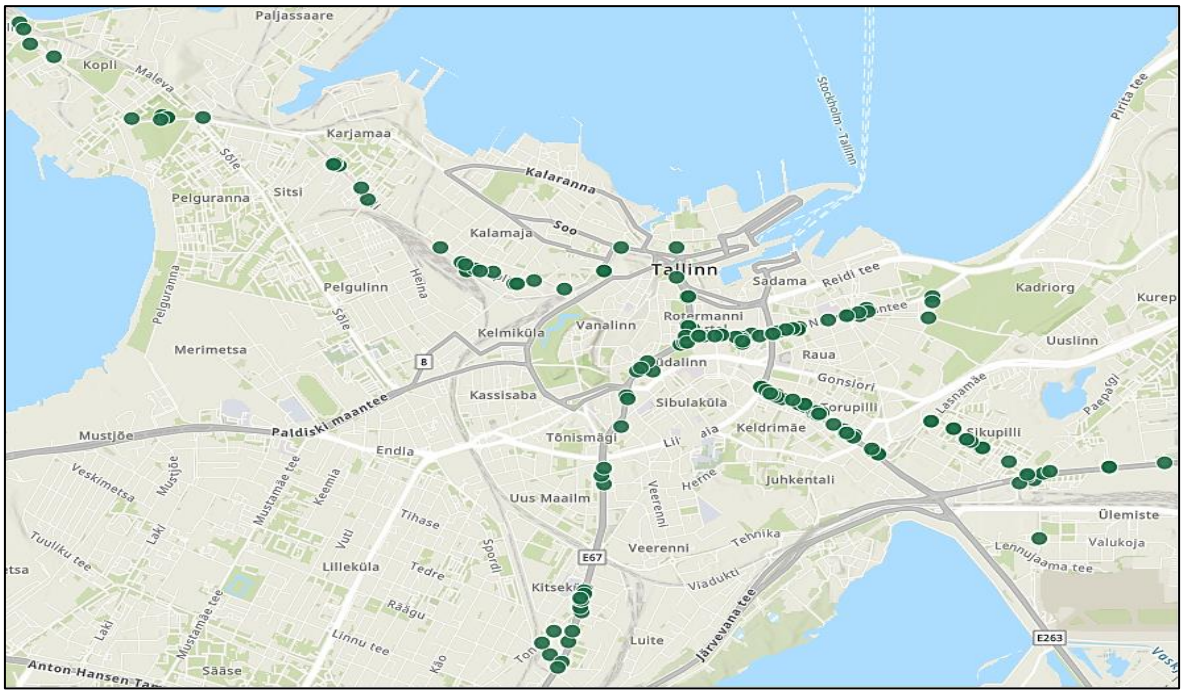


Joonis 3.1.2.8 Trammi liikluskindlustus juhtumite osakaal õnnetuste liikidega, 2014–2024 [49]

Tallinna linnakaardi pealt on näha, et suurima kontsentratsiooniga trammi liiklusõnnetusi oli Kesklinnas Narva mnt, Pärnu mnt ja Tartu mnt lõikudel. Samuti märkimisväärsed asukohad on Sikupilli, Kitseküla ja Kalamaja asumid (**Tõrge! Ei leia viiteallikat.**, Joonis 3.1.2.10).



Joonis 3.1.2.9 Trammi liiklusõnnetused märgituna Tallinna kaardil, 2014–2019 [49]



Joonis 3.1.2.10 Trammi liiklusõnnetused märgituna Tallinna kaardil, 2020–2024 [49]

Trammi osalusel toimunud liiklusõnnetuste analüüsis selgus:

- Enam kui pooled liiklusõnnetused toimuvad ristmikel;
- Kõige enam toimub liiklusõnnetusi Kesklinnas;
- Kõige sagedamine toimuvad liiklusõnnetused argipäeviti päevasel ajal 09:30–16:00.

3.2 Trammi dünaamilised parameetrid

Trammiliikluse tõrgeteta toimimine ja sõidumugavus, aga ka liiklusohutus, sõltuvad paljuski trammi dünaamilistest omadustest (Lisa 2). Teades trammi dünaamilisi parameetreid nagu kiirendus, kiirus ja aeglustus, on võimalik paremini hinnata sõiduki liikumist ning vähendada liiklusriske ja toetada liikluskorraldust. Selleks, et määrata Tallinna trammiliiklusele omaseid dünaamilisi parameetreid viidi läbi mõõtmised. Mõõtmistööde eesmärk oli saada põhjalik ülevaade trammi toimimisest reaalses sõidutingimuses ning koguda andmeid liiklusohutuse parendamiseks. Mõõtmisi teostati veebr–märts 2025. aastal Kopli – Vana-Lõuna trammiliinil.

Dünaamiliste parameetrite objektiivseks hindamiseks oli lisaks vaja teada trammipeatuste vahemaid. Peatuse vahemaast sõltub maksimaalse sõidukiiruse määratlemine, mis omakorda on suhestub liiklusohutuse ja reisijate sõidumugavusega.

Trammiliinil nr 5 kus toimusid mõõtmised on trammipeatuste vahemaad on autori poolt mõõdetud ja väljatoodud allolevas tabelis (Tabel 3.2). Kõik peatused on erinevate vahemaade ja on vahemikus 193–907 m. Peatuse keskmine vahemaa on seejuures 425 m. Nagu tulemustest näha on trammiliin nr 5 küllaltki sarnane kogu Tallinna trammivõrgule ja iseloomustab esinduslikult.

Kõige pikem vahemaa asub Maleva ja Sitsi peatuse vahel, mis on ligikaudu 900 m. Näiteks, kui seda osa mitte arvestada oleks ülejäänud peatuse keskmine vahemaa 400 m ning peatuste ligikaudne vahemik 200–600 m.

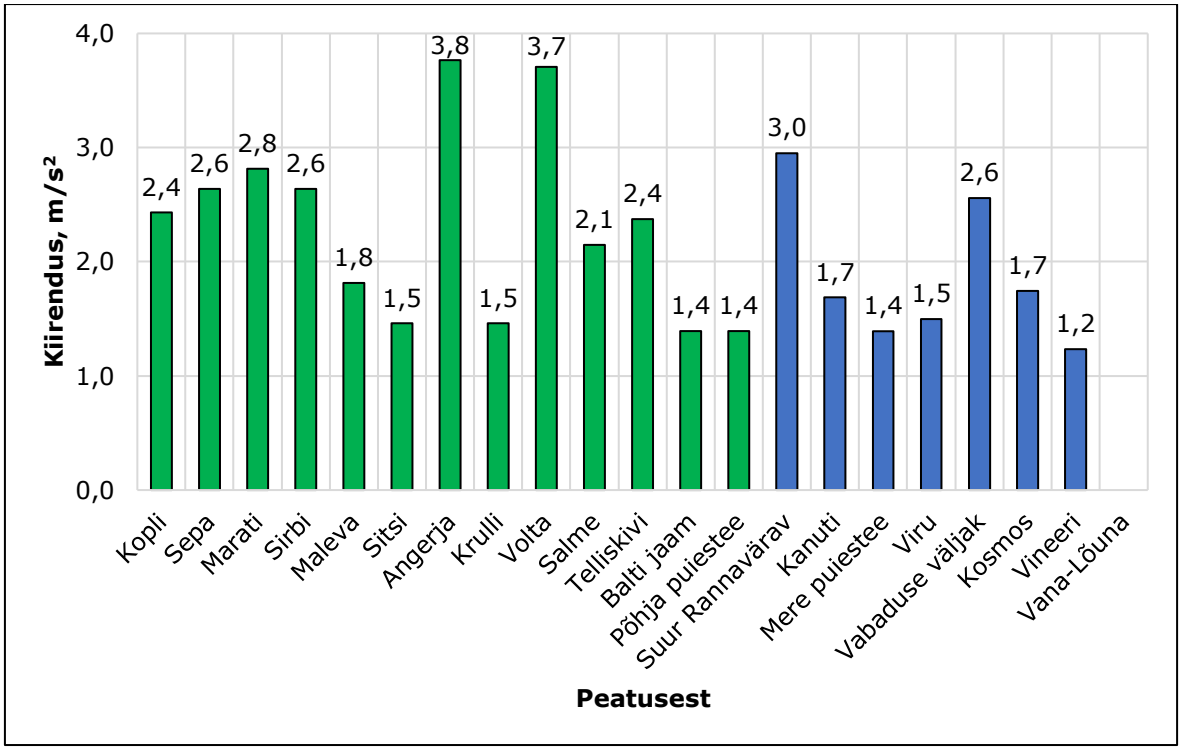
Tabel 3.2 Trammipeatuste vahemaad, Kopli – Vana-Lõuna liin (nt Koplist Sepasse on 305 m ja Sepast Maratisse on 284 m, jne)

	Suund: Kopli – Vana-Lõuna (8,6 km)					Suund: Vana-Lõuna – Kopli (8,4 km)		
	Jrk	**Peatusest**	**Vahemaa, m**			**Jrk**	**Peatusest**	**Vahemaa, m**
Põhja-Tallinn	1	Kopli	305		Kesklinn	1	Vana-Lõuna	451
	2	Sepa	284			2	Vineeri	460
	3	Marati	445			3	Kosmos	472
	4	Sirbi	480			4	Vabaduse väljak	564
	5	Maleva	907			5	Viru	206
	6	Sitsi	446			6	Mere puiestee	357
	7	Angerja	633			7	Kanuti	326
	8	Krulli	368			8	Suur Rannavärav	398
	9	Volta	443		Põhja-Tallinn	9	Põhja puiestee	448
	10	Salme	221			10	Balti jaam	345
	11	Telliskivi	345			11	Telliskivi	217
	12	Balti jaam	451			12	Salme	446
	13	Põhja puiestee	389			13	Volta	375
Kesklinn	14	Suur Rannavärav	321			14	Krulli	635
	15	Kanuti	367			15	Angerja	445
	16	Mere puiestee	355			16	Sitsi	897
	17	Viru	344			17	Maleva	465
	18	Vabaduse väljak	514			18	Sirbi	444
	19	Kosmos	490			19	Marati	283
	20	Vineeri	475			20	Sepa	193
	21	Vana-Lõuna	-			21	Kopli	-

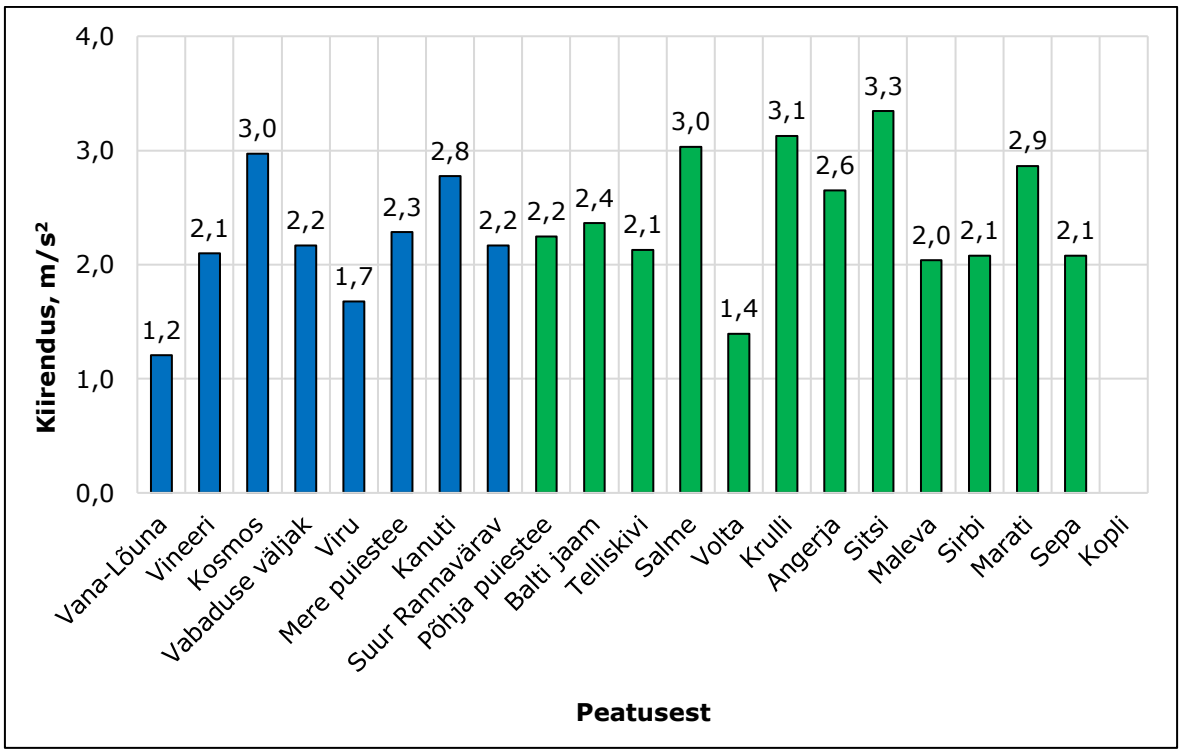
3.2.1 Kiirendus ja kiirus

Tavaliselt trammidel on kõige suurem kiirendus kohalt mineku ajal, ehk kui nad alustavad seisult liikumist ja üritavad saada vajalikku või sobilikku sõidukiirust. Seejuures kiirendus ei ole alati konstante, kuna sõltub rataste haardumisest teega, veokaalust ja selle jaotumisest ning trammi tehnoloogiast. Kõige parema ülevaate trammi kiirendusest saab tema peatusest väljumisel. Selleks sai mõõdetud kiirendusi Kopli – Vana-Lõuna (liin nr 5) teekonnal olevatest peatustest ja seda mõlemast suunast.

Kõnealune trammiliin kulgeb Põhja-Tallinna ja Kesklinna vahel. Kiirendusega seotud mõõtmistulemused on väljatoodud alloleval joonisel (Joonis 3.2.1.1, Joonis 3.2.1.2).



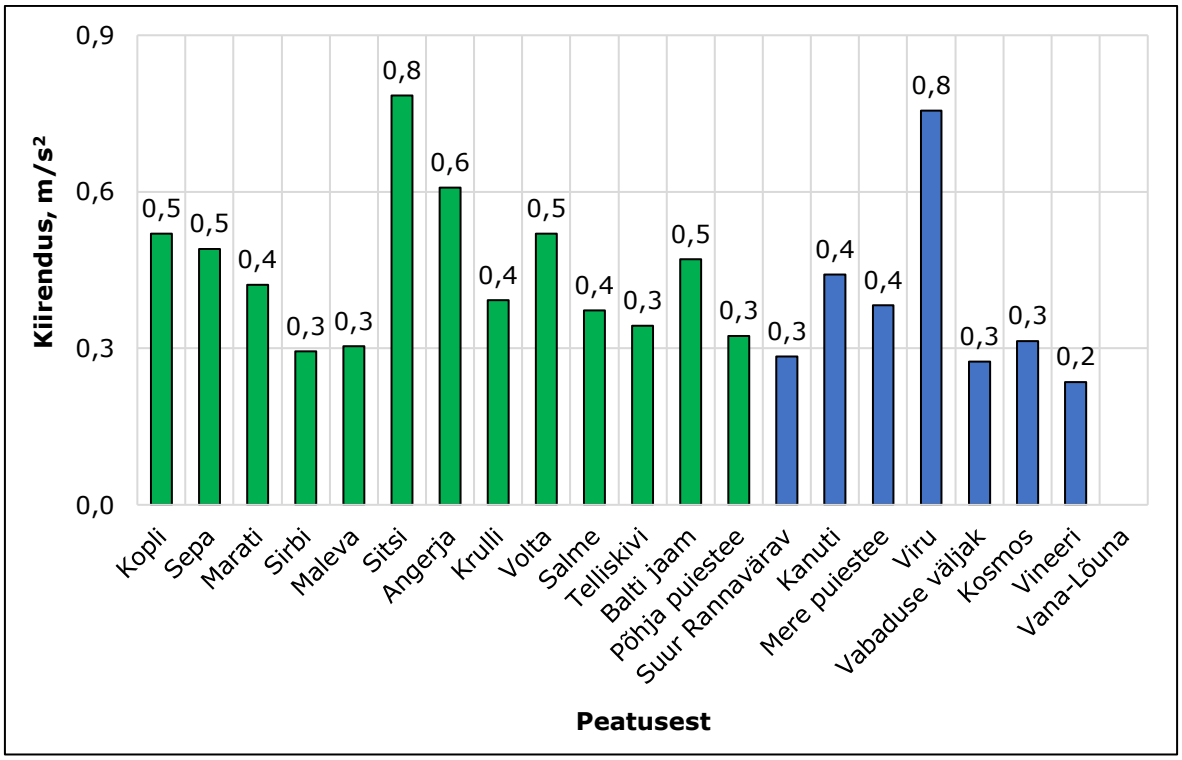
Joonis 3.2.1.1 Suurim kiirendus peatusest väljudes, Kopli – Vana-Lõuna suund



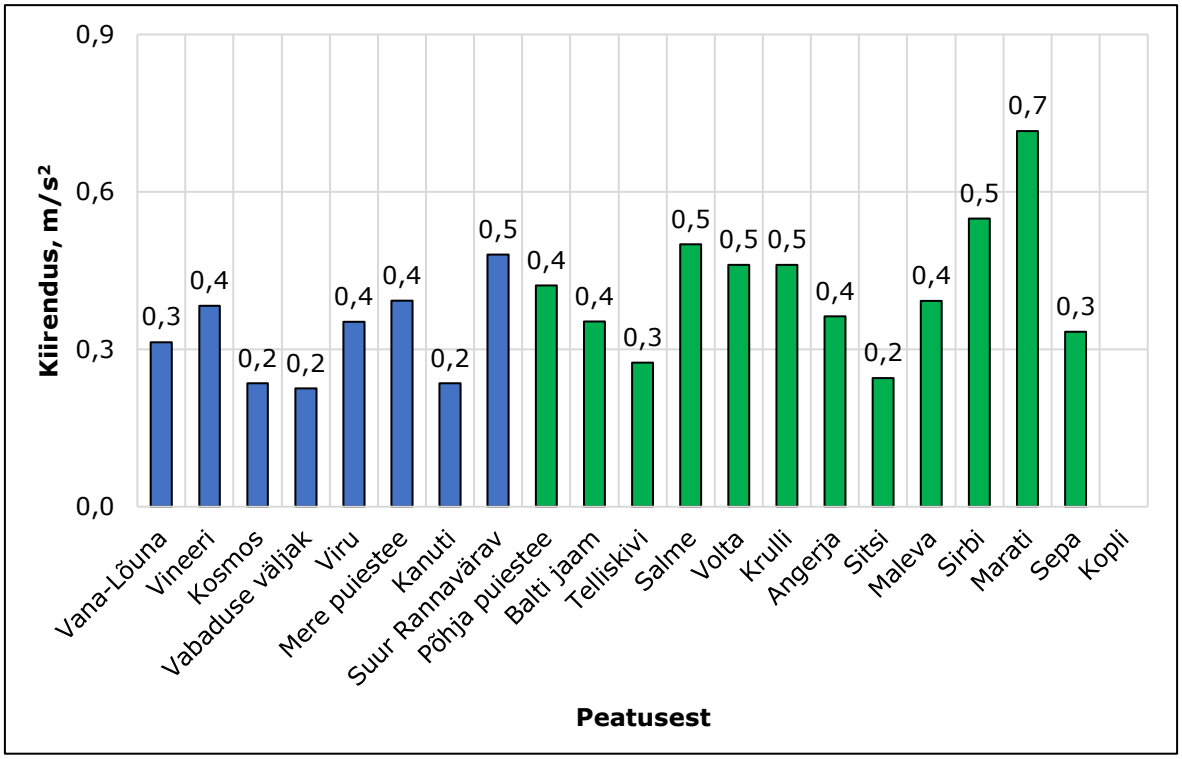
Joonis 3.2.1.2 Kiirendus peatusest väljudes, Vana-Lõuna – Kopli suund

Ülaltoodud tulemused näitavad, et seisult kiirendus jääb vahemikku 1,2–3,8 m/s^2 ning keskmine on 2,2 m/s^2. Seejuures Kesklinnas (joonistel sinisega) on kiirendus vahemikus 1,2–3 m/s^2 ning keskmine 2 m/s^2. Põhja-Tallinnas (joonistel rohelisega) jääb kiirendus 1,4–3,8 m/s^2 vahele ning keskmine on 2,4 m/s^2.

Samas, kohalt mineku kiirendus on lühiajaline ehk ei ole püsiv kogu peatuse vahelisel lõigul, vaid hakkab vähenema, siis sai ka mõõdetud keskmine kiirendus (Joonis 3.2.1.3, Joonis 3.2.1.4).



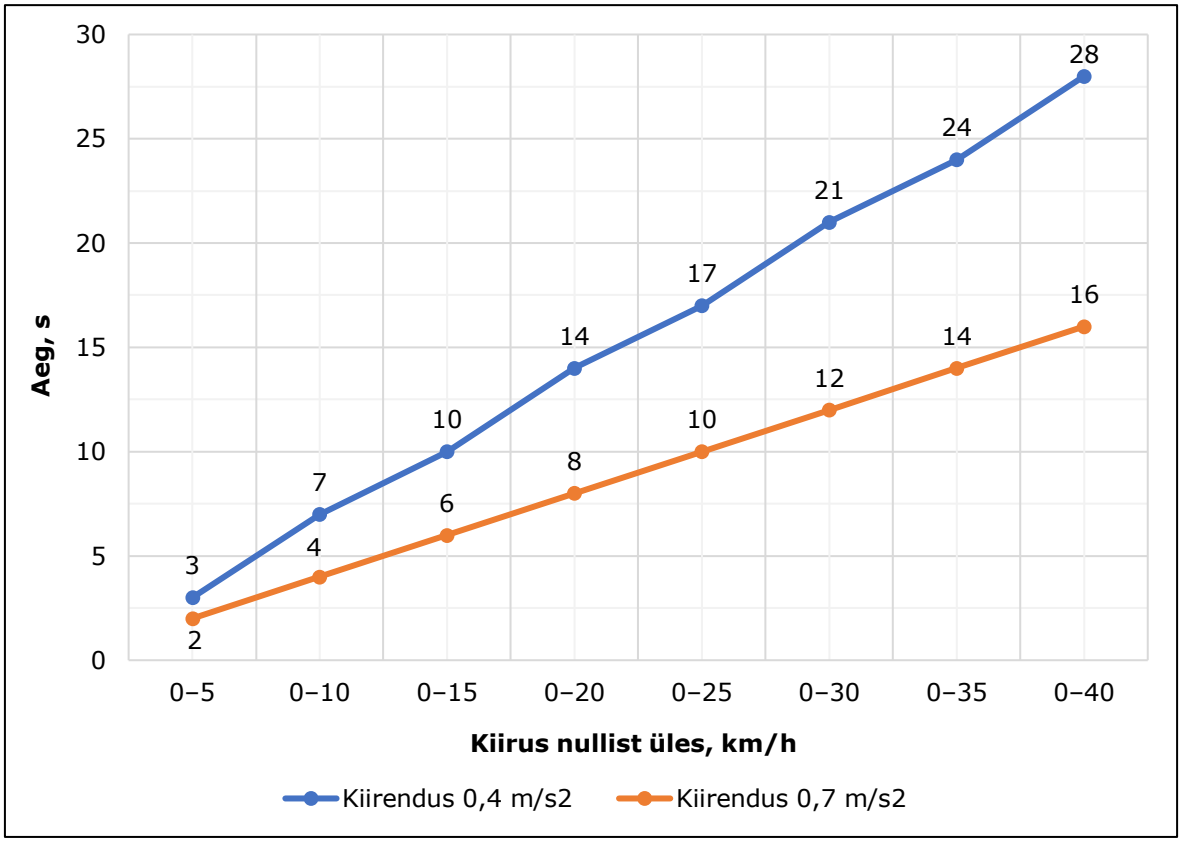
Joonis 3.2.1.3 Keskmine kiirendus peatuste vahelistel lõikudel, Kopli – Vana-Lõuna suund



Joonis 3.2.1.4 Keskmine kiirendus peatuste vahelistel lõikudel, Vana-Lõuna – Kopli suund

Kiirendus mõõtmisandmed näitavad, et Kopli – Vana-Lõuna suunal on kiirendus vahemikus 0,2–0,8 m/s^2 ja selle keskväärtus on 0,4 m/s^2. Seejuures Kesklinnas on kiirendus vahemikus 0,2–05 m/s^2 ja keskmine 0,2 m/s^2. Põhja-Tallinna jääb kiirendus 0,2–0,8 m/s^2 vahele ning nende keskmine on 0,4 m/s^2. Kiirenduse väärtus sõltus sellest kui vaba on ees tee ja kui kaugel on järgmine ristmik. Kui tee võimaldas, siis sel juhul tavaliselt oli kiirendus keskmiselt ligikaudu 0,7 m/s^2.

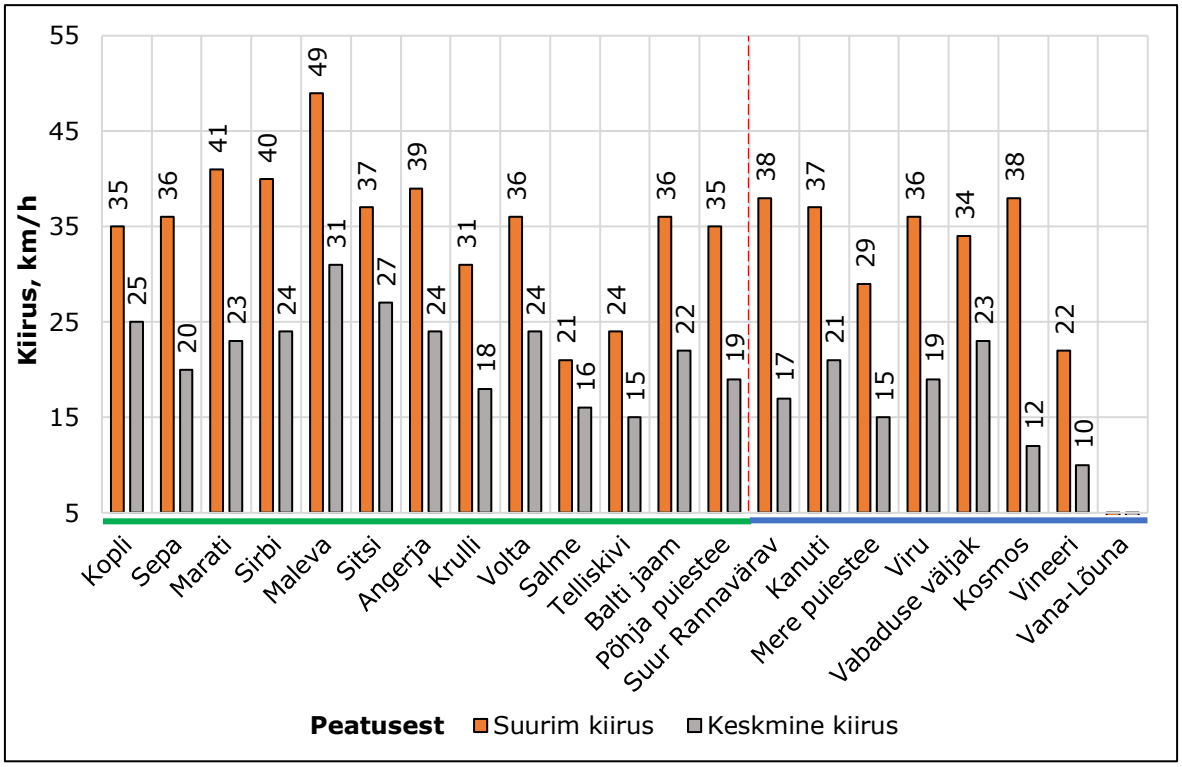
Võttes arvesse, et keskmine kiirendus on 0,4 m/s^2, siis saab selle põhjal arvustuslikult välja tuua trammi eeldatav ajakulu erinevate kiirusteni jõudmiseks (Joonis 3.2.1.5). Reaalses olukorras on see ajakulu natukene lühem, kuna kohalt minekul on kiirendus suurem (lühikest aega).



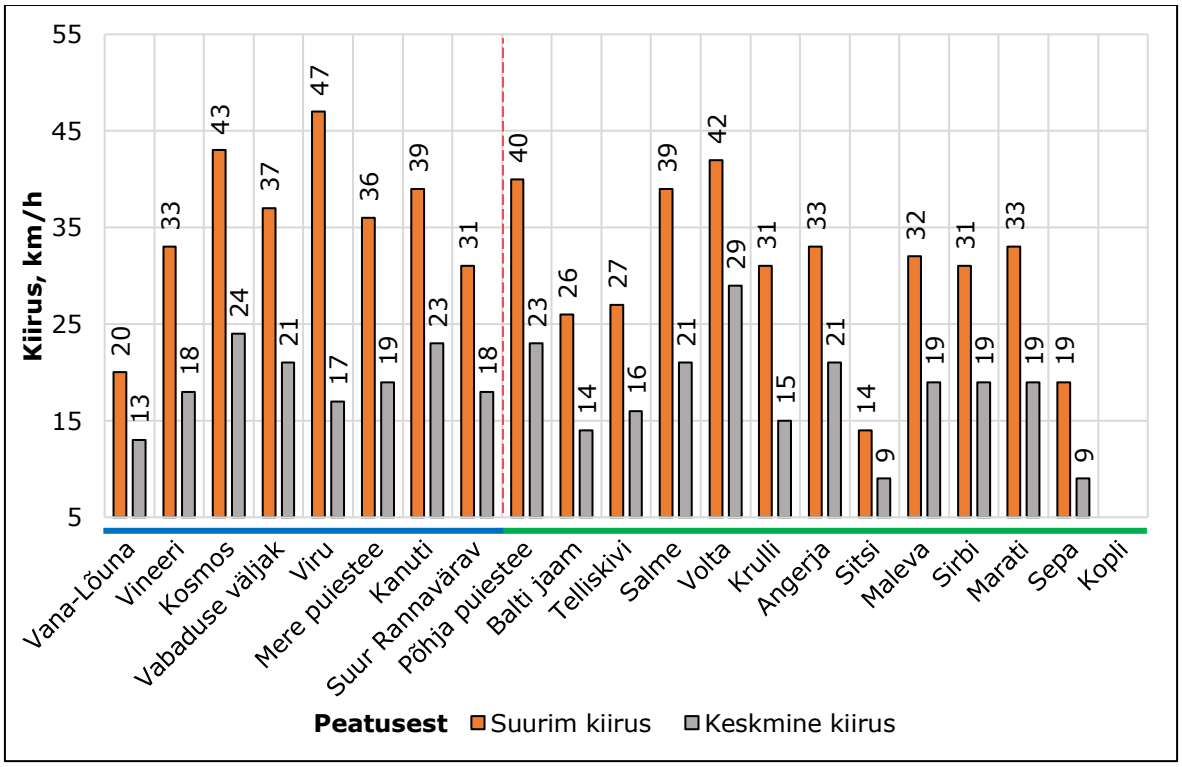
Joonis 3.2.1.5 Ajakulu võrdlus kiiruse saavutamiseks kiirendusega 0,4 m/s^2 ja 0,7 m/s^2

Paralleelselt kiirendusega sõltub ka veokvaliteet sõidukiirusest. Trammi puhul sõidukiirus mängib olulist rolli nii reisi mugavuses kui ka liiklusohutuses ja ühendusaegades. Õige kiiruse valimine vastavalt keskkonnale, võimaldab trammi sõita optimaalselt ning teisalt aitab vähendada liiklusriski. Alljärgnevalt uurime trammi kiiruse olulisust, selle määramise põhimõtteid ning mõju liikluskorraldusele ja reisijate kogemusele.

Alloleval joonisel (Joonis 3.2.1.6, Joonis 3.2.1.7) on väljatoodud Kopli – Vana-Lõuna teekonnal peatuste vahelised kiirused, ja seda mõlemal suunal. Kõnealune trammiliin kulgeb Põhja-Tallinna ja Kesklinna vahel.



Joonis 3.2.1.6 Kiirus peatuste vahelistel lõikudel, Kopli – Vana-Lõuna suund



Joonis 3.2.1.7 Kiirus peatuste vahelistel lõikudel, Vana-Lõuna – Kopli suund

Ülaltoodud kiirusmõõtmised näitavad, et suurim kiirus jääb vahemikku 14–49 km/h ning nende keskmine on 34 km/h. Seejuures Kesklinnas on suurim kiirus vahemikus

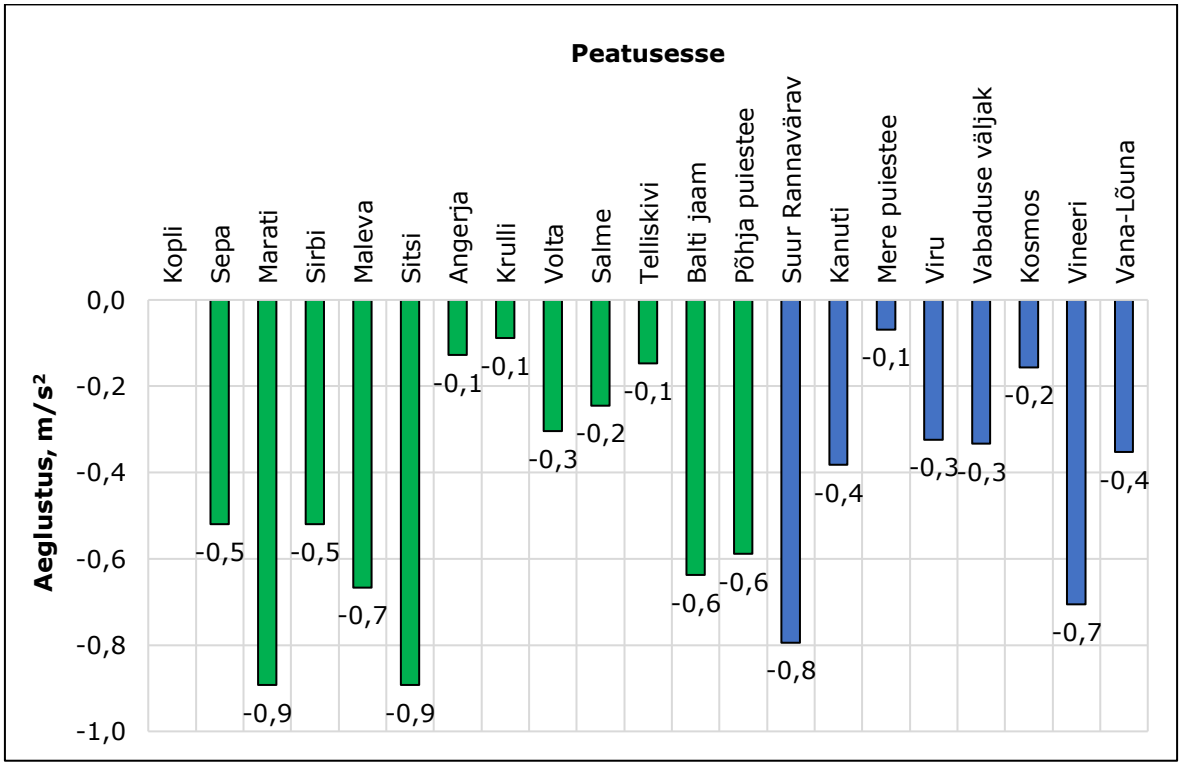
20–47 km/h ning nende keskmine 35 km/h. Põhja-Tallinnas jääb suurim kiirus 14–49 km/h vahele ning nende keskmine on 33 km/h.

Samas keskmised sõidukiirused peatuste vahel olid vahemikus 9–31 km/h ning nende keskmine oli 19 km/h. Kesklinnas keskmised kiirused peatuste vahel jäid vahemikku 10–24 km/h ning nende keskmine oli 18 km/h. Põhja-Tallinnas keskmised kiirused peatuste vahel olid vahemikus 9–31 km/h ja nende keskmine 20 km/h.

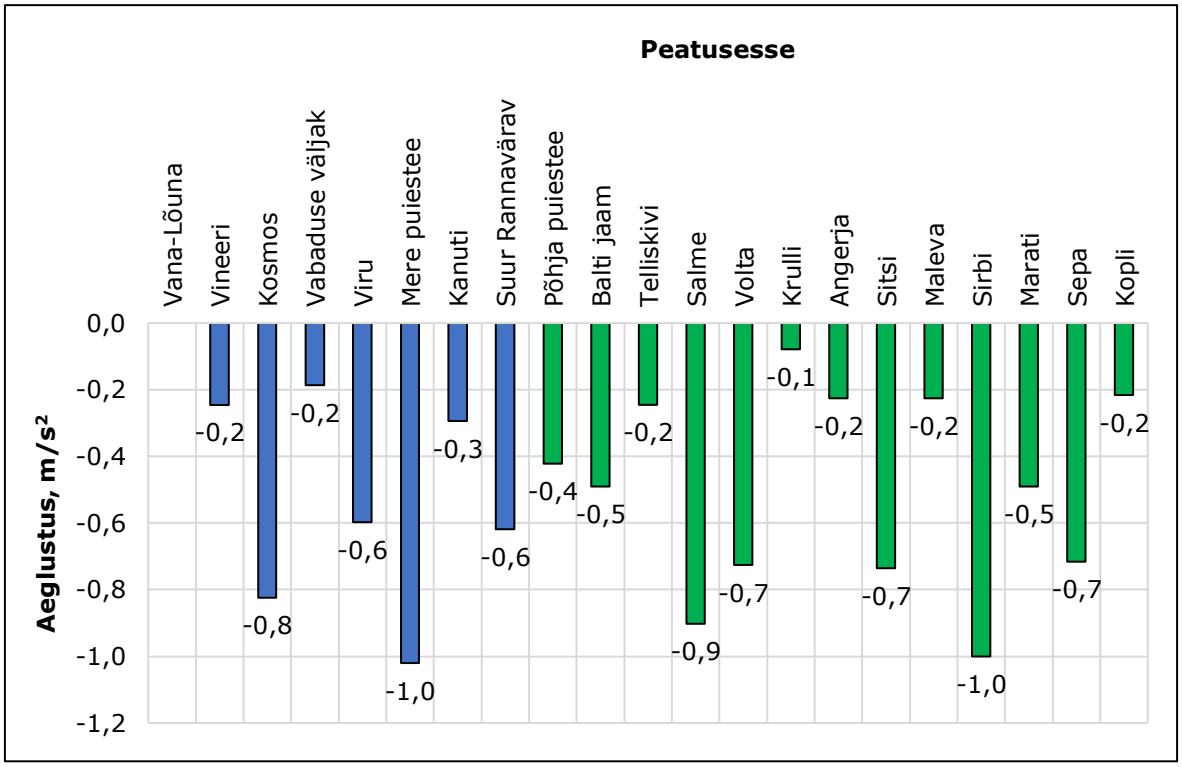
Koos foori taga seisakutega teeb see veoringi keskmiseks ühenduskiiruseks 18 km/h.

3.2.2 Aeglustus

Tramm on linnaliikluse kontekstis suur ja raske sõiduk, seetõttu teeb trammi juures väga oluliseks osaks tema liikumishoo aeglustamine ehk pidurdamine. Täpsem arusaam trammi aeglustusvõimekusest annab väärtuslikku sisend infot liikluskorralduse ja sõiduplaani planeerimisel. Aeglustust mõõdeti Kopli – Vana-Lõuna trammiliini peal ja selle tulemused välja toodud allolevates joonistel (Joonis 3.2.2.1, Joonis 3.2.2.2). Joonisel on kuvatud andmed trammi keskmisest aeglustust, kuni seisma jäämiseni peatuses.



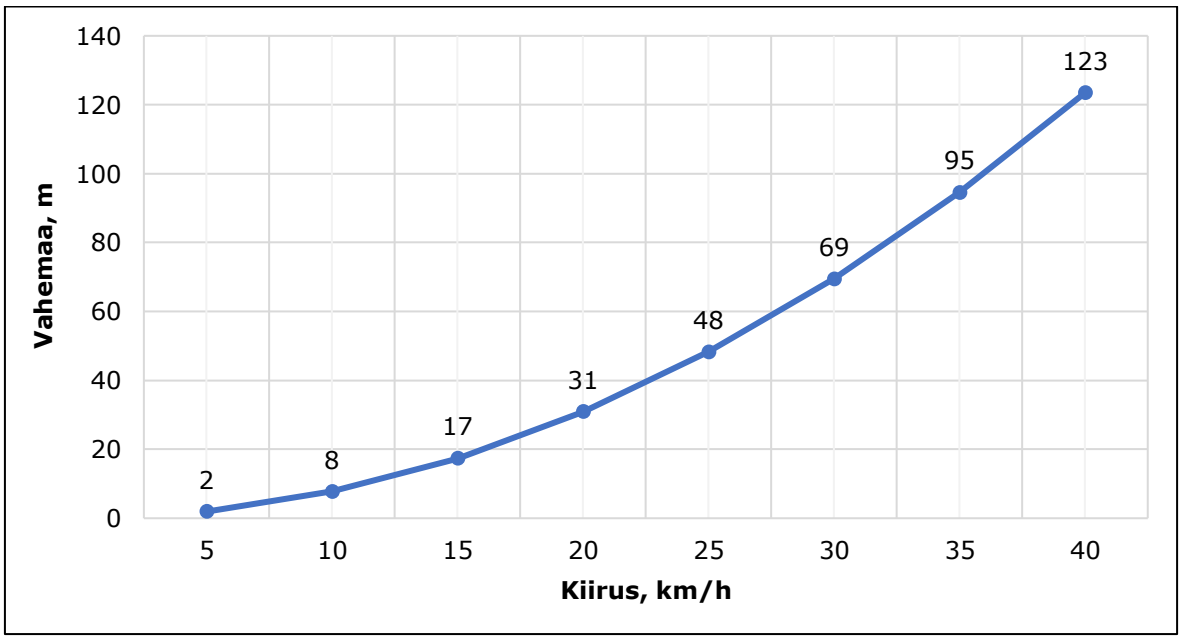
Joonis 3.2.2.1 Keskmine aeglustus peatuste vahelistel lõikudel, Kopli – Vana-Lõuna suund



Joonis 3.2.2.2 Keskmine aeglustus peatuste vahelistel lõikudel, Vana-Lõuna – Kopli suund

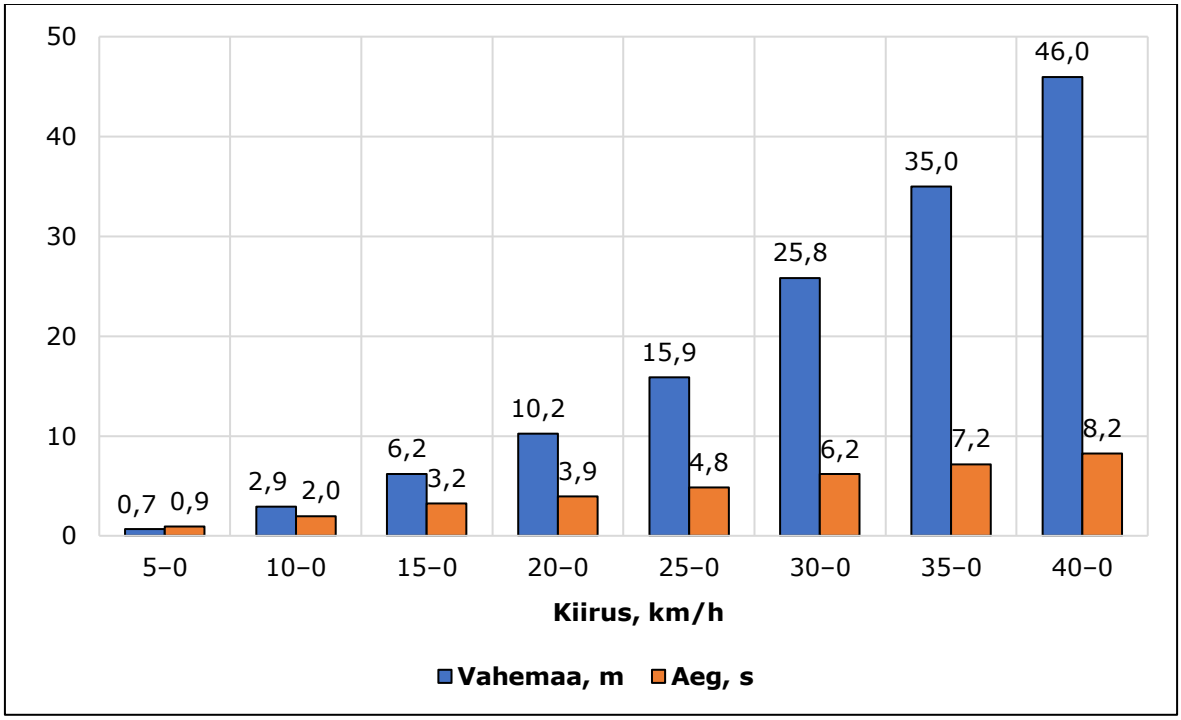
Ülaltoodud aeglustus andmed näitavad, et Kopli – Vana-Lõuna suunalisel trammil keskmine aeglustus jääb vahemikku 0,1–1,0 m/s^2 ja nende keskmine on -0,5 m/s^2. Sama väärtus oli nii Kesklinnas kui ka Põhja-Tallinnas.

Võttes arvesse, et keskmine aeglustus on -0,5 m/s2, siis saab selle põhjal arvutuslikult välja tuua trammi, eeldatava, pidurdusmaa erinevatelt kiirustelt (Joonis 3.2.2.3).



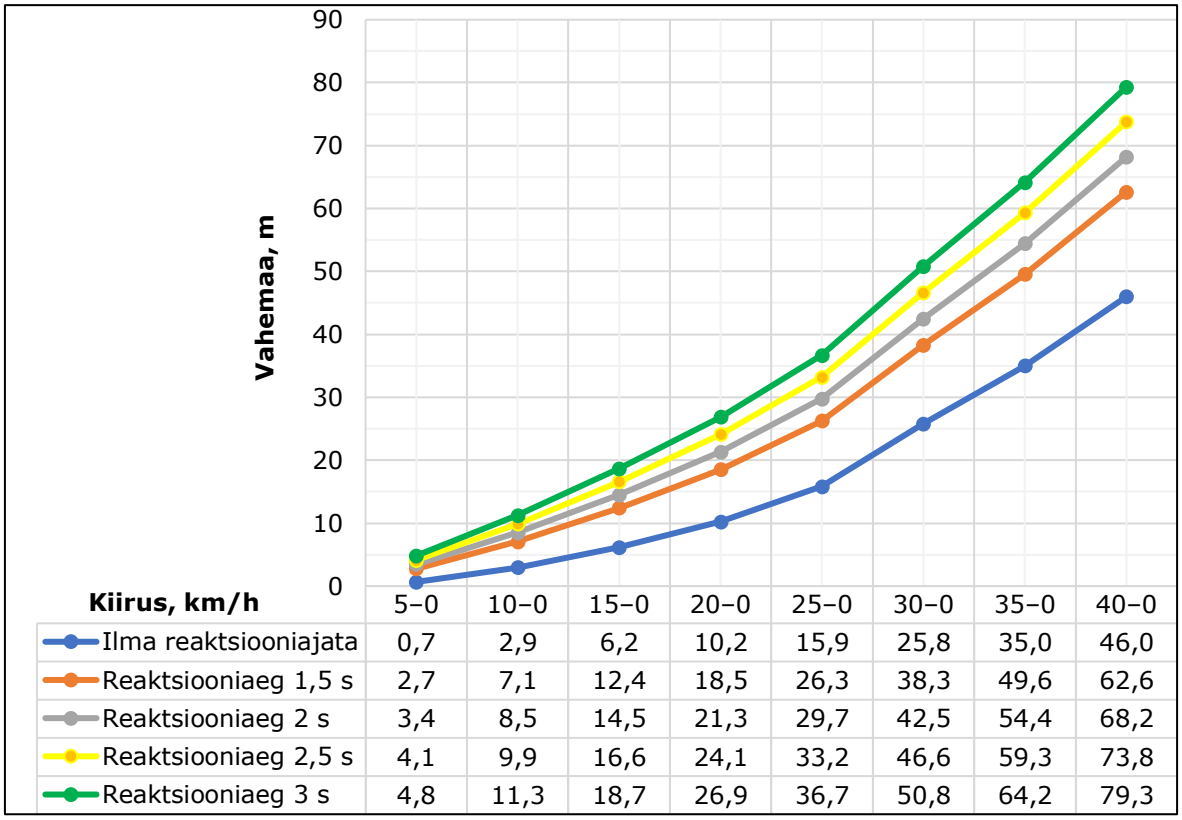
Joonis 3.2.2.3 Trammi teoreetiline pidurdusmaa aeglustusel -0,5 m/s^2

Lisaks mõõdeti ära trammil kulunud vahemaad alates pidurdamise hetkest, kuni seisma jäämiseni. Selleks rakendati üsna tugevat pidurdusjõudu, nagu väldiks kokkupõrget ees oleva objektiga, kuid mitte nii tugevat kui hädapidurduse režiim. Antud mõõtmist teostati ilma reisijateta ehk tühja trammiga. Saadud tulemused on väljatoodud alloleval joonisel (Joonis 3.2.2.4).



Joonis 3.2.2.4 Trammi dünaamilised parameetrid tugeva pidurduse korral (mitte hädapidurdus)

Ülaltoodud nö tugev pidurdustest toimus ettekavatsetud tingimustel, mis tähendab, et tulemustes ei ole arvestatud reaktsiooniajaga. Reaalses olukorras on reaktsiooniaeg oluline komponent pidurdusmaa juures. Alljärgnev joonis näitab kui palju muutub pidurdusmaa kui reaktsiooniaeg on 1,5 s (Joonis 3.2.2.5). Võrdluseks, 40 km/h liikuva sõiduauto peatumismaa kuival teel, koos reaktsiooniajaga 1,5 sekundit, on hinnanguliselt 27,7 m.



Kiirus, km/h	5–0	10–0	15–0	20–0	25–0	30–0	35–0	40–0
Ilma reaktsiooniajata	0,7	2,9	6,2	10,2	15,9	25,8	35,0	46,0
Reaktsiooniaeg 1,5 s	2,7	7,1	12,4	18,5	26,3	38,3	49,6	62,6
Reaktsiooniaeg 2 s	3,4	8,5	14,5	21,3	29,7	42,5	54,4	68,2
Reaktsiooniaeg 2,5 s	4,1	9,9	16,6	24,1	33,2	46,6	59,3	73,8
Reaktsiooniaeg 3 s	4,8	11,3	18,7	26,9	36,7	50,8	64,2	79,3

Joonis 3.2.2.5 Trammi peatumismaad tugeva pidurdusega

Antud mõõtmistööde tulemustest selgus:

- Keskmine kohalt kiirendus oli 2,2 m/s^2;
- Keskmine kiirendus oli 0,7 m/s^2;
- Keskmine sõidukiirus oli 19 km/h;
- Keskmine suurim kiirus oli 34 km/h;
- Kiirusel 30 km/h oli peatumismaa tugeva pidurduse korral 40 meetri juures.

3.3 Intervjuu

Intervjuu viidi läbi Tallinna Linnavalitsuse abilinnapea ja Tallinna Transpordiameti osakonnajuhiga. Intervjuust saadud vastused on seotud trammiteenuse hetke olukorraga ja tulevikuvaatega. Selgus, et trammijuhtide tööga liiklusohutuse tagamise mõttes ollakse rahul. Trammiliikluses ohtlikuks elemendiks peetakse inimesi, kes enda lõbuks salaja sõidavad trammi väliskülje detaili peal, mis on igati keelatud ja eluohtlik tegevus.

Trammi liikluskorralduslikus plaanis nähakse ühendusaja lühendamist fooride töös, nii et trammile tuleks sõitmist lubav signaal võimalikult kohe kui tramm läheb ristmikule.

Trammiteenuse lähiaja suuremad arengumõtted on seotud Kesklinnas Liivalaia tänavale trammitee ehitamine ja Põhja-Tallinnas trammitee ehitamine Pelguranda (vaata esimeses osas Joonis 1.1.3.1).

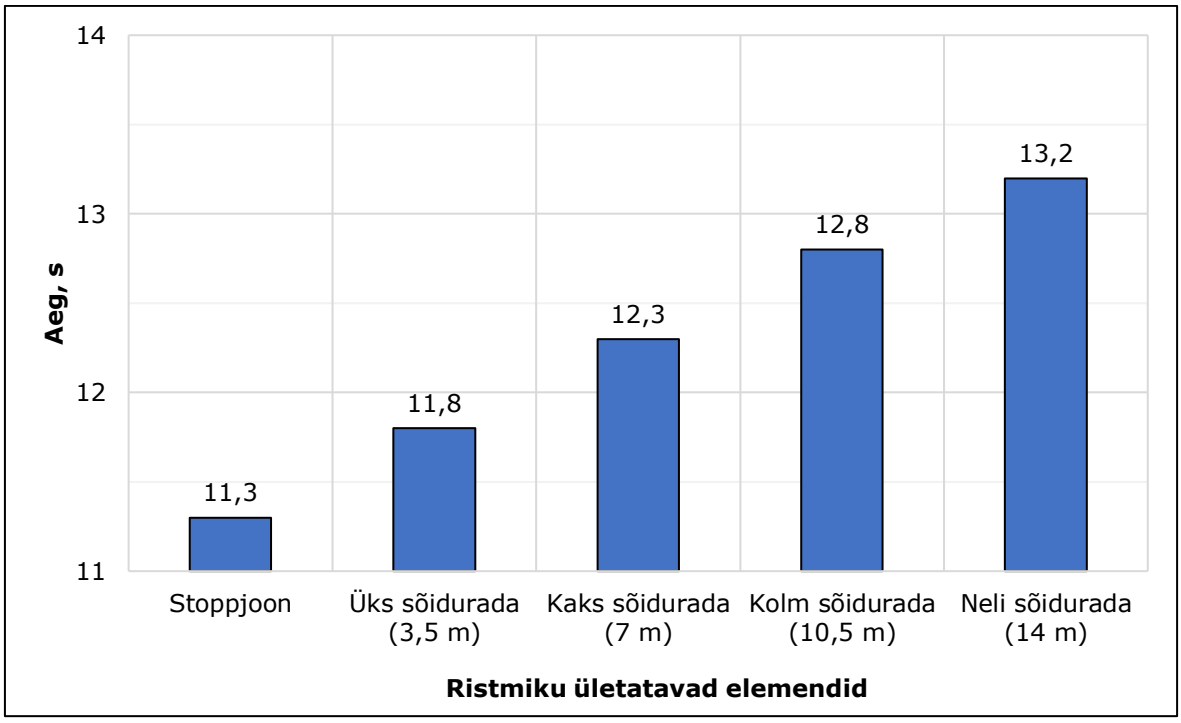
Intervjuu tulemused kinnitavad käesolevas töös tehtud üldisi järeldusi, et ühendusaja lühendamiseks on suurim potentsiaal adaptiivsel liikluskorraldusel.

3.4 Trammiliikluse dünaamilised parameetrid

3.4.1 Trammiliikluse dünaamilised parameetrid fooride töö projekteerimisel

Linnaliikluse korraldusel on oluline roll foorisüsteemide tööl. Paraku ei sisalda täna kasutusel olevad praktikad ega regulatsioonid trammiliikluse spetsiifilisi parameetreid. Üheks käesoleva töö eesmärgiks oli määrata fooriprogrammide koostamisel kasutatavat trammi dünaamilisi parameetreid – kiirendus, kiirus, pidurdusmaa ja reaktsiooniaeg, mis määravad mõned olulised foori tööparameetreid, nt minimaalne roheline aeg või kaitseaja pikkus.

Alloleval joonisel (Joonis 3.4.1.1) on arvutuslikult väljatoodud kui palju kulub 30 meetri pikkusel trammil täielikult ristmiku ületamiseks aega ning seda kohalt startides koos reaktsiooniajaga 2 sekundit ja kiirendusega 0,7 m/s^2.



Joonis 3.4.1.1 Trammil täielikult ristmiku ületamiseks kuluv aeg, kohalt startides

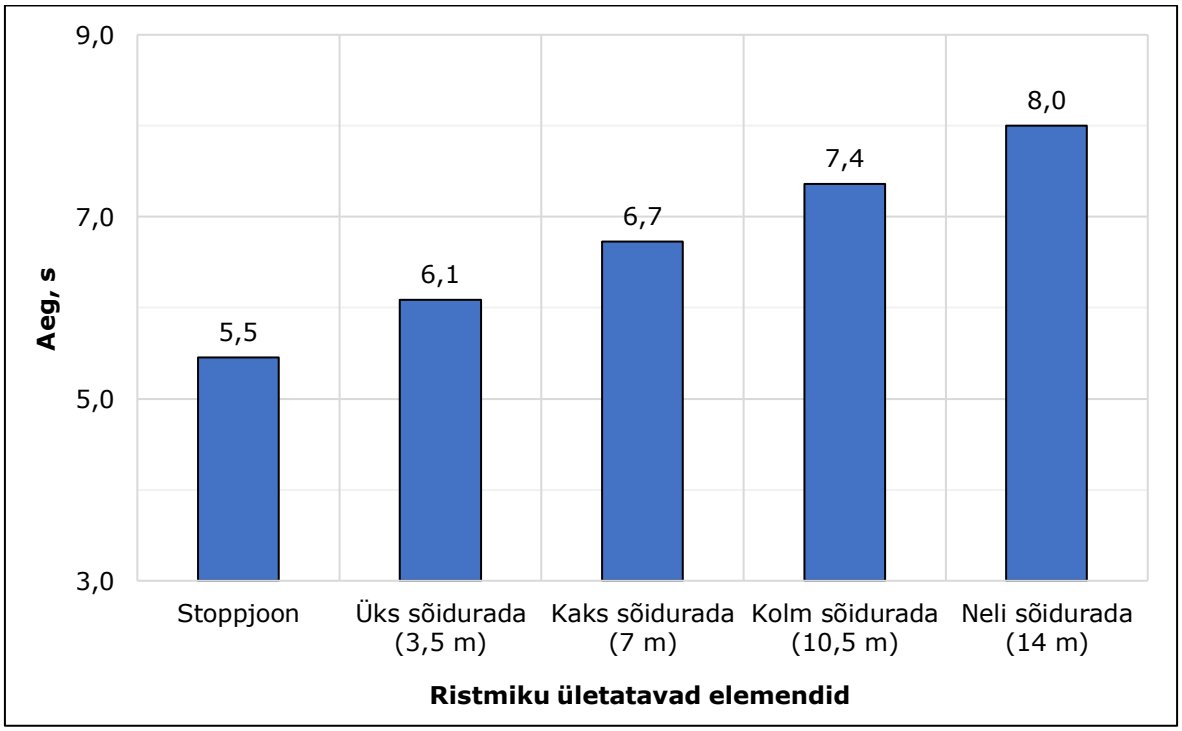
Kui ülaltoodud näitesse lisada veel 4 sekundiline kaitseaeg, siis sellega koos oleks trammi takt olenevalt ristmikust suurusest 16–18 sekundit.

Arvutamisel kasutati valemit (3.4.1.1)

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} \qquad (3.4.1.1)$$

kus t – aeg;
s – teepikkus;
a – kiirendus.

Järgmisel joonisel (Joonis 3.4.1.2) on samamoodi arvutuslikult väljatoodud 30 meetrisel trammil ristmiku ületamiseks kuluv aeg, aga seekord saabumis- ja lahkumiskiirusel 20 km/h.



Joonis 3.4.1.2 Trammil täielikult ristmiku ületamiseks kuluv aeg saabumis- ja lahkumiskiirusega 20 km/h

Kui ülaltoodud näitele lisada juurde veel 3 sekundit trammifooris põlevat rohelist tuld enne kui tramm jõuab stoppjoone juurde ja 4 sekundit kaitseaega, siis teeb see pea 2 sekundit pikema takti kui on eelneval näitel (vaata Joonis 3.4.1.1).

Arvutamisel kasutati valemit (3.4.1.2)

$$t = \frac{s}{v} \tag{3.4.1.2}$$

kus t – aeg;
s – teepikkus;
v – kiirus.

Mõlema näite põhjal saab trammifoori tööd kirjeldada järgmiselt. Olenemata kas tramm läheneb ristmikule sõiduhooga või alustab liikumist ristmiku ees stoppjoonelt, on mõlemal juhul fooritakti ajakulud ligilähedased. Siinkohal on adaptiivne foorlahendus parem, kuna arvestab trammiveo nõudlusega reaalajas, pakub ühtlasemat sõitu ning kui trammil foori taga ooteaega ei ole, siis tõenäoliselt tõhustab ühendusi.

3.4.2 Trammiliikluse dünaamilised parameetrid trammiveo korraldamisel

Arengukava „Tallinn 2035" näeb ette trammil ühenduskiiruse tõstmist 23 km/h peale. Allolevas tabelis (Tabel 1.1.2.1Tabel 3.4.2.1) on kujutatud kuidas seda saaks teha peatuste vahelistel lõikudel. Antud näite juures tuli välja, et kui peatuste vaheline kaugus on 400 m, siis peab sõidukiirus olema 30 km/h, et saavutada soovitud ühenduskiirus 23 km/h.

Tabel 3.4.2.1 Tingimused ühenduskiiruse 23 km/h saavutamiseks

Parameetrid	Kiirendus	0,7	m/s^2
	Aeglustus	0,5	m/s^2
	Suurim kiirus	30 (8,3)	km/h (m/s)
	Peatuste vaheline kaugus	400	m
Tulemused		Ajakulu, s	Teepikkus, m
	Kiirendusel	11,9	49,6
	Aeglustusel	16,7	69,4
	Kokku	28,6	119,0
	Ühtlasel kiirusel	33,7	281,0
	Kokku	62	400
	Keskmine ühenduskiirus	23 (6,4)	km/h (m/s)

Järgmises allolevas tabelis (Tabel 3.4.2.2) on näidatud erinevate vahemaade ja sõidukiiruste poolt moodustatud keskmine ühenduskiirus.

Tabel 3.4.2.2 Ühenduskiiruste tingimuslik võrdlus. Kiirendus 0,7 m/s^2 ja aeglustus 0,5 m/s^2

Peatuste vahemaa, m	Sõidukiirus, km/h	Keskmine ühenduskiirus, km/h
100	34	13
150	40	17
200	45	19
300	50	24
400	50	27
500	50	30
600	50	32
700	50	34
800	50	35

3.5 Järeldused ja ettepanekud

Arvestades statistika pikka ajaperioodi, võib öelda, et surmaga lõppenud trammi ja jalakäija kokkupõrked Tallinnas on harva juhtuvad. Reisijate peamiste vigastuste põhjusteks võib lugeda järsk kiiruse muutu, kas pidurdus või kiirendus, mis põhjustavad inimesele tasakaalu kaotust ja kukkumist. Trammi ja teise sõiduki liiklusõnnetuste analüüs näitab järgmisi olukorda:

- 75% õnnetustest toimuvad Kesklinnas;
- Õnnetusi juhtub sagedamini sügis-talvisel perioodil;
- Argipäevadel toimub kaks korda rohkem õnnetusi kui nädalavahetustel;
- Kellaajaliselt on kõige ohtlikum päevane aeg kell 09:31–15:59. Seejuures 33,4% õnnetustest Kesklinnas;
- Üle poolte liiklusõnnetustest toimub ristmikel;
- Suurima õnnetuste kontsentratsiooniga on Narva mnt, Pärnu mnt ja Tartu mnt teelõigud Kesklinnas ning teiseks Sikupilli, Kitseküla ja Kalamaja asumid.

Uuringu käigus mõõdeti trammi dünaamilisi parameetreid, mis saab osana võtta aluseks liiklusohutuse ja sõiduplaanide planeerimisel:

- Trammipeatuste keskmine vahemaa on umbes 400 m;
- Peatuste vahelisel lõigul 2/3 teest kulub trammil kiirendamiseks ja aeglustamiseks;
- Trammi seisult kiirendus keskmiselt 2,2 m/s²;
- Peatuste vaheline keskmine kiirendus on 0,7 m/s²;
- Suurim sõidukiirus on keskmiselt 34 km/h;
- Peatuste vaheline keskmine sõidukiirus on 19 km/h;
- Trammi keskmine ühenduskiirus (koos seisakutega) on 18 km/h;
- Keskmine aeglustus on -0,5 m/s²;
- Tugeval pidurdusel peatub tramm kiiruselt 40 km/h umbes 60 meetri jooksul;

Töö põhjal soovitatakse trammitee märgatavust täiustada teiste liiklejate jaoks, eriti ristmikel ja piirkondades kus liiklusõnnetuste kontsentratsioon on suur. Samuti suurendada kaasliiklejate teadlikkust trammiohtudest nagu pikk peatumistee. Jälgida trammiteel liiklusõnnetuste trende, et tagada õigeaegne reageering. Seejuures õnnetuste ennetamiseks teha liikluskorralduslikke täiendusi tervele riskikohale.

Sõiduplaanide koostamisel arvestada trammi kiirendus ja aeglustusega 0,6 m/s^2. Peatuste vahelistel lõikudele vahemaaga kuni 400 m, kehtestada suurim sõidukiirus 25–30 km/h, seda nii liiklusohutuse ja sõidumugavuse tõstmiseks ning ristmikel foori tööaegade programmeerimiseks.

Ülaltoodud andmete põhjal saab järeldada, et trammiveo ühendusaeg sõltub põhiliselt peatumiste ajakulust ja liikluskorralduslikest lahendustest. Seega ühendusaja lühendamiseks tuleb keskenduda peatumiste ajakulu optimeerimisele. Selleks tuleb ristmikele rakendada adaptiivsed foorid ning ülekäigurajad reguleerida fooridega, et vähendada viivitusi ja suurendada ohutust.

Lisaks vältida liikluslahendusi, kus teised sõidukid liiguvad trammiteel. Seejuures eriti vältida vasak pöörde võimalust trammiteel, et vähendada liiklusriske ja hoida ühendusaegu plaanipäraselt. Trammi- ja bussiveol ühiste peatuste tegemisel, tuleb hoolikalt kavandada sõiduplaanid ning arvestada hilinemistega, et vältida mõlema transpordi kokku jooksmist, mis võib põhjustada viivitusi ja sõiduplaanist kõrvalekaldeid.

Uute trammiliinide planeerimisel, tuleb hoolikalt planeerida peatuste asukohad, et tagada hea ligipääsetavus, tõhus ühenduskiirus ja kõrge liiklusohutus.

Sõidukiiruse tõstmine peatuse vahel ei pruugi anda soovitud tulemust, kui vahemaad pole piisavalt pikad ja liiklusohutus vastav. Sõidukiiruse tõstmine üle 30 km/h on mõistlik kui peatuste vahemaa on enam kui 500 m.

KOKKUVÕTE

Käesolev uurimistöö keskendus Tallinna trammiliikluse ohutuse analüüsimisele, tuginedes statistilistele andmetele ja teostatud mõõtmistele. Uuring hõlmas trammi ja jalakäijate vahelisi liiklusõnnetusi, trammireisijate vigastusi, trammi ja auto vahelisi liiklusõnnetusi ning trammi dünaamilisi parameetreid nagu kiirendus, kiirus ja aeglustus.

Uuringu tulemustest selgus, et viimase 17 aasta jooksul on Tallinnas toimunud kolm surmaga lõppenud liiklusõnnetust trammi ja jalakäija vahel, mis kõik leidsid aset trammipeatuses või selle vahetus läheduses. Trammireisijate vigastusi esineb keskmiselt kolmel juhul aastas, mis arvestades ligi 20 miljonit trammisõitu aastas, on madal näitaja.

Analüüsist ilmnes, et trammi osalusel toimub keskmiselt 44 liiklusõnnetust aastas, millest 25% juhtudel on vastutavaks pooleks tramm. Märkimisväärne on, et 75% kõigist liiklusõnnetustest toimub Kesklinnas, peamiselt Narva mnt, Pärnu mnt ja Tartu mnt lõikudel. Liiklusõnnetusi juhtub sagedamini argipäevadel, päevasel ajal ning sügis-talvisel perioodil. Üle poole liiklusõnnetustest leiab aset ristmikel.

Trammi dünaamiliste parameetrite mõõtmistel tuvastati, et trammi keskmine kiirendus peatustest väljumisel ehk kohalt minek on 2,2 m/s², keskmine sõidukiirus peatuste vahel on 19 km/h ning keskmine aeglustus -0,5 m/s². Arvestades koos reaktsiooniajaga, on trammi peatumisteekond märkimisväärselt pikem kui sõiduautol.

Töö tulemusel on välja pakutud mitmeid meetmeid trammi liiklusohutuse parandamiseks, sealhulgas trammipeatuste ohutuse suurendamine, autojuhtide ja jalakäijate teadlikkuse tõstmine, taristu täiustamine ning kaasaegse ohutustehnika kasutamine. Erilist tähelepanu tuleks pöörata Kesklinna piirkonnale, kus toimub suurem osa liiklusõnnetustest.

SUMMARY

This research focused on analyzing the safety of tram traffic in the city of Tallinn, based on statistical data and measurements performed. The study covered accidents between trams and pedestrians, injuries to tram passengers, traffic accidents between tram and car, and the dynamic parameters of trams such as acceleration, speed, and deceleration.

The results revealed that over the past 17 years, there were three fatal accidents between trams and pedestrians have occurred in Tallinn, all of which took place at or very near tram stops. Injuries to tram passengers average three cases per year, which considering nearly 20 million tram journeys annually, is a low figure.

The analysis showed that an average of 44 traffic accidents involving trams occur each year, with trams being responsible in only 25% of cases. Notably, 75% of all accidents occur in the City Center, mainly along street sections of Narva Road, Pärnu Road, and Tartu Road. Accidents happen more frequently on weekdays, during daytime hours, and in the autumn-winter period. Over half of the accidents take place at intersections.

Measurements of tram dynamic parameters identified that the average acceleration when departing from stops is 2.2 m/s^2, the average travel speed between stops is 19 km/h, and the average deceleration is -0.5 m/s^2. Taking drivers reaction time into account, a tram's stopping distance is significantly longer than that of a car.

As a result of this work, several measures have been proposed to improve tram traffic safety, including enhancing the safety of tram stops, raising awareness among drivers and passengers, improving infrastructure and adopting modern technical solutions. Special attention should be paid to the City Center area, where most accidents occur.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

[1] Aktsiaselts Tallinna Linnatransport, „Aksiaselts Tallinna Linnatransport majandusaasta aruanded 2019-2023," [Võrgumaterjal]. Available: https://ariregister.rik.ee/est/company/10312960/Aktsiaselts-Tallinna-Linnatransport. [Kasutatud veebruar 2025].

[2] M. Koning, P. Kopp ja R. Prud'homme, „Substituting a Tramway to a Bus Line in Paris: Costs and Benefits," august 2011. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/227427432_Substituting_a_tramway_to_a_bus_line_in_Paris_Costs_and_benefits. [Kasutatud veebruar 2025].

[3] Tallinna Transpordiamet, „Tallinna ühistranspordi sõiduplaanid," [Võrgumaterjal]. Available: https://transport.tallinn.ee/#/ee. [Kasutatud veebruar 2025].

[4] M. Jüssi, „Säästev transpordipoliitika. Juhendmaterjal arengukavade ja planeeringute koostajatele," detsember 2004. [Võrgumaterjal]. Available: https://roheline.ee/saastev-transpordipoliitika-juhendmaterjal-arengukavade-ja-planeeringute-koostajatele/. [Kasutatud veebruar 2025].

[5] Majandus- ja kommunikatsiooniminister, „Liiklusmärkide ja teemärgiste tähendused ning nõuded fooridele," [Võrgumaterjal]. Available: https://www.riigiteataja.ee/akt/126112024009. [Kasutatud märts 2025].

[6] AS Tallinna Sadam, „AS Tallinna Sadam majandusaasta aruanded 2013-2024," [Võrgumaterjal]. Available: https://ariregister.rik.ee/est/company/10137319/aktsiaselts-TALLINNA-SADAM?search_id=fc0af9d&pos=1. [Kasutatud veebruar 2025].

[7] AS Tallinna Lennujaam, „AS Tallinna Lennujaama majandusaasta aruanded 2014-2024," [Võrgumaterjal]. Available: https://ariregister.rik.ee/est/company/10349560/Aktsiaselts-Tallinna-Lennujaam?search_id=1d80c2c&pos=1. [Kasutatud veebruar 2025].

[8] Maa- ja Ruumiamet, „Geoportaal," [Võrgumaterjal]. Available: https://geoportaal.maaamet.ee/. [Kasutatud veebruar 2025].

[9] „Linnatänavad. EVS 843:2016," aprill 2016. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.evs.ee/et/evs-843-2016. [Kasutatud märts 2025].

[10] M. Guerrieri, „Catenary-Free Tramway Systems: Functional and Cost–Benefit Analysis for a Metropolitan Area," november 2019. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/337478683_Catenary-Free_Tramway_Systems_Functional_and_Cost-Benefit_Analysis_for_a_Metropolitan_Area. [Kasutatud märts 2025].

[11] Tallinna Transpordiamet, „Tallinna trammi sõiduplaanid," [Võrgumaterjal]. Available: https://transport.tallinn.ee/#tram. [Kasutatud veebruar 2025].

[12] Turu-uuringute AS, „Avaliku arvamuse uuringud 2020-2024. Aktsiaselts Tallinna Linnatransport.," [Võrgumaterjal]. Available: https://www.tlt.ee/ettevottest/avaliku-arvamuse-uuringud/. [Kasutatud veebruar 2025].

[13] Tallinna linnavalitsus, „Tallinna linna arengukava "Tallinna 2035"," [Võrgumaterjal]. Available: https://www.tallinn.ee/et/media/307723. [Kasutatud märts 2025].

[14] Riigi Teataja, „Tallinna eelarvestrateegia ja arengustrateegia „Tallinn 2035" rakenduskava aastateks 2025–2028," 01 jaanuar 2025. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/4161/0202/4001/Lisa2_rakenduskava_uus.pdf#. [Kasutatud märts 2025].

[15] Aktsiaselts Tallinna Linnatransport, „Lennujaama trammi paralleeltee projekteerimine ja ehitamine," 21 veebruar 2025. [Võrgumaterjal]. Available: https://riigihanked.riik.ee/rhr-web/#/procurement/8438404/general-info. [Kasutatud märts 2025].

[16] Arengukava Tallinn 2035 , „Linnaosade tuleviku kaart," [Võrgumaterjal]. Available: https://strateegia.tallinn.ee/linnaosade-tuleviku-kaart/. [Kasutatud märts 2025].

[17] M. Guerrieri, „Catenary-Free Tramway Systems: Functional and Cost–Benefit Analysis for a Metropolitan Area," november 2019. [Võrgumaterjal]. Available: https://link.springer.com/article/10.1007/s40864-019-00118-y. [Kasutatud märts 2025].

[18] Civitta Eesti AS, OÜ Hendrikson & Ko, Osaühing Stratum, „Tallinna ja Harjumaa kergrööbastranspordi teostatavus- ja tasuvusanalüüs," november 2019. [Võrgumaterjal]. Available: https://hol.ee/storage/_core/krt-l6ppraport.pdf. [Kasutatud märts 2025].

[19] R. Prud'homme, M. Koning ja P. Kopp, „Substituting a Tramway to a Bus Line in Paris: Costs and Benefits," august 2011. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/227427432_Substituting_a_tramway_to_a_bus_line_in_Paris_Costs_and_benefits. [Kasutatud märts 2025].

[20] R. Elvik, „Risk of non-collision injuries to public transport passengers: Synthesis of evidence from eleven studies," juuni 2019. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/345461196_Risk_of_non-

collision_injuries_to_public_transport_passengers_Synthesis_of_evidence_from_eleven_studies. [Kasutatud märts 2025].

[21] COST - European Cooperation in Science and Technology, „Operation and safety of tramways in interaction with public space. Analysis and outcomes detailed report," september 2015. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.cerema.fr/system/files/documents/2019/04/tu1103_report_red.pdf. [Kasutatud märts 2025].

[22] P. Soczówka ja R. Żochowska, „Interactions between tram passengers and road vehicles at tram stops - a pilot study," september 2020. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/344812691_Interactions_between_tram_passengers_and_road_vehicles_at_tram_stops_-_a_pilot_study. [Kasutatud märts 2025].

[23] B. Hou, Y. Cao, D. Lv ja S. Zhao, „Transit-Based Evacuation for Urban Rail Transit Line Emergency," mai 2020. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/341308061_Transit-Based_Evacuation_for_Urban_Rail_Transit_Line_Emergency. [Kasutatud märts 2025].

[24] C. Lackner, P. Heinzl, M. Rizzi, C. Leo, M. Schachner, P. Pokorny, P. Klager, D. Buetzer, R. Elvik, A. Linder ja C. Klug, „Tram to Pedestrian Collisions - Priorities and Potentials," juuni 2022. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud märts 2025].

[25] R. Żochowska, M. Kłos ja P. Soczówka, „The analysis of traffic safety on the intersections of roadways and tram tracks," märts 2021. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/350655192_The_analysis_of_traffic_safety_on_the_intersections_of_roadways_and_tram_tracks. [Kasutatud märts 2025].

[26] F. Lopot, L. Tomsovsky, F. Marsík ja J. Masek, „Pedestrian Safety in Frontal Tram Collision, Part 1: Historical Overview and Experimental-Data-Based Biomechanical Study of Head Clashing in Frontal and Side Impacts," oktoober 2023. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/375105436_Pedestrian_Safety_in_Frontal_Tram_Collision_Part_1_Historical_Overview_and_Experimental-Data-Based_Biomechanical_Study_of_Head_Clashing_in_Frontal_and_Side_Impacts. [Kasutatud märts 2025].

[27] R. Mikulec, S. Tokař ja M. Semela, „Case study of vehicle side crashes with trams," mai 2018. [Võrgumaterjal]. Available:

https://www.researchgate.net/publication/325656084_Case_study_of_vehicle_side_crashes_with_trams. [Kasutatud märts 2025].

[28] F. Schneider, P. Kaiser, A. Kuhl, L. Dankl, A. Runer ja R. Arora, „Cyclist Injuries from Tram Track Incidents: A Retrospective 10-Year Analysis," oktoober 2023. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/375074668_Cyclist_Injuries_from_Tram_Track_Incidents_A_Retrospective_10-Year_Analysis.

[29] P. Leune, E. Steen, P. Paepe ja C. Lyphout, „An overview of tram tracks related cycling injuries in Ghent, Belgium," märts 2021. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/350026256_An_overview_of_tram_tracks_related_cycling_injuries_in_Ghent_Belgium. [Kasutatud märts 2025].

[30] N. Shao, „Enhancing Tram Safety in Mixed-Traffic Systems: A Case Study of Melbournes Tram Collision Factors and Improvement Strategies," oktoober 2024. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/385333312_Enhancing_Tram_Safety_in_Mixed-Traffic_Systems_A_Case_Study_of_Melbournes_Tram_Collision_Factors_and_Improvement_Strategies. [Kasutatud märts 2025].

[31] Eesti Liikluskindlustuse Fond, „Liiklusõnnetuste kaart. Kindlustusjuhtumid 2020–2024," [Võrgumaterjal]. Available: https://kaart.lkf.ee/. [Kasutatud veebruar 2025].

[32] Statistikaamet, „RV0240: Rahvastik soo, vanuse ja elukoha järgi, 1. JAANUAR," [Võrgumaterjal]. Available: https://andmed.stat.ee/et/stat/rahvastik__rahvastikunaitajad-ja-koosseis__rahvaarv-ja-rahvastiku-koosseis/RV0240/table/tableViewLayout1. [Kasutatud veebruar 2025].

[33] L. Aarts ja I. Schagen, „Driving speed and the risk of road crashes: A review," aprill 2006. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/7509907_Driving_speed_and_the_risk_of_road_crashes_A_review. [Kasutatud märts 2025].

[34] S. Gaca ja L. Franek, „Pedestrian fatality risk as a function of tram impact speed," november 2021. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/356408538_Pedestrian_fatality_risk_as_a_function_of_tram_impact_speed. [Kasutatud märts 2025].

[35] Q. Hussain, H. Feng, R. Grzebieta, T. Brijs ja J. Olivier, „The relationship between impact speed and the probability of pedestrian fatality during a vehicle-pedestrian

crash: A systematic review and meta-analysis," august 2019. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457519301058. [Kasutatud aprill 2025].

[36] J. Yang, „Review of Injury Biomechanics in Car-Pedestrian Collisions," jaanuar 2005. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/245527461_Review_of_Injury_Biomechanics_in_Car-Pedestrian_Collisions. [Kasutatud aprill 2025].

[37] E. Khata, A. Kiroe ja O. Calvine, „Analysis of Impact Energy as a Basis of Collision Severity in Vehicle Accidents," august 2019. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/338429007_Analysis_of_Impact_Energy_as_a_Basis_of_Collision_Severity_in_Vehicle_Accidents. [Kasutatud aprill 2025].

[38] J. Martin ja D. Wu, „Pedestrian fatality and impact speed squared: Cloglog modeling from French national data," mai 2017. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/317251055_Pedestrian_fatality_and_impact_speed_squared_Cloglog_modeling_from_French_national_data. [Kasutatud märts 2025].

[39] K. Pietrzak ja O. Pietrzak, „Tram System as a Challenge for Smart and Sustainable Urban Public Transport: Effects of Applying Bi-Directional Trams," august 2022. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/362491242_Tram_System_as_a_Challenge_for_Smart_and_Sustainable_Urban_Public_Transport_Effects_of_Applying_Bi-Directional_Trams. [Kasutatud aprill 2025].

[40] N. Assefa, M. Carra, R. Ventura, A. Richiedei ja B. Barabino, „Assessing Tram-Train feasibility via multicriteria approach: The case of Brescia (Italy)," august 2024. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/383294780_Assessing_Tram-Train_feasibility_via_multicriteria_approach_The_case_of_Brescia_Italy. [Kasutatud aprill 2025].

[41] M. Khelf, S. Boukebbab ja N. Bhouri, „The Effect of Tram Management on Road Traffic Fluidity and its Influence on Drivers Behaviors at a Critical Junction in Algeria," november 2023. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/371609101_THE_EFFECT_OF_TRAM_MANAGEMENT_ON_ROAD_TRAFFIC_FLUIDITY_AND_ITS_INFLUENCE_ON_DRIVERS'_BEHAVIORS_AT_A_CRITICAL_JUNCTION_IN_ALGERIA. [Kasutatud märts 2025].

[42] I. Méndez-Manjón ja P. Lozano, „The role of tramway systems in shaping urban growth: a historical GIS study of four Spanish cities," veebruar 2025. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/388812246_The_role_of_tramway_systems_in_shaping_urban_growth_a_historical_GIS_study_of_four_Spanish_cities. [Kasutatud aprill 2025].

[43] J. Onninen, T. Hakola, S. Puttonen ja A. Tolvanen, „Sleep and sleepiness in shift-working tram drivers," oktoober 2020. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/342227380_Sleep_and_sleepiness_in_shift-working_tram_drivers. [Kasutatud aprill 2025].

[44] J. Fivella, „Racelogic VBOX Sport," september 2014. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.racingjunk.com/news/racelogic-vbox-sport/. [Kasutatud aprill 2025].

[45] S. Hirsjärvi, P. Remes ja P. Sajavaara, Uuri ja kirjuta, Helsingi, 2004.

[46] B. Graaf ja W. Weperen, „The Retention of Blance: An Exploratory Study into the Limits of Acceleration the Human Body Can Withstand without Losing Equilibrium," märts 1997. [Võrgumaterjal]. Available: https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1518/001872097778940614. [Kasutatud märts 2025].

[47] J. Žerlitsõn, „Trammiliikluse ja ohutustaseme paranduse võimalused Tallinna linna näitel," Tallinna Tehnikakõrgkool, Tallinn, 2022.

[48] Politsei- ja Piirivalveamet, „Liiklusinfo 2018-2025," aprill 2025. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.politsei.ee/et/uudised/liiklusinfo. [Kasutatud aprill 2025].

[49] Eesti Liikluskindlustuse Fond, „Trammi osalusel toimunud liikluskindlustusjuhtumid aastatel 2014-2024," 2025.

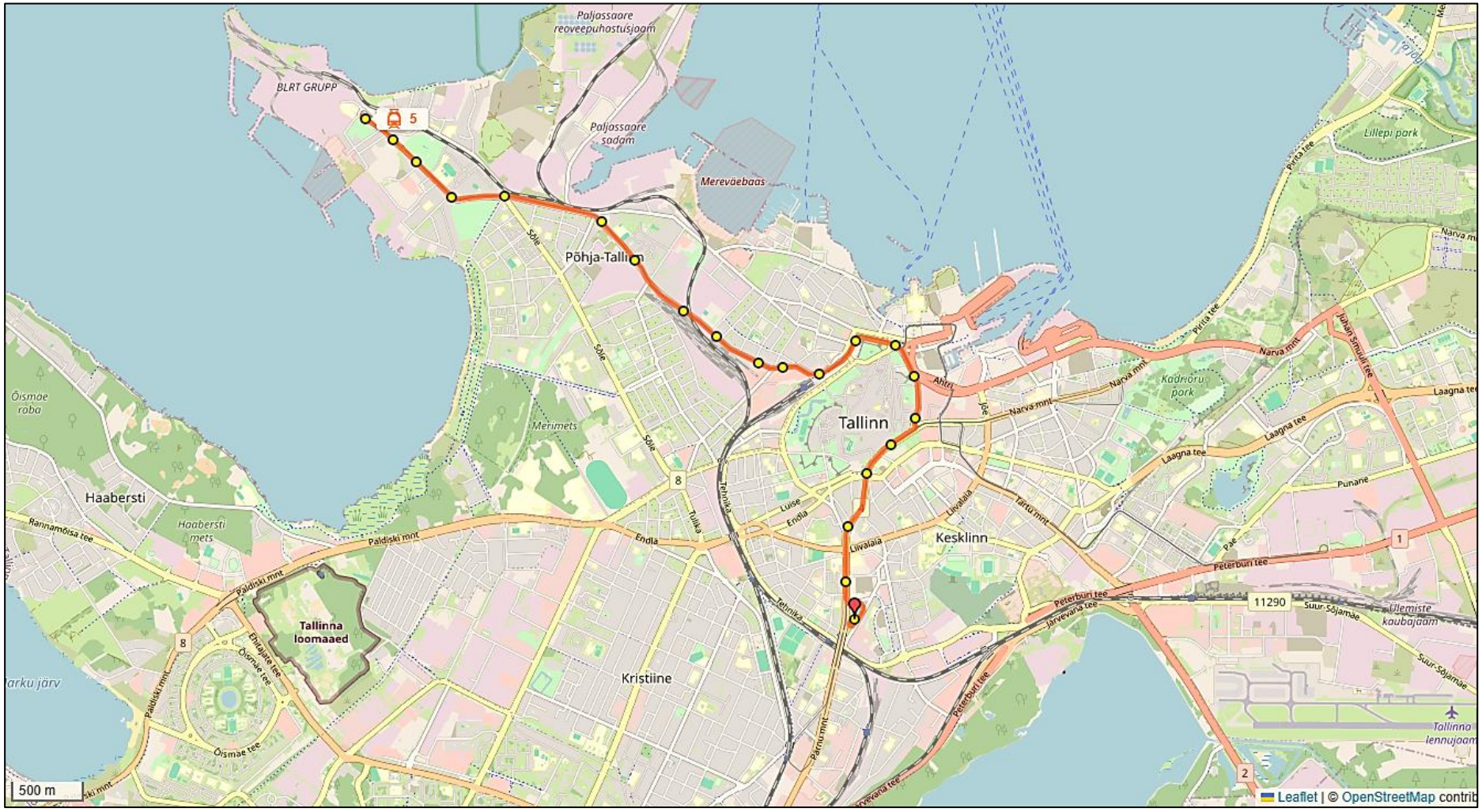
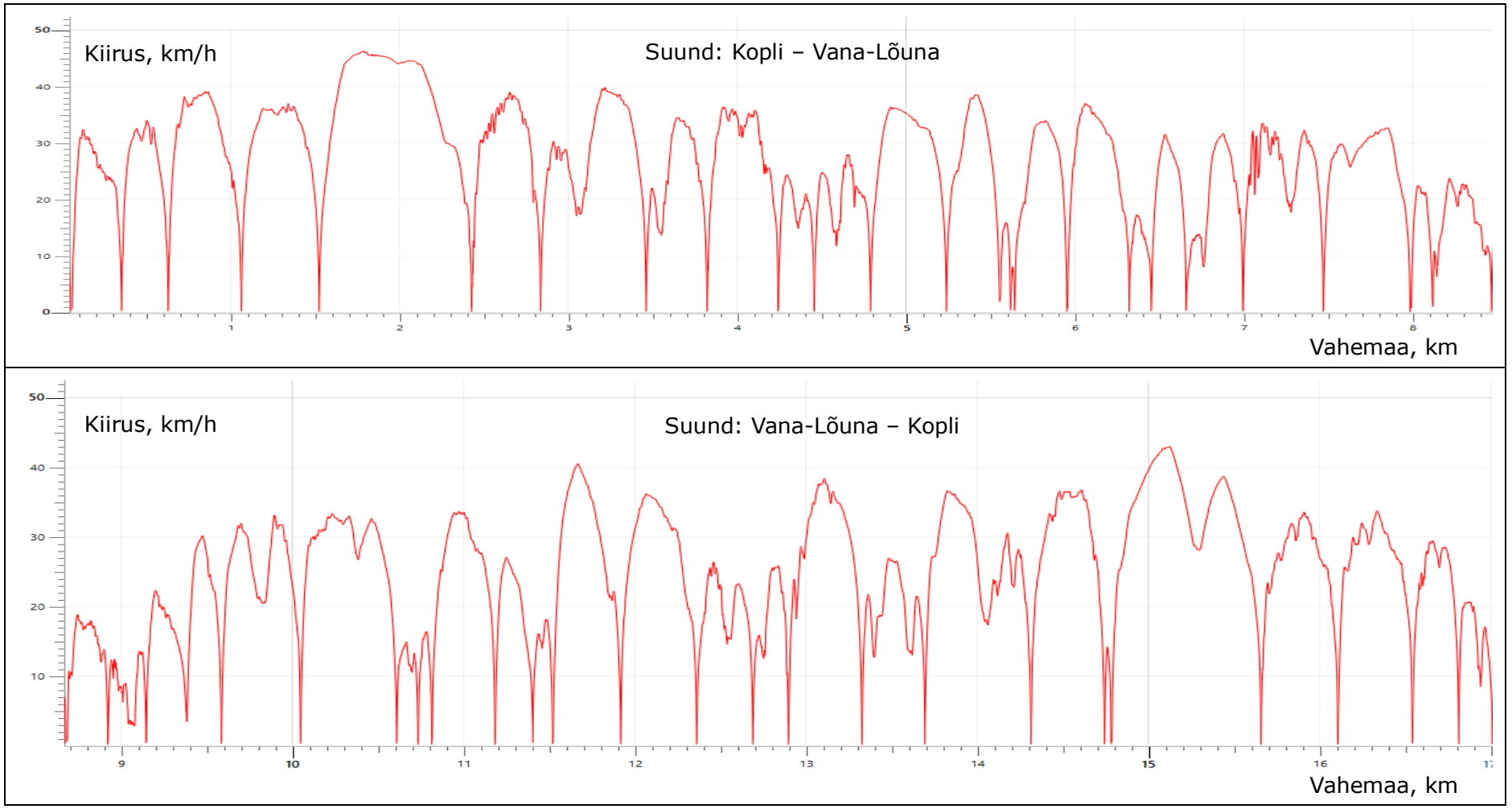
[50] A. Tulvi, „Transpordiressursside kasutamine ja veoteenuse kvaliteet," 2013. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.digar.ee/viewer/et/nlib-digar:197450/347083/page/40. [Kasutatud märts 2025].

[51] I. Lutsar, AS Emor, „COVID-19 pandeemia kirjeldav analüüs ja õppetunnid," 2023. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.terviseamet.ee/sites/default/files/documents/2025-02/covid-19_pandeemia_analuus_2023.pdf. [Kasutatud märts 2025].

[52] G. Shively, „An Overview of Benefit-Cost Analysis," jaanuar 2021. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/255661807_An_Overview_of_Benefit-Cost_Analysis. [Kasutatud märts 2025].

LISAD

Lisa 1 Trammiliin „Kopli – Vana-Lõuna" teekond ja peatused [11]



Lisa 2 Trammi sõidudiagrammi väljalõige