



TALLINNA TEHNICAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Mehaanika ja tööstustehnika instituut

**MUUTUVTEABEGA KIIRUSPIIRANGU MÄRKIDE
AUTONOOMSE JUHTIMISE VÕIMALUSED
LINNALIIKLUSES**

**AUTONOMOUS CONTROL POSSIBILITIES OF VARIABLE
SPEED LIMIT SIGNS IN CITY TRAFFIC**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Siim Viin

Üliõpilaskood: 221297EALM

Juhendaja: Dago Antov, PhD

Tallinn 2024

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.

Autor: Siim Viin
/ allkirjastatud digitaalselt /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

Juhendaja: Dago Antov
/ allkirjastatud digitaalselt /

Kaitsmisele lubatud

Kaitsmiskomisjoni esimees: Ott Koppel
/ allkirjastatud digitaalselt /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Siim Viin,

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Muutuvteabega kiiruspiirangu märkide autonoomse juhtimise võimalused linnaliikluses“, 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.

/ allkirjastatud digitaalselt /

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 loomingu 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.

TalTech Inseneriteaduskonna
Mehaanika ja tööstustehnika instituut
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Siim Viin, 221297EALM
Õppekava, peeriala: EALM Logistika, peeriala Liikuvuskorraldus
Juhendaja: Dago Antov, PhD

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Muutuvteabega kiiruspiirangu märkide autonoomse juhtimise võimalused linnaliikluses

(inglise keeles) Autonomous control possibilities of variable speed limit signs in city traffic

Lõputöö põhieesmärgid:

- Välja selgitada, milliste parameetrite alusel valida muutinfoga kiiruspiirangu märkidel kuvatavat kiirusepiirangut.
- Välja selgitada, millist vajalikku infot on võimalik juba täna kasutada ja mida oleks vaja väljatöötatavale lahendusele lisada.
- Välja töötada juhtimisreeglid VSL märkide juhtimiseks linnas.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Magistritöö teema valik	07.12.2023
2.	Magistritöö koostamine	15.05.2024
3.	Magistritöö esitamine	20.05.2024

Töö keel: Eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: 20. mai 2024. a

Üliõpilane: Siim Viin / allkirjastatud digitaalselt /

Juhendaja: Dago Antov / allkirjastatud digitaalselt /

Programmijuht: Peep Toomingas / allkirjastatud digitaalselt /

SISUKORD

EESSÕNA	7	
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8	
SISSEJUHATUS	9	
1	TEOORIA	11
1.1	Linnakiiruse valiku strateegiad minevikus	11
1.2	Linna kiiruse valiku strateegia tänapäeval	12
1.3	Tee vastavus kiirusele	14
1.4	Mida toob endast kaasa ebaõigesti seatud piirang?	15
1.5	Juhi otsused kiiruse valikul.....	18
1.6	Liiklusvoogude teooria	20
1.7	ITS süsteemid ja muutuva teabega märgid	21
1.8	Muutuva teabega märkide juhtimine Eestis	22
1.8.1	VMS lahendused riigiteedel	23
1.8.2	VMS rakendused linnades ja asulates	27
1.9	Järeldused	30
2	UURIMISMETOODIKA JA ANDMED	32
2.1	Uuritava löigu kirjeldus.....	32
2.2	Liiklussagedused.....	35
2.3	Kiirused	38
2.4	Ilmastikuolusid kirjeldavad andmed	40
2.5	Liiklusõnnetused	42
2.6	Uuringu käigus teostatud mõõtmised	44
2.7	Analüüsimetod	48
3	TULEMUSED JA JÄRELDUSED	49
3.1	Ilmastikuandmed	49
3.2	Liiklusõnnetused	52
3.2.1	Liiklusõnnetused 2020 - 2023	52
3.2.2	Liiklusõnnetused 2023. aastal	54
3.2.3	Suure liiklusõnnetuste arvuga päevad 2023. aastal	56
3.2.4	Järeldused	59
3.3	Liiklussagedused ja kiirused	59
3.3.1	Mõõtmistulemused.....	63
3.4	Muud sündmused.....	65
3.5	Järeldused ja juhtimisreeglid	66
KOKKUVÕTE	71	
SUMMARY	73	

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	75
LISAD	78
Lisa 1 Enam kui viie liiklusõnnetusega päevad aastast 2023.....	79
Lisa 2 Tammsaare tee ja Järvevana tee VSL märkide skeem	80
Lisa 3 Ilmaandmete analüüs kaamerapildilt.....	81
Lisa 4 Juhtimisreeglid LSS	83
Lisa 5 Juhtimisreeglid LVS	84

EESSÕNA

Käesoleva magistritöö teemaks on „Muutuvteabega kiiruspiirangu märkide autonoomse juhtimise võimalused linnaliikluses“. Teemavalik sündis koostöös õppejõu ja juhendaja Dago Antoviga. Lähtuvalt minu huvist liikluse ja tänapäevaste liikluslahenduste vastu, sai uurimisteeneks valitud muutuva teabega kiiruspiirangu liiklusmärkide autonoomsete juhtimisvõimaluste välja selgitamine.

Uurimisprobleemiks on, et linnalises keskkonnas puuduvad muutuva teabega märkide juhtimisreeglid. Seni on liiklusmärke juhitud vaid kellaaja põhiselt. Sellist lahendust saab tagada ka kuluefektiivsemalt, kasutades traditsioonilisi mittemuutuvaid märke.

Töö eesmärgiks on välja töötada juhtimisreeglid linnaliikluses muutuvteabega märkide kasutamiseks. Töö käigus uuris magistritöö autor erinevate andmekogude andmeid, et leida nendes andmetes seoseid keskmiste liikumiskiiruste ja liiklusõnnetuste vahel. Töö käigus tuvastati, et linnaliikluses on kõige suuremaks liiklusolude muutumise põhjuseks liiklussagedus. Töö väljundiks koostati juhtimisreeglid, mille alusel saab liiklussagedusest ja kiirusest lähtuvalt valida märkidel kuvatavat infot.

Töö autor soovib tänada magistritöö koostamisele kaasa aidanud juhendajat Dago Antovit ja nõustamise ning alusandmete jagamisega abistanud oma valdkonna eksperte: Tanel Jairus, Märt Puust (AS Teede Tehnokeskus), Anton Rohtla (Tallinna Transpordiamet), Siim Vaikmaa (Transpordiamet), Raimond Nõugast (Tallinna Transpordiamet), Ülli Reimets (Eesti Liikluskindlustuse Fond)

Võtmesõnad: ITS, Tallinna linn, liiklusmärgid, muutuvteabega liiklusmärgid, magistritöö.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

AKÖL – aasta keskmine ööpäevane liiklussagedus, autot/ööpäevas

API (Application Programming Interface) - tarkvara, mis võimaldab kogutud andmete automaatset vahetust

ASSC (automatic section speed control) – teelõigu keskmise kiiruse automaatkontroll

DTM (dynamic traffic management) – dünaamiline liikluskorraldus

EL - Euroopa Liit

IKT- info- ja kommunikatsioonitehnoloogia

ITS (intelligent transportation system) – intelligentsed transpordisüsteemid

LJK (liiklusjuhtimiskeskus) – Transpordiameti allüksus, mis tegeleb lisaks muule, liiklusmärkidel kuvatava info juhtimisega

LKF - Liikluskindlustuse Fond

LÕ - liiklusõnnetused

v85 – kiirus, mida antud teel või tee ristlõikes ei ületa 85 % sõidukitest

VMS (variable message sign) – muutuva teabega liiklusmärk või infotabloo

VSL (variable speed limit) – muutuva kiirusepiiranguga liiklusmärk

SISSEJUHATUS

Eesti teedele on viimastel aastatel paigaldatud arvestatav hulk muutuva teabega liiklusmärke. Kiiruspiiranguid, hoiatusmärke ja infotahvlite infot - on võimalik distantsilt juhtimiskeskustest muuta. Täna muudetakse märke - poolautomaatselt või manuaalselt - vastavalt sellele, kuidas infot sisestav töötaja seda tõlgendab. Lõputöö koostaja isiklikust kogemusest lähtuvalt ei vasta muutuvteabega märkidel kuvatav info reaalsele liiklustingimustele. Tihti kohtab vasturääkivusi just Tallinna linnas asuvatel liiklusmärkidel.

Olukorda sobiv kiirus oleneb järgmistest teguritest: juhi seisund, sõiduki tehniline seisund, tee seisund (haardetegur, tasasus), ilmastikunähtused, liiklustihedus. Liikumiskiirust mõjutavad füüsilised takistused - nähtavus, liiklusõnnetused, liiklussagedus, teetöödest tingitud takistused jne. Tee läbilaskvuse määrab liiklustihedus ja see on sõltuvuses liiklussagedusest ja liikumise kiirusest. Tänu õigesti juhitud VMS märkidele, saab juhte aidata ja juhendada, olukorras sobivaima kiiruse leidmisel.

Tänapäevases maailmas kogutakse laialdaselt informatsiooni meid ümbritseva kohta. Andmeid kogutakse läbi andurite ja igapäevaste infotehnoloogiliste abivahendite (nt telefon, GPS) kaudu. Suuri andmeid kasutades on võimalik meie igapäevaelu operatiivsemalt juhtida. Selleks, et kogutud andmetest oleks maksimaalne kasu, on vaja luua IKT süsteemid ja rakendused nende kasutamiseks.

Käesoleva magistr töö teemaks on muutuvteabega kiiruspiirangu märkide autonoomse juhtimise võimalused linnaliikluses. Eesmärgiks on leida lahendus, mis sobiks linnatingimustesse kiiruspiirangu märkide juhtimiseks ja arvestaks reaalseid liiklustingimusi (nt liikluskoormus ja -kiirus, ilmastikutingimused, erisündmused, jms).

Töö käigus leitakse vastused järgmistele uurimisküsimustele:

- Milliste parameetrite alusel valida muutinfiga kiiruspiirangu märkidel kuvatavat kiirusepiirangut?
- Millist vajalikku infot on võimalik juba täna kasutada ja mida oleks vaja väljatöötatavale lahendusele lisada?

Varasemates uurimistöodes on selgunud, et liiklusmärkidel kuvatava info erinevusel, reaalse liiklusoludega, ei pea sõidukijuhid kinni nende piirangutest. Antud nähtus vähendab liikluskorralduse ja -märkide usaldatavust ka kohtades, kus neil kuvatud info

on tõene. Muutuva teabega märkide kasutamine annab võimaluse ka suurenenud liiklussageduse korral vähendada piirkiirust operatiivselt ja seeläbi suurendada liikluse sujuvust ning vähendada, läbi kütusekulu languse, ka mõju keskkonnale. Sujuv liikumiskiirus vähendab nn tõmblemist ja liiklusõnnetusse sattumise riski.

Magistritöö on jaotatud kolme peatükki, millest esimeses käsitletakse töö teoreetilisi aluseid. Teoreetilises osas selgitatakse, kuidas määrati minevikus ja määratakse tänapäeval teedele sobivaid kiiruseid. Milliseid tulemusi annab muutuva teabega märkide kasutamine liiklusohutuses ja kuidas on varem muutuva teabega märke juhitud.

Magistritöö teine peatükk kirjeldab uurimuse läbiviimiseks vajaliku meetodika valikut. Uuringu ülesande lahendamiseks on valitud Tallinna linnas asuvad A. H. Tammsaare ja Järvevana tee. Lõik sai valitud mitmel põhjusel, ühelt poolt on seal juba paigaldatud muutuva teabega liiklusmärgid ja teiselt poolt on antud pikal lõigul kasutusel mitu kiirusrežiimi. Lisaks kirjeldatakse uurimiseks kasutada olnud andmeid, nende kvaliteeti ja kättesaadavust.

Kolmas peatükk kirjeldab analüüside tulemusi ja töö autor teeb ettepanekuid autonoomse juhtimise rakendamiseks. Uuritakse, mis põhjustab eelmainitud uuringu lõigus liiklusõnnetusi ning millist rolli mängivad liiklusõnnetustes ilmastikuolud. Lisaks esitatakse seosed kiiruspiirangu märkide muutmiseks, lähtuvalt automaatselt kogutavatest liiklussageduste väärtustest.

1 TEOORIA

Linnatänavatele sobiliku kiiruse valimine on alati olnud tasakaalu leidmine, efektiivse ja ohutu, tänavavõrgu vahel (Andrews, 2011). Ohutu sõidukiiruse leidmisel võime jõuda selleni, et kõige ohutum on paigal seista, kuid see pole liikuvuse seisukohalt mõistlik. Ehk kiiruse valiku eesmärgiks on oludesse vastava maksimaalse sobiliku kiiruse leidmine.

1.1 Linnakiiruse valiku strateegiad minevikus

Linnatänavatel on lai variatsioon tee liike alates magistraalteedest kuni elamutänavateni. Tänavaliik ja tänavale kehtestatud kiirusepiirang on omavahel seoses, kui tänavaliik vastab seal asetleidvale peamisele sõidu eesmärgile (Gattis & Watts, 1999). Uuringud näitavad, et olenemata keskmisest kiirusest ja selle erinevusest kehtestatuga, mõjutab kokkupõrke toimumise tõenäosust see, kui palju konkreetne sõiduki kiirus keskmisest erineb (AASHTO, 2004).

Varasemalt on, kiirusepiirangu valimisel, olnud oluline võrrelda tegelikke sõidukiiruseid kehtestatud kiirustega ja vastavalt infole, kujundada kiirusepiirangud vastavaks. Sellele teadmisele tuginedes on piirkiiruseid võrreldud ja kohendatud vastavalt V85 väärtusele.

V85 printsiip on, sobiliku kiiruse määramisel, kasutusel olnud alates 1930ndate lõpust. V85 on kiirus, mida 85 % teel sõitvatest juhtidest, peab teeloludest lähtuvalt, piisavalt turvaliseks ja sõidavaks sellest aeglasemalt. Selline, teele, kiiruse määramise meetod on olnud kasutusel juba pikki aastaid, kuid puuduvad tõestatud seosed määratud kiiruse ja turvalisuse vahel (Grembek et al., 2020).

Varasemad uuringud on näidanud, et juhid ei hinda oma kiirust õigesti. Suurtel (110+ km/h) kiirustel kalduakse sõidukiirust alahindama 10 % ulatuses ja väiksematel (50 km/h) kiirustel 30 % ulatuses. See näitab selgelt, et V85 kiiruse määramise meetod, turvalise sõidukiiruse määramiseks, ei sobi, eriti madalatel kiirustel. Sellest lähtuvalt ei tohiks kiiruspoliitikat kujundada töökiiruse põhimõttele. California näitel on selline tendents ka piirkiiruseid suurendava mõjuga (Recarte, Nunes, 1996).

Peaaegu sajand tagasi tutvustatud V85 kiiruse määramisest, on kasutatav sõidukipark muutunud, ja mida uuem on auto, seda suurem on erinevus juhi kiiruse tajumises. Nagu näitavad ka varasemad uuringud, on õige kiiruse tajumine seda väiksem, mida vähem

kiirusest mitte kinnipidamisel ohtu tajutakse. Näiteks kiirusel 50 km/h hinnatakse kiirust valesti 30 % ulatuses (Mannering, 2009).

Seetõttu on kiiruse määramisel hakatud otsima uusi meetodeid. Peamised meetmed on ohtude eemaldamine või kiiruse järgimise lihtsustamine, läbi keskkonna muutuse.

Seos turvalisuse ja liiklemiskiiruse vahel on tugev. Mitmed uuringud leiavad, et kõrgem keskmine kiirus suurendab õnnetusse sattumise tõenäosust. Suur kiirus toob kaasa riski õnnetuses surma saamiseks. See ei tähenda aga seda, et 80 km/h linnas oleks mingist vaatest turvalisem kui 110 km/h maanteel, kuid võrdväärsetes olukordades kaasneb suurem kiirus väheneva turvalisusega. Mis viitab sellele, et kui me vähendame kiiruseid, saavutame sellega eelised turvalisuses (Grembek et al., 2020).

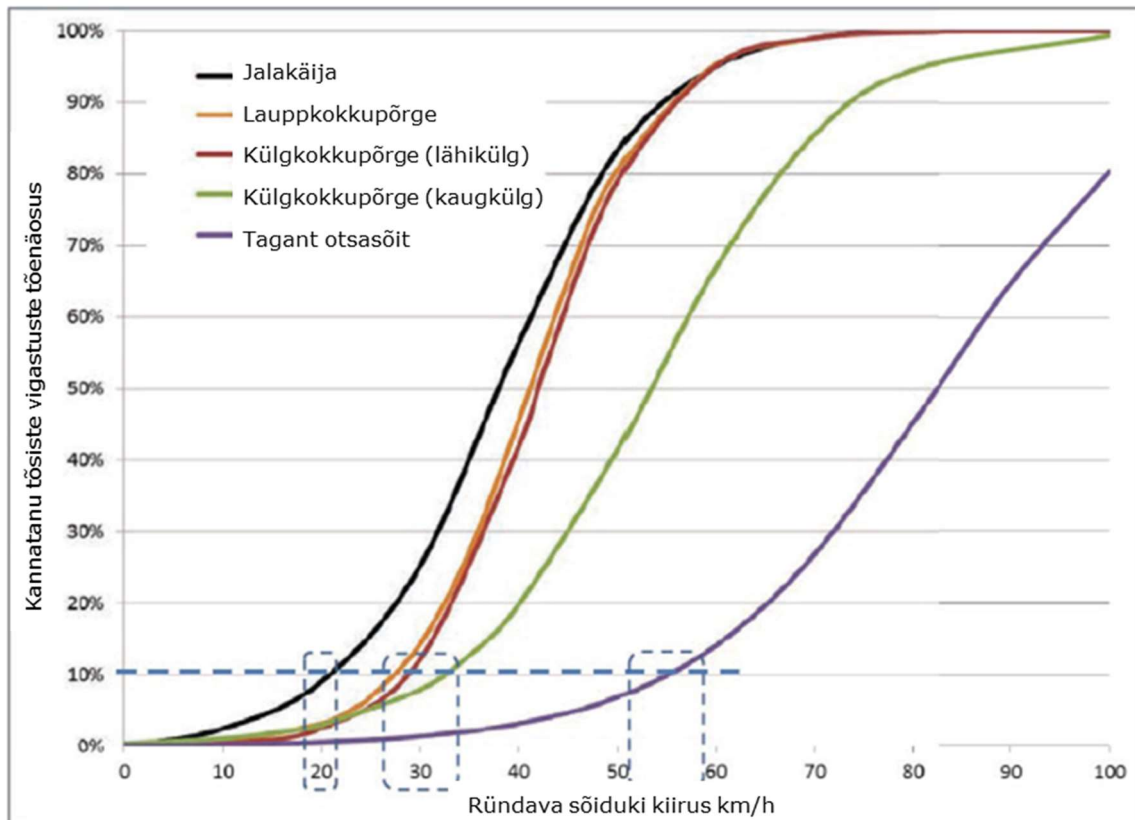
Turvalise kiiruspiirangu määramiseks on alternatiivseid meetodeid. Teised riigid, kes on seadnud kiiruse määramise eesmärgiks ohutuse, kujundavad sõidukiirust teel, tee omaduste muutmise kaudu. Kiiruse määramisel võetakse aluseks tee geomeetria, sõidukipark ja soov kehtestada usaldusväärsed kiiruspiirangud, et lihtsustada kiiruspiirangu järgimist.

1.2 Linna kiiruse valiku strateegia tänapäeval

Varasemalt on linna liikuvuse seisukohalt arvestatud peamiselt mootorsõidukitega. Eeldati, et parem mootorsõidukite läbilaskvus tagab parema ühistranspordi liikluse ja läbi selle ka parema linna liikuvuse. Selline strateegia on viimas meid suunas, kus laienev tee muudab isikliku auto veel atraktiivsemaks liikumisvahendiks ja laiendatud tee vajab uuesti laiendamist. Kuid igal linnal on oma mahutavus. Tänavate laiendamisele jäävad ette olemasolevad hooned ja sõidutee kõrval ruumi ei jagu.

Samade probleemidega on tegeletud linnades üle maailma ja soovitud leida alternatiive autoliikluse asendamiseks vähem ruumi vajavate liiklusvahenditega. Peamiselt nähakse lahendust jalgratastes. Jalgrataste lisandumisega tänavale, tuleb üle vaadata ka kiiruse valimise strateegiad, kuna vähemkaitstud liiklejatena on, sõidukite suure kiiruse tõttu, oht nende elule, kõige suurem.

Uurides ohtu kergliikleja elule, on leitud, et kokkupõrkel sõidukiga, mille kiirus on üle 50 km/h, väheneb jalakäija või ratturi ellujäämise tõenäosus, kiiruse kasvades, peaaegu nullini (Joonis 1.1).



Joonis 1.1 Raske vigastuse tõenäosuse ja ründava sõiduki kokkupõrke kiiruse mudel, erinevat tüüpi avarii korral (Jurewicz et al., 2016)

Kui vähendada eelpool nimetatud õnnetuste juhtumise tõenäosust, on võimalik kehtestada ka suuremaid kiiruspiiranguid, tagades seejuures ka ohutuse.

Teel liiklejate turvalisust aitab parandada, lisaks kiirusele, ka tee kuju ning uutes sõidukites arendatavad nutikad ohutusseadmed. Sõidukid hoiavad autosolijad elus ja arendatakse ka seda, et kokkupõrkel jalakäijatega suurendada nende ellujäämise tõenäosust.

Sõiduki kiirus on, liiklusõnnetuse tagajärgede raskust mõjutav, peamine füüsikaline omadus. Liikumisel tekkinud sõiduki kineetiline energia kasvab koos kiirusega mittelineaarselt. Mida suurem on sõiduki kineetiline energia, seda suurem energia kandub teisele isikule või objektile. Kineetilise energia ümberkandumise suurus on, õnnetuste tagajärgede, raskuse põhjuseks (Jones, 2020).

Väga vähesed uuringud on maailmas leidnud, et keskmise kiiruse kasv vähendab õnnetusse sattumise riski. Kuid on läbiv joon, et keskmiste kiiruste kõikumine muudab liikluskeskonna vähem turvalisemaks. Sajandivahetusel, Inglismaal, koostatud

liiklusohutuse uuringus, mis analüüsis üle maailma kogutud liiklusõnnetuste ja kiiruste andmeid, tõdeti, et keskmise kiiruse kasvamisel, liiklusõnnetuste toimumise sagedus kasvab. Tuvastatav seos oli, et 1 miili keskmise kiiruse vähendamise kohta väheneb liiklusõnnetuste arv 5 % (Taylor, et al., 2000). Teised uuringud leiavad aga, et õnnetuste vähenemise osakaal oleneb kiiruse vähendamise proportsionaalsest vähenemisest mitteabsoluutselt (ühe kiirusühiku võrra kiiruse vähendamine suurtel kiirustel, avaldab vähem mõju kui väiksematel kiirustel). Kiirustel 30 km/h vähendades kiirust 2 km/h võrra väheneb õnnetuste toimumise sagedus ligikaudu 12 % (Rune, Peter, Astrid, 2004).

Eelnevalt kirjeldatud uuringutes on leitud, et kiiruse mõju õnnetuste liikidele (kokkupõrge jalakäijaga, külgekupõrge, laupkokkupõrge ja tagant otsasõit) on erinev. Vähendades võimalusi teatud liiki õnnetuste tekkimiseks, on võimalik järeleandmisi tegemata, kehtestada suurimat kiirust tee ohutuses. Turvalise keskkonna saavutame mitme nähtuse koosmõjul, kui me ei võimalda, läbi keskkonna, tee kasutajatel eksida ning tee kasutaja eksimusel on vigastused neile minimaalsed. Seetõttu tuleb teid kujundada vastavalt seal asetleidva sõidu eesmärgile, et ka kiirusest peetakse kinni.

1.3 Tee vastavus kiirusele

Kliimaministeriumi määrus nr 71 „Tee projekteerimise normid“ reguleerib nõudeid Eestis asuvatele teedele ja nende projekteerimisele. Tee projekteerimise normid käsitlevad teele sobilikku kiirust läbi projektkiiruse. Tee projektkiirus on teele kavandatud või teel lubatud suurim sõidukiirus, mis loob ohutud liiklemistingimused kõigile teel liiklejatele. Projektlahenduse peab koostama selliselt, et ettenähtud projektkiirusest kinnipidamine on soodustatud. Liiklejale on mõistetav valitud projektkiirus läbi selle, et tee parameetrid ja liikluskorraldus on omavahel kooskõlas (Kliimaminister, 2023).

Vastavalt määrusele nr 71 on linnatänavad „muud teed“, mille projektkiirus on vahemikus 50 kuni 90 km/h. Vastavalt projekteerimisnormidele saab olemasoleva tee sobilikku kiirust hinnata kurvi raadiuste (Tabel 1.1) ja külgneva ala vaba ruumi järgi (Tabel 1.2).

Tabel 1.1 Projektkiiruse sõltuvus kurvi raadiusest (Kliimaminister, 2023)

Projektkiirus , km/h	Kahepoolne põikikalle 2,5%		Viraaž 2,5%		Viraaž 4,0%		Viraaž 6,0%	
	Soovitatav vähim raadius	Erandjuhul lubatud	Soovitatav vähim raadius	Erandjuhul lubatud	Soovitatav vähim raadius	Erandjuhul lubatud	Soovitatav vähim raadius	Erandjuhul lubatud
90	900	650	560	430	510	380	-	-
80	650	450	430	330	380	300	350	250
70	450	330	330	240	300	210	250	190
60	380	230	240	170	200	150	170	135
50	230	160	170	120	140	100	-	-
40	160	100	120	80	-	-	-	-

Tabel 1.2 Projektkiiruse sõltuvus vabast ruumist (Kliimaminister, 2023)

Ristlõige või tee tüüp	Projektkiirus, km/h	Liiklussagedus, sõidukit ööpäevas	Nõlva kõrgus / nõlva kalle	Vaba ruum	
1+1 ja muud ristlõiked	100	Ei sõltu	• ≤ 3 m / 1:3 või laugem	≥ 12,0 m	
	90		• piiranguta / 1:4 või laugem	≥ 9,0 m	
	60–80	> 8000	• ≤ 3 m / 1:2 või laugem	• ≤ 3 m / 1:2 või laugem	≥ 8,0 m
		4001–8000		• ≤ 5 m / 1:3 või laugem	≥ 7,0 m
		2001–4000		• piiranguta / 1:4 või laugem	≥ 6,0 m
		1000–2000		• piiranguta / 1:4 või laugem	≥ 5,0 m
< 1000		• piiranguta / 1:4 või laugem	≥ 4,0 m		
Kruusatee1	60–70	Ei sõltu	• ≤ 3 m / 1:1,5 või laugem • ≤ 5 m / 1:3 või laugem • piiranguta / 1:4 või laugem	≥ 2,5 m	

Need on lihtsasti mõõdetavad väärtused ja nendest lähtuvalt saab määrata, kui suur on ohutu kiirus teel, mis on ka varem projekteeritud.

1.4 Mida toob endast kaasa ebaõigesti seatud piirang?

Minnesota osariigis teostatud uuringu järgselt tõdeti, et hoiatusmärgi mõju on erinevates uuringutes hinnatud tundmuse alusel, kuna puuduvad konkreetsete mõõdikud. Uuringud, kus käsitleti liiklusmärkide mõju, tugineti valdavalt küsitlustele, et selgitada, kuidas on märgid mõjutanud juhte. Uuringus selgusid vastandlikud seisukohad, et hoiatusmärkidel on minimaalne või olematu mõju turvalisusele või teisalt, et märgid on efektiivsed õnnetuste arvu ja raskusastme vähendamisele (MnDOT, 2010). USA liiklusmärkide paigaldamise juhend toob välja, et liiklusmärgid peaksid olema paigaldatud läbimõeldult, tuginedes tehnilisele uuringule või inseneri otsusele. Selleks, et suurendada liiklusmärkide mõju, peaks neid olema vähe ja kasutusel seal, kus neid on vaja (FHWA, 2023). Magistritöö autori hinnangul on liiklusmärgi õige asukoht oluline selle toimivusele.

Transpordiameti (endise nimega Maanteeamet) tellimisel teostatakse 2001. aastast regulaarselt liikluskäitumise monitooringut (LOMO). Monitooringus uuritud teemad annavad pildi ka liiklusmärkide nõuetest kinnipidamise kohta. Sõidukiiruse uuringut asulateedel tehti 2013. aastal teist ja viimast korda, mistõttu on käesolevas magistritöös kasutatud 2014. aastal koostatud monitooringu aruannet.

Maanteeameti (praegune Transpordiamet) tellimisel olid 2013. aasta uuringu teemadeks (Ramboll Eesti AS, 2014):

- fooritulede nõuetest kinnipidamine sõidukijuhtide ja jalakäijate poolt;
- suunamärguannete nõuetekohane kasutamine;
- jalakäijatele tee andmine reguleerimata ülekäigurajal;
- turvavöö kasutamine ja laste turvavarustuse kasutamine;
- joobeseisundis juhtimine;
- sõidukiirus asulateel.

Järgnevates lõikudes teeb magistritöö koostaja lühikokkuvõtte 2013. aasta liikluskäitumise monitooringust. Valitud aasta oli viimane, kui uuriti sõidukiirust asulateedel. Monitooringus vaadeldud teemadest puudutavad otseselt, liiklusmärke ja liikluskorraldust, ülekäigurajad ja sõidukiirus.

Reguleerimata ülekäigul puudus kirjeldus ülekäiguradade tähistuse kohta - töö autor soovis teada, kas ülekäigurajad olid eelhoiatusega ning korrektselt tähistatud. Jalakäijate teeületus, reguleerimata ülekäigul, on liikluses, jalakäija ja auto kokkupuute kohtades, üks kõige olulisema kaaluga parameetritest monitooringus. Monitooringu koostajad tõdesid, et jalakäijal on, reguleerimata ülekäigurajal, eesõigus, kuid kokkupõrke korral saavad nad kõige rohkem vigastada (Ramboll Eesti AS, 2014).

Uuringus vaadeldi 20 erinevat kohta üle Eesti, millest pooled asusid Tallinnas ja pooled teistes Eesti linnades. Uuringu käigus koguti üle 2400 juhtumi. Teeandmise koha kontroll sõltus teel kehtestatud piirkiirusest. Vaatluskoht asus 30 km/h piirkiirusel 15 m, 40 km/h piirkiirusel 20 m ja 50km/h piirkiirusel 30 m enne teeandmise kohta. Vaatluskohad olid valitud selliselt, et peatuma kohustatud sõidukil, oleks see ka võimalik. Vaatluse käigus loendati ja protokolliti vaatlusaja jooksul läbitud sõidukeid, tekkinud kontakte ja ületanud jalakäijaid (Ramboll Eesti AS, 2014).

Aruande tulemustest selgus, et reguleerimata ülekäigurajal eirab jalakäijale teeandmise kohustust Tallinnas 16,7 %, teistes linnades 17,6 %, kokku 17,1 % juhtidest. Tallinnas on esimese autonoma teeandjate osakaal suurem kui teistes linnades (81,7 % vs 74,6 %).

Äärmusena andis Jõhvis ühes konfliktsituatsioonis teed alles iga seitsmes sõiduk (Ramboll Eesti AS, 2014).

Sõidukiirus asulateel oli 2013. aasta monitooringus viimast korda vaatluse all. Uuringus kasutati asukoha ja kiiruse salvestamise võimalusega videoregistraatorit Defender CarVision 5110 GPS. Kaameraga varustatud sõiduk läbis etteantud marsruudid üks kord kolmel kellajal Tallinnas ja kahel kellaajal muudes monitooritud linnades. Marsruutide läbimisel jälgiti liiklusvoogu ja sõideti samal kiirusel. Juhul, kui liikluses tuvastati tavapärasest erinev olukord (liiklusõnnetus, teetöö vms), uuring katkestati ja sooritati mõnel teisel päeval (Ramboll Eesti AS, 2014).

Videoregistraator salvestas igal sekundil asukoha ja kiiruse. Kuna uuringus kasutatud seade kuvas kiiruse osas teistsuguseid ühikuid, kasutati keskmise kiiruse arvutamisel, salvestatud koordinaatide põhjal arvutatud, asukoha muutu ühe sekundi jooksul.

Kogutud andmetest koostati monitooringu aruandes erinevatest linnadest teemakaarte ja ülevaatlük tabel (Tabel 1.2) erinevate Tallinna tsoonide (Joonis 1.2) keskmiste kiiruste kohta.



Joonis 1.2 Tallinna tsoonide jaotus (Teede Tehnokeskus 2013)

Tabel 1.2 Keskmise kiirus Tallinna tsoonides (Ramboll Eesti AS, 2014)

Tsoon	08:00			10:00			17:00			KOKKU		
	min	km/h	km	min	km/h	km	min	km/h	km	min	km/h	km
I	45	26,6	20	34	35,2	20	70	17,2	20	149	24,2	60
II	35	25,6	15	24	37,3	15	34	26,5	15	92	29	44
III	85	39,7	57	74	46,8	58	116	29,9	58	276	37,5	172
IV	149	40	99	122	49,2	100	150	40,8	102	421	42,9	301
KOKKU	315	36,4	191	254	45,5	192	370	31,6	195	938	37	578

Tabelis 1.3 on esitatud marsruutide algusaja järgi (hommik, päev, õhtu) sõiduaeg minutites (min), keskmine kiirus (km/h) ja läbitud teekonna pikkus (km). Võrreldes eelneva aasta uuringuga oli keskmine kiirus langenud veidi südalinna tsoonis ja 5,6 km/h võrra tõusnud kesklinnas. Südalinna vähest keskmise kiiruse langust mõjutasid uuringu koostajate hinnangul ühistranspordiradade lisamine (Ramboll Eesti AS, 2014).

Magistritöö autori hinnangul oleks vaja sarnaseid uuringuid täiendada, ülekäiguraja tähistuse seisukorra kohta, uuringu koostamise ajal, et hinnata seoseid ülekäiguraja tähistuse ja teeandmise kohustuse täitmise kohta. Puuduseid liikluskorralduses, mainiti sõidukiiruse vaatluse osas, seoses ülekäiguradade halva nähtavusega. Sõidukiiruse monitooringu marsruudid läbisid ülekäiguradade uuringukohtasid vaid kahes punktis, mistõttu ei leitud võimalike seoseid sõidukiiruse ja jalakäijatele teeandmise kohustuse täitmise vahel.

Liikluses on olulised nii stabiilne kiirus (ühtlane liiklusvoog, mis tagab teedevõrgu parema läbilaskevõime) kui ka ohutus, kohtumisel ristuva liiklusega (kergliiklusega-jalakäijad, jalgratturid). Kokkupõrkekiiruse suurenemine, 40-lt 50-le, suurendab jalakäija hukkumise tõenäosust ca kaks korda, kiiruse suurenemine, 40-lt 60-le, 3-4 korda (Ramboll Eesti AS, 2014).

1.5 Juhi otsused kiiruse valikul

Juhti mõjutavad sõidukiiruse valikul peamiselt ilmastik, liiklustihedus, teeolud ja sõiduki seisukord. On juhte, kes ületavad teele kehtestatud kiirust tahtmatult, tänu sellele, et nad ei pane tähele liiklusmärki või on segatud kõrgemast liiklusvoost. Kiirust ületatakse ka põhjusel, et tajutakse kõrgemat kiirust ohutult. Juhid arvavad, et nad suudavad käsitleda sõidukit suurtel kiirustel sama turvaliselt kui aeglastel, kuid see eeldus pole kooskõlas reaalsusega. Kiiruse ületamine suurendab riski õnnetuste toimumiseks ja surma saamiseks.

Austraalias 2013. aastal läbiviidud uuringu käigus uuriti, mis mõjutab sõiduki juhte kõige enam kinnipidama kehtestatud piirangutest. Peamiseks kiiruse valiku mõjutajaks hindasid uuringus osalejad tõenäosust jääda sellega vahele ja saada karistatud. Kuigi see ei olnud ainukene mõjur.

Uuringus osalejad tõid välja järgmised täiendavad asjaolud (Austroads, 2013):

- nende tunnetus õnnetuse ohust (nähtamatud mõjurid nagu libedus);
- kas konkreetne kiirus tundub turvaline;

- kas neil oli kaasreisijaid, eriti mõjutas kiirusest kinnipidamist autos viibivad lapsed;
- nende taju jalakäija tapmise ohust (koolide lähedal ja jalakäijate piirkondades);
- eelnevad karistused kiiruse ületamise eest;
- hirm läbi veapunktiüsteemi juhtimisõigusest ilmajäämise ees;
- mõnevõrra vähem oli neid, kes viitasid varasematele õnnetustele, vähenevale kütusekulule ja kiiruseületamisest saadavale väikesele kasule.

Selles uuringus kerkib väga tugevalt esile kiiruseületamise eest trahvi ja vahele jäämist kartvate juhtide osa. Teede- ja liikluskorraldusega seotult tuleb esile juhtide informeeritus teel valitsevatest ohtudes nagu koolide lähedus ja tunnetus õnnetuse ohust. Juht valib ohutu kiiruse ohuolukorras, kui oht on talle ilmselge. Ohtudest, mis pole püsivad, peab seetõttu teavitama juhti viivitamatult (Austroads, 2013).

Uuringud Soomes, Rootsis ja Eestis on leidnud, et muutuva teabega märkidega reguleeritud kiirus, vähendab keskmisi kiiruseid rohkem kui statsionaarsed märgid. Eriti suur erinevus on halbade teeolude korral, või siis, kui juhti lisaks kiirusepiirangule hoiatatakse ka ohtude eest, mida silmaga näha pole (nt must jää). Kokkuvõtteks võib Rootsi VMS märkide mõju uuringu põhjal öelda, et kahe ja poole aastase uuringuperioodi vältel vähenesid vigastatute ja surmaga lõppenud liiklusõnnetuste arv ligikaudu 40 % (Jaksi, 2019). Kanada VSL märkide, enne ja pärast, uuringu tulemustel selgus, et muutuva teabega märkide kasutusele võtmisel vähenes maanteel tõsiste liiklusõnnetuste tõenäosus ligikaudu 35 % (Mohamed et al, 2022). Uuringus võrreldi kolme eelnevat ja kolme järgnevat aastat.

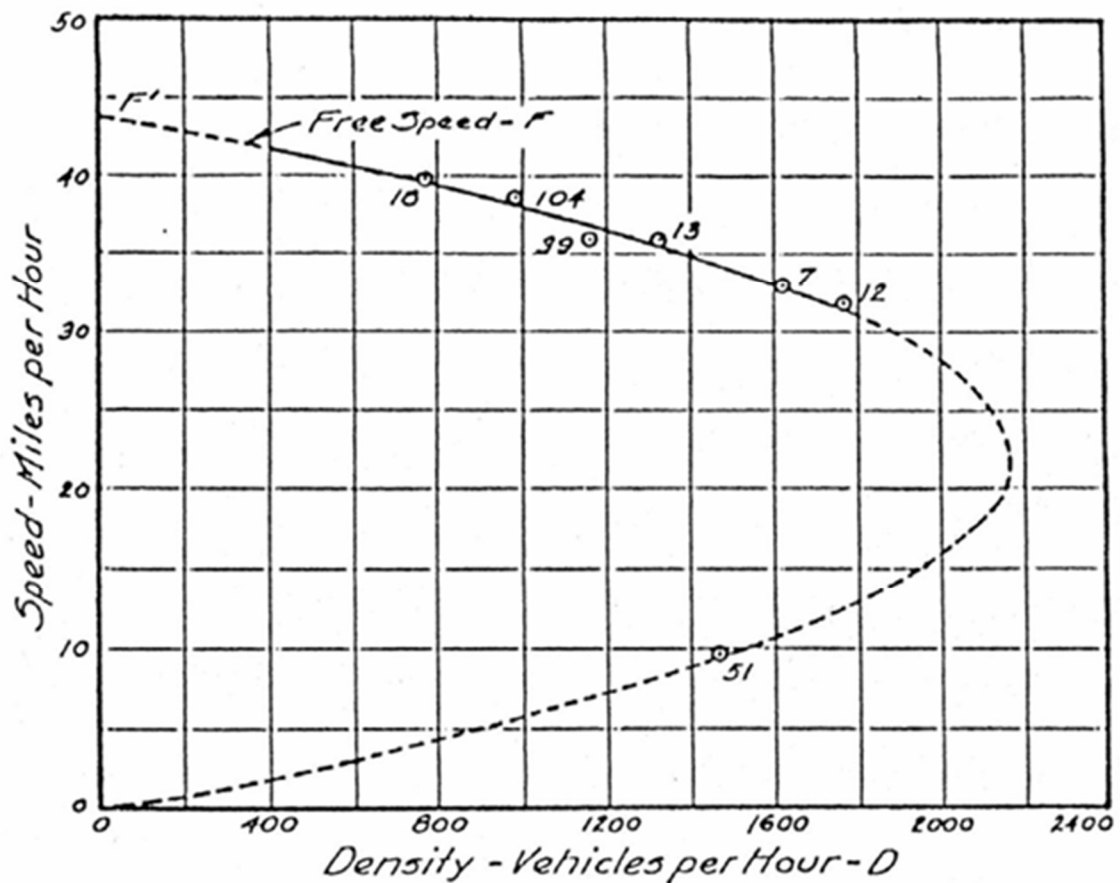
Soomes, sajandivahetusel, koostatud uuringus leiti, et juhid korrigeerivad suurema tõenäosusega kiirust, kui neile on antud infot ka kiiruse muutmise põhjuste kohta. Uuring viidi läbi kolmel teelõigul ja võrreldi, enne ja pärast, kiiruseid 500-1000 m kaugusel märgist. VMS märgiga kuvatud libeduse hoiatus vähendas keskmiseid kiirused 1-2 km/h võrra (Kulmala, Rämä, 2000).

Eestis uuriti 2016. aastal autojuhtide kiiruskäitumist mõjutavaid faktoreid maanteedel. Tulemustest leiti, et juhid reageerivad olulisel määral ilmastiku muutustele. Samas ei olnud mõju erinevust keskmistele kiirustele, päeval ja öisel ajal. Valimis olnud lõikudel liigelnud juhid ei korrigeerinud kiirust vihmase ilmaga. Silmnähtavalt halbade ilmastikuoludega oli keskmise kiiruse langemine tuvastatav (Vaheoja, 2016). Samuti on tuvastatud sademete ja ilma seos liiklusõnnetustesse, Inglismaal tehtud linnade

liiklusõnnetuste uuringus, kus kõige täpsemad tulemusi andis ilmaradari kasutamise võimalus (Jaroszweski et al., 2014).

1.6 Liiklusvoogude teooria

Alates sõidukite leiutamisest, on erinevates uuringutes püütud leida seoseid sõidukite omavahelise ja ka taristu elementide mõjutustest liikumise kiirusele. Liiklusvoogude teooria püüab kirjeldada täpsel matemaatilisel moel, kuidas sõidukid, juhid ja liiklemiseks mõeldud taristu, üksteist mõjutavad. Esmased sellekohased kirjed pärinevad 1933. aastast, kui Bruce Douglas Greenshields tutvustas oma uuringu tulemusi. Uuringu käigus mõõtis autor pildistamise teel mööduvate sõidukite kiirust ja analüüsi tulemustes joonistus paraboolne seos, kiiruse ja liiklussageduse vahel (Joonis 1.3) (Greenshields, 1933).



Joonis 1.3 Kuvatõmmis 1933. aasta uuringu tulemustest (Greenshields, 1933)

Tähelepanuväärsemaks avastuseks selles uurimuses oli, et samadel liiklussagedustel on kaks erinevat kiirust. Mistõttu ei saa liiklusvooge hinnata vaid ühe muutuja alusel.

1.7 ITS süsteemid ja muutuva teabega märgid

Tehnoloogia arenedes on vajadus ka liiklutaristu kaasajastamise järgi. Integreerides tänapäevaseid infotehnoloogilisi lahendusi on võimalik liikluskeskkond muuta turvalisemaks. Targa liikluse lahenduste ehk ITS all peetakse silmas eelkõige liikluse sujuvuse ja ohutuse parandamist IKT lahenduste abil maanteetranspordi valdkonnas (Transpordiamet, 2021).

ITS süsteemide nähtavaimaks osaks on muutuva teabega liiklusmärgid ja nendel kuvatava teabe jaoks info kogumine ja info kogumise automatiseerimine. Muutuvteabega märke kasutatakse selleks, et saavutada optimaalsed liiklustingimused, minimaalse viivituse ja ummikuga, selleks, et leida avalikel teedel tasakaal ohutuse, liikuvuse ja mugavuse vahel. Esimesi muutuva teabega liiklusmärke katsetati Uus-Lõuna-Wales'i Austraalias 1993. aastal. Intelligentsed transpordisüsteemid (ITS) kui tehnoloogia, on tuntud jätkusuutliku liikuvuse soodustajana (TMS-DG02, 2015).

Kaks enam levinud, kiiruse muutmise, põhjust on - ilmastikutingimused ja liiklusolud. Mõlemal juhul on liiklusmärkide eesmärgiks hoiatada juhte eesolevatest oludest. Muutuva teabega kiiruspiirangu märkide (VSL) peamiseks eesmärgiks on toetada juhte ohutu liikumiskiiruse valikul või parandada liikluse sujuvust (TMS-DG02, 2015).

Valdavalt juhitakse muutuva teabega märke lähtuvalt mõnest parameetrist: tuule kiirus, nähtavus, teepinna karedus, liiklustingimused. Täiuslikumad süsteemid kasutavad nõudlikumaid ilmajaamade süsteeme nagu on kasutusel Soomes.

Järgmises nimekirjas on parameetrid, mida detailsema juhtimissüsteemi puhul kasutatakse (Teede Tehnokeskus, 2018):

- nähtavus;
- keskmine ja maksimaalne tuule kiirus;
- karedus;
- teepinna temperatuur;
- saju intensiivsus;
- saju liik (vihm, lumi jms);
- teepinna seisukord (märg, jääne, lumine jms).

Vastavalt Teede Tehnokeskuse 2018. aastal koostatud uuringule, tuleks juhtimisotsuste tegemises, rakendada lisaks ka kastepunkti temperatuuri ja veekihi paksust. Kastepunkti temperatuuri võrdlemisel teepinna temperatuuriga on võimalik ennetavalt

ja jooksvalt tuvastada härmatise tekkimise tõenäosust ja ulatust. Veekihi paksuse järgi on suhteliselt hästi võimalik tuvastada ja seirata härmatise tekkimist teepinnal, samuti hinnata tee pinnale kogunenud jää, lume või lörtsikihi paksusest tulenevat mõju sõidutingimustele. Liiklusmärkide juhtimisotsuste tegemisel on oluline ka andmete uuenemise intervall. Andmete edastamise intervall 1 min on piisav, 5 min juba liiga aeglane (Teede Tehnokeskus, 2018).

Rahvusvaheliselt jagatakse tee seisukord kolme kuni viite klassi. Reeglina kasutatakse jaotust, kus kõige kõrgem tase on piiranguta ja sellele järgnevad väga hea, hea, halb ja väga halb või hea, halvenenud, halb ning väga halb. Tihti ei nimetata sõidutingimusi nt headeks või halbadeks, vaid lihtsalt nähakse ettevalitud kriteeriumitele vastavad piirkiiruse väärtused.

Tasemete valik on hea tava kohaselt selline, et neid on vähe ja need on lihtsalt tuvastatavad ning liiklejatele tekiks selge arusaam. Eesti riigiteede VMS märkide juhtimisreeglid on Soomele sarnaselt nelja astmelised. Järgnevas tabelis on, Teede ja Tehnokeskuse analüüsi tulemusena, soovitatud Tallinn-Pärnu-Ikla maanteele, projekti SMART E67 raames paigaldatud muutuva teabega märkide juhtimise, neljaastmeline klassifikatsioon (Tabel 1.3).

Tabel 1.3 Tallinn-Pärnu-Ikla maantee soovituslikud sõidutingimuste klassid ja piirkiirused (km/h) (Teede Tehnokeskus, 2018)

Sõidutingimuste klassid	2+2 suvel	2+2 talvel	1+1 maantee (Ääsmäe viadukt)	1+1 linn (Papiniidu sild)
A. Head	110	110 (90*)	90	70
B. Rahuldavad	110	90	90	70
C. Halvad	90	80	80	50
D. Väga halvad	80	60	60	30

1.8 Muutuva teabega märkide juhtimine Eestis

Transpordiameti ITS arengukava aastateks 2021-2025 seab eesmärgiks luua süsteemne lähenemine Transpordiameti sees ja koostööpartnerite vahel ITS lahenduste arendamiseks, Eesti maanteedel.

Transpordiameti ITS arengukava 2021–2025 näeb ette järgnevate põhieesmärkide saavutamist:

- liikluse sujuvuse soodustamist riigimaanteedel;
- liiklusohutuse olukorra parandamist;

- teehoiu ja liiklejate abisüsteemide arendamist;
- liiklusteabe, reisiandmete ning muu liikumisega seotud teabe kogumist ja vaba kättesaadavuse tagamist.

1.8.1 VMS lahendused riigiteedel

Riigiteedel juhitakse VMS märke liiklusjuhtimiskeskuses (LJK) teilmajaama info alusel. Teeilmajaam edastab viie minutilise intervalliga järgmist infot: tee seis, tee temperatuur, õhutemperatuur, sademed, sademete sagedus, teekaamerad (fotod 10 min tagant). Riigiteedele on paigaldatud 85 teilmajaama. Teeilmajaamad annavad regulaarselt infot, mille alusel on koostatud juhtimisreeglid ja tehakse otsused vastavalt märkidel kuvatavale infole.

Soomel on pikem kogemus ilmastikust sõltuvast kiiruse juhtimisest, millest on Eesti lahenduse puhul eeskujuga võetud. Mujal maailmas sellise detailsusega liiklusjuhtimist ei tehta (Kuku Raadio, 2022).

Riigiteedel kasutatavate muutuva teabega märkide juhtimise kogemusega tutvumiseks korraldati töö raames intervjuu liiklusjuhtimiskeskuse juhi Siim Vaikmaaga. Intervjuu käigus tutvuti olemasolevate juhtimisreeglitega ja VMS märkide juhtimise tuleviku visioonidega. Järgnev peatükk on kokkuvõtte intervjuust.



Joonis 1.4 Transpordiameti liiklusjuhtimiskeskus

Olemasolev olukord

Riigiteedel korraldab VMS märkide juhtimist liiklusjuhtimiskeskus (Joonis 1.4). Keskuse ülesanne on anda maanteel liiklejatele operatiivset infot läbi järgmiste tegevuste: liikluspiirangute info kogumine, nende avalikustamine Tark Tee portaalis ning olulisemate liikluspiirangute ja talviste sõiduolude kohta info edastamine meediasse (Liiklusjuhtimiskeskus, 2024).

Riigiteedele on paigaldatud 2024. aasta jaanuari seisuga 239 elektroonilist liiklusmärki, neist kiirus- ja hoiatusmärke 197. Liiklusjuhtimiskeskuses jälgib liiklusjuht jooksvalt teeolusid, kiiruspiiranguid ja liiklusvoogu. Riigiteedelt kogutakse teeilmajaamade kaudu infot, mille järgi tehakse otsuseid VMS märkide muutmiseks (Muutuva teabega..., 2024).

Otsuseid tehakse juhtimisreeglite alusel, et sarnased olud tooksid kaasa sarnase informatsiooni ja sarnased piirangud. Sarnane liiklusmärkide juhtimine sarnastes olukordades tõstab märkidel kuvatu usaldusväärsust ka juhtide seas. Muutuva teabega märkide haldamiseks kasutatakse Swarco arendatud Omnia platvormi. Peamiselt tehakse riigiteedel juhtimisotsuseid ilmastikutingimustest lähtuvalt. On vaid mõned kriitilised kohad, kus liiklustihedust on vaja kasutada juhtimisotsuste tegemisel. Päevasel ajal (tööpäeviti 6:00-20:00 ja nädalavahetustel 8:00-20:00) tehakse juhtimisotsuseid poolautomaatselt. Süsteem valmistab ette reegli alusel stsenaariumi ja liiklusjuht kinnitab selle. Muudel aegadel ehk vähese liikluskoormusega ajal toimub juhtimine automaatselt.

Alates 2024. aasta jaanuarist on kasutusel täpsustatud neljaastmelised juhtimisreeglid (Muutuva teabega..., 2024):

- **Head olud**- Tablood on vaikumisi pimedad, millegi eest ei ole hoiatada. Teel ei ole tuvastatud libedust, lund ega lõrtsi. Kiirused kehtestatakse 100 kuni 110 km/h.
- **Rahuldavad olud**- Teeseisu halvenemise tõttu kuvatakse liiklejale hoiatus libedusest või jääst. Ohutuks liiklemiseks on piirkiirus langetatud kuni 90 km/h.
- **Halvad olud**- sõiduolud on halvad teeseisu, madala haardeteguri, intensiivse saju või mõne muu teguri tõttu. Lubatud kiirus liiklemiseks on kuni 80 km/h.
- **Väga halvad olud**- liiklustingimused on äärmiselt halvad. Sel juhul kuvatakse märkidel liiklemiseks lubatud kiirusena kuni 70 km/h.

Iga juhtimisreegel jaguneb parameetrite järgi omakorda väiksemateks klassideks. Järgnevas tabelis on kujutatud „head sõidutingimused“ jagunemine viieks (Tabel 1.4).

Tabel 1.4 Riigiteede juhtimisreeglite jagunemine (Transpordiamet)

ANDUR	PARAMEETER	VÄÄRTUS	Reegel kiirusjuhtimine_2+2 rakendub kui:	Suvi (2+2)	Suvi (2+2) auto	Talv (2+2)	Talv (2+2) auto
A. HEAD SÕIDUTINGIMUSED							
20 A1 TALVISE SAJU ALGUS - Rahuldavad sõidutingimused, lumesaju algus							
Sajuandur	present_weather ehk saju liik	4 või 5 (lume või lörtsisadu)		X	X	100	100
	ja precipitation_intensity ehk saju intensiivsus	> 0.1 mm/h					
VÕI							
Sajuandur	present_weather ehk saju liik	4 või 5 (lume või lörtsisadu)	Veekihi tingimus kehhtub vähemalt ühel rajal.				
ja Teeandur	water_layer_thickness ehk veekihi paksus	> 0.05					
21 A2 RAHULDAV TEESIS (libedust pole)							
Optiline või teeandur	surface_state või surface_state_opt ehk teesis	2 või 3 või 8 või 4 (niiske, märg, niiske+, märg+)	Üks veekihi tingimus kehhtub vähemalt ühel sõidurajal.	X	X	100	100
JA							
Optiline andur	water_layer_thickness_opt ehk veekiht	<= 0.15 ja > 0.05					
VÕI							
Teeandur	water_layer_thickness ehk veekiht	<= 0.4 ja > 0.2					
ja teetemp		< +2°C					
VÕI							
Optiline andur	surface_state_opt ehk teesis	9 (lörts)					
ja water_layer_thickness_opt ehk veekiht		> 0.01 ja <= 0.1					
ja Teeandur	teetemperatuur	< +2°C					
VÕI							
Optiline andur	water_layer_thickness_opt ehk veekiht	> 0.15					
ja Teeandur	teetemperatuur	> 0°C ja < +2°C					
22 A3 HALVENENUD NÄHTAVUS Head sõidutingimused halvenenud nähtavusega <i>kõik eelnevad X1 tingimused, välja arvatud:</i>							
Sajuandur	visibility ehk nähtavus	< 600 ja >= 300 m		110	100	110	100
23 A4 SUVINE SAJU ALGUS - Head sõidutingimused, reegli eesmärk langetada kiirus 120 → 110.							
Optiline andur	water_layer_thickness_opt ehk veekihi paksus	>= 0.2 mm		110	110	110	100
ja Teeandur	teetemperatuur	>= +2°C					
25 A0 MUUD KLASSID EI RAKENDU Head sõidutingimused -> Reegel rakendub kui ühtegi teist klassi ei tuvastata							
Optiline ja teeandur	level_of_grip ehk karedus	> 0.6	Teeseisu tingimus peab kehtima mõlemas suunas vähemalt ühel rajal + optiline	110	100	110	100
	ja surface_state_opt või surface_state ehk teesis	<= 9 (kõik teeseisud)					

Järjekorranumber esimeses tulbas näitab juhtimisreegli testimise prioriteeti. Iga viie minuti tagant saavad uued andmed. Eelseadistatud prioriteetide järgi arvutatakse automaatselt, alates esimesest, kõik väärtused läbi ja selle tulemusena selgub mõõdetud parameetritele sobilik juhtimisreegel. Sobilik kiirus ja hoiatus valitakse neljanda tulba väärtuste põhjal.

Samuti kasutatakse juhtimisotsuste täpsustamiseks teeholdajatelt ja ühissõidukitelt kogutud infot tee seisu kohta läbi Teedeinfokeskuse (TIK) veebirakenduse.

Teehooldajad, teostades järelevalvet tee seisundi kohta, edastavad rakendusse ELTRIP teepikkuse ja haardeteguri mõõturi mõõtmistulemused. TIK rakendusse kogutakse infot ka Lux Express Estonia AS ühissõidukitelt, millele on paigaldatud optilised andurid.

Veel kasutatakse „Waze linnadele“ programmi raames Transpordiametile jagatud infot, liiklusmärkidel juhtimisotsuste tegemisel. Waze andmestikust kasutatakse hoiatusi teelolevate objektide, liiklusõnnetuste ja lõigu läbimise keskmiste kiiruste kohta. Juhtimiskeskusesse saabuvad automaatselt Waze keskkonna kasutajate lisatud teavitused. Liiklusjuht kontrollib teavituse sisu ja vastavalt sellele muudab märkidel kuvatud infot. Kiiruste info aitab liiklusjuhil tuvastada täiendavaid probleeme liiklustiheduses. Kui lõigu läbimise aeg erineb etteantud väärtustest, antakse sellest automaatselt liiklusjuhile teada ja liiklusjuht kontrollib selle võimalikke põhjuseid.

Suuremate liiklusõnnetuste infot edastab liiklusjuhtimiskeskusele Päästeamet. Päästeametist saadud koordinaatide alusel kuvatakse, mõjualasse jääval infotablool, liiklusõnnetuse infot ja kaugust selleni.

Järgnevad sammud

Transpordiametil on arendamises, tänase poolautomaatse Waze teavituste kasutamise asemel, automaatse kuvamise võimaldamine.

Andmetega soovitakse liiklejat informeerida:

- soovituslikust ümbersõidust;
- seisvast sõidukist;
- takistusest teel;
- liiklusõnnetustest.

Pikemaks eesmärgiks on ka valvekorra juurutamine, et töövälisel ajal oleks võimalik erakordsete sündmuste (nt suured liiklusõnnetused) korral liiklusmärkidel kuvatavat infot operatiivselt muuta.

Väljakutsed automaatse juhtimise praktikas

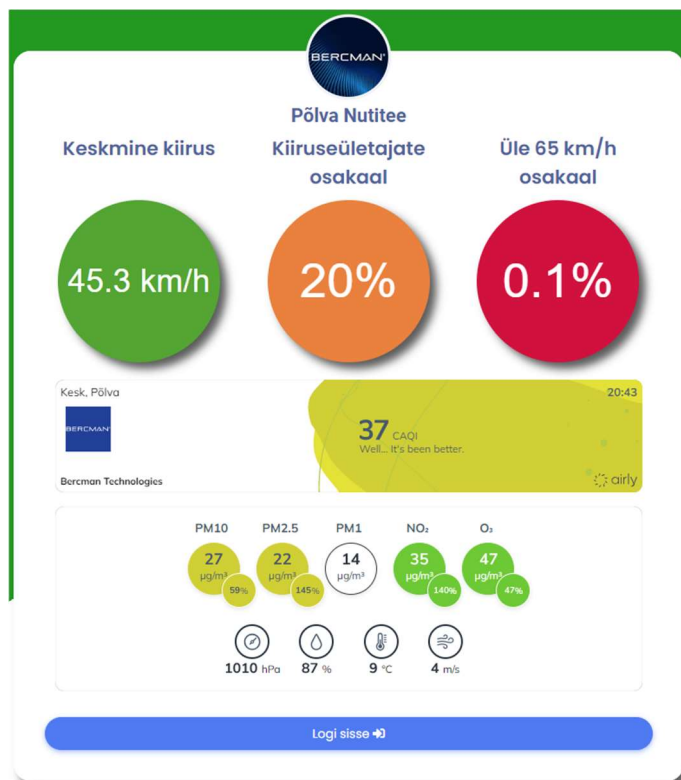
Intervjuus tõi liiklusjuhtimiskeskuse juht Siim Vaikmaa välja ka mõned väljakutsed senises praktikas. Olenevalt, lumistest teeoludest ja sõidujälgede nihkumisest, võivad kätteandurid jääda sõidujäljest välja, mistõttu on infos moonutused. Andur tuvastab lubatud piirmäära ületava lumekihi paksuse, kuid tegelikkuses on sõidujäljed puhtad. Selliseid olukordi aitab liiklusjuhil tuvastada kaamerapilt.

Pikkadel kiirus-juhitavatel lõikudel on teolud erinevad ja neil kuvatavad kiirused ei ühildu üksteisega. Mistõttu võib liiklejale olla arusaamatu, miks ühel ja samal teel, kiirus lõiguti erineb. Mõnikord on tegemist eelmises lõigus kirjeldatud andurite anomaaliaga, kuid põhjuseks võib olla ka reaalselt erinevad teolud. Anomaalia ja tegelikkuse tuvastamiseks kasutatakse kaamerapilte ja otsuseid täpsustatakse vastavalt nendele.

Andmed on viitega ja kiireid muutuseid vajavaid otsuseid tehakse lokaalselt. Info edastamiseks on täna kasutusel 4G andmeside. Riigiteedel on rismikele rajatud, lähenevast sõidukist, hoiatavad süsteemid. Nende süsteemide toimimine on lahendatud lokaalselt, et vähendada andmeside viivitust.

1.8.2 VMS rakendused linnades ja asulates

Põlvas valmis 2024. aasta algul Eesti esimene nutitee. Nutitee paikneb Kesk ja osaliselt Jaama tänaval ja moodustab lõigu kogupikkusega 2,5 km. Põlva nutitee rajati eesmärgiga suurendada liiklusohutust. Liiklejaid hoiatatakse ülekäigurada ületavatest jalakäijatest valgussignaaliga. Lisaks kogutakse andmeid linnasisese keskmise kiiruse ja jalakäijate ning mootorsõidukite liiklussageduse kohta. Liiklusstatistika on kõigile kättesaadav peamiste näitajate kaudu (Joonis 1.5) (Põlvas valmis... 2024).



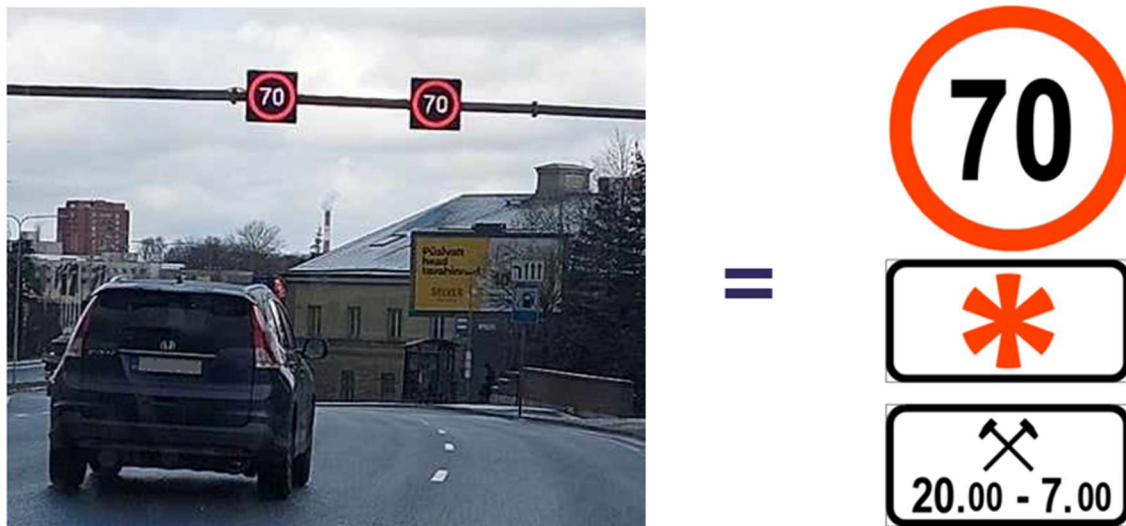
Joonis 1.5 Põlva nutitee liiklusstatistika (kuvatõmmis 16.03.2024)

Tallinna VSL märgid on paigaldatud kolmele teelõigule. Märkidel kuvatakse infot, Tallinna Transpordiameti poolt, vastavalt varem seadistatud ajakavale (Tabel 1.5). Transpordiamet ei kasuta märkide juhtimisel muid sisendeid, kui kindlaks määratud kellaaeg ja nädalapäev.

Tabel 1.5 Tallinna linna tänavate VSL märkide juhtimispõhimõtted (Tallinna Transpordiamet)

Tänav	Päev	Algus	Lõpp	Kiirus
Tammsaare tee	E-R	00:00	06:59	70
Tammsaare tee	E-R	07:00	19:59	50
Tammsaare tee	E-R	20:00	23:59	70
Tammsaare tee	L-P	00:00	23:59	70
Pirita tee	E-P	07:00	18:59	50
Reidi tee	E-P	00:00	23:59	50

Üks VMS märk maksab hinnanguliselt 4700 € (Delfi Forte, 2024) ja funktsionaalsus on sama kui traditsioonilisel märgikomplektil (Joonis 1.6). Samuti puuduvad VMS märkide logid lühiajaliste kiirusepiirangute muudatuste kohta.



Joonis 1.6 Alternatiivne liiklusmärkide lahendus tänastele juhtimisreeglitele

Tallinna Transpordiamet korraldas 2023. aasta juunikuus riigihanke, liiklusmärkide hooldaja leidmiseks, muuhulgas oli hanke objektiks ka elektrooniliste liikluskorraldusvahendite haldamine ja juhtimine. Elektrooniliste liikluskorraldusvahendite alla kuuluvad foorid ja muutuva teabega liiklusmärgid. Hanke kirjeldusele tuginedes on 19.01.2023 seisuga liidestatud Omnivue-ga 128 foorikontrollerit ja OMNIA-ga 175 foorikontrollerit ning 66 VSL/VMS-i. Keskhalduses kirjeldatud elektrooniliste liikluskorraldusvahendite arv oli 359 (293 foorikontrollerit + 66 VSL-i).

Tallinna linnas kasutatavate muutuva teabega märkide juhtimise kogemusega tutvumiseks, korraldati magistritöö raames intervjuu Transpordiameti liiklusseadmete juhtivspetsialist Raimond Nõugast-iga. Intervjuu käigus tutvuti olemasolevate juhtimisreeglitega ja VMS märkide juhtimise tulevikuvisionidega. Järgnev lõik on kokkuvõtte intervjuust.

Tallinnas on muutuvteabega liiklusmärke paigaldatud järk-järgult alates 2014. aastast. Esimesed märgid paigaldati juhtima Järvevana tunneli sissesõite, et takistada ohu korral sisenemist. Andurid tuvastasid tuld ja seisvaid sõidukeid ning liikluskorralduse rakendamine toimus algselt automaatselt. Erinevate süsteemirikete ja volehäirete tõttu muudeti see poolautomaatseks ning muutmise info peab valideerima liiklusjuht.

Raimond Nõugast ei näe, et linnas oleks veel lõike, kus VMS märke paigaldada saaks. Kõige rohkem nähakse kasu infotabloodest (Tallinnasse paigaldatud 55 tk) (Joonis 1.7),

kuhu saab vastavalt olukorrale vajaliku infot kuvada. Talvel kasutati neid jäite eest hoiatamiseks.



Joonis 1.7 Muutuvteabega infotabloo (Google Maps)

Intervjuus toodi välja ka elektrooniliste märkide üks puudustest, mis on nähtavus. Valgusdiod (LED) lahendusel põhinevad liiklusmärgid paistavad ainult kindla nurga alt vaadates. Samuti on tuvastatud rikkeid ja anomaaliaid Tammsaare teele paigaldatud märkidel. Anomaaliateks loetakse näiteks samas ristlõikes olevatel märkidel kuvatakse erinevaid kiiruseid.

Tallinna Transpordiametil on oma ilmajaamad. Neid on üle Tallinna paigaldatud 13 tk. Ilmajaamad on paigaldatud kohtadesse, kus on nähtavalt teistsugune maastik ja olemas elektriühendus. Ilmajaamade peamine ülesanne on infotabloodel kuvatava info sisendi andmine liiklusjuhile. Ilmajaama anduriks on kaamera, mis mõõdab tee temperatuuri. Sarnaseid jaamasid kasutatakse ka Soomes, sildade libeduseohu tuvastamiseks.

Tammsaare ja Järvevana teele on VSL märke paigaldatud mitmes jaos. Esimesed märgid paigaldati 2019. aastal ja viimased 2023. aasta lõpus. Muutuvteabega märkide detailsemate juhtimisreeglite loomise plaane Transpordiametil ei ole.

1.9 Järeldused

Teooria läbitöötamisel sai kinnitust, et linnalises keskkonnas pole Eestis varem juhtimisreegleid kehtestatud. Tallinnas puuduvad tagasiulatuvalt logid ajutiste kiiruspiirangute muutmise kohta. Eriti ohtlik on autori hinnangul see, et varasemate

uuringute tulemustest lähtuvalt, ei taju juhid piisavalt vihmasajust tingitud ohte. Muutuva teabega märkide efektiivsem kasutamine annab võimaluse juhte kiiruse valikul toetada. Muutuva teabega märkide usaldusväärsus juhtide seas on kõrgel tasemel, mistõttu on uuringutes leitud, et nende kasutuselevõtt vähendab liiklusõnnetusi. Samuti aitavad muutuvteabega märgid ühtlustada sõidukite liikumiskiiruseid erinevatel sõiduradadel ja sellega vähendada liiklusõnnetusse sattumise riski. Samamoodi saab piirkiirust vähendada ka etteulatuvalt eelneval lõigul, et ohule (nt ummikus seisev sõiduk) lähenev sõiduk saaks aegsasti kiirust vähendada.

2 UURIMISMETOODIKA JA ANDMED

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on läbi mõõdetavate suuruste vahelise seose välja töötada parameetrid, mille alusel juhtida VSL märkidel kuvatavat infot Tallinnas, A. H. Tammsaare ja Järvevana teel. Läbi nende mõõdetavate seoste, leida võimalused VSL märkide autonoomseks juhtimiseks, et tagada ohutu ja keskkonda säästev liikumiskiirus.

2.1 Uuritava lõigu kirjeldus

Tallinnas on tänavad, vastavalt 2022. aastal kinnitatud Tallinna Linnavalituse määrusele nr 1 „Tallinna teede liigid“, liigitatud funktsionaalse oleku põhjal. Igale tänavale on omistatud kolmekohaline arv (Tabel 2.1) (Tallinna linnavalitus, 2022).

Tabel 2.1 Tallinna teede liigid (Tallinna linnavalitus, 2022)

Esimene number		Teine number		Kolmas number
1	Magistraal	1	Kiirtee	Muud parameetrid
		2	Põhitänav	
		3	Jaotustänav	
2	Juurdepääsutee	1	Kõrvaltänav	Muud parameetrid
		2	Veotänav	
		3	Kvartalisisene tee	
		4	Jalgtänav	
		5	Jalgtee	

A. H. Tammsaare tee kannab liigituse numbrit 122. Vastavalt „Tallinna teede liikidele“ on antud tänavale magistraal põhitänav. Tammsaare tee jätkub alates Pärnu mnt-st Järvevana teena, mille tänavale liigituse number on 123. Vastavalt määrusele on mõlemad tänavad magistraal põhitänavad (Tallinna linnavalitus, 2022).

Linnatänavate liigituse liigid on vastavuses standardiga EVS 843:2016 „Linnatänavad“. Standardi „Linnatänavad“ järgi on Järvevana tee pigem linna kiirtee ja Tammsaare tee jaotusmagistraal (Tabel 2.2).

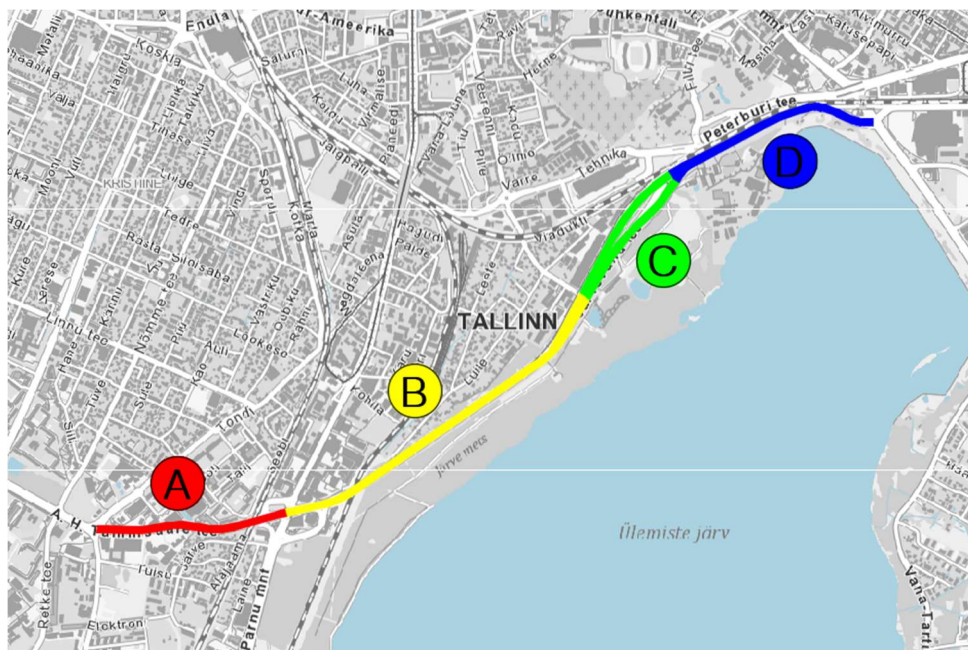
Tabel 2.2 Tammsaare ja Järvevana tee tehnilised omadused

Näitaja	Tammsaare tee	Järvevana tee
Projektkiirus, km/h	-	-
Kiiruspiirang	50 ja 70	70
Kergliikluse paigutus	Kõnniteel	Eraldatuna
Ristmikud ja kergliiklejate teeületus	Eritasandiline	Eritasandiline
Vähim ristmikevaheline samm, meetrites	300	500
Sõiduradade arv	4	4
Liiklussagedus a/ööp	60402	60402
Tipptunni liiklussagedus % AKÖL-ist	9,65%	9,65%
Teenindustase projekteerimisel	-	-
Ühistranspordi liinid	Esinevad	Esinevad
Ühistranspordi peatused	Taskus	Väljaspool läbivliikluse sõiduradasid
Pikisuunaline kergliiklus	Esineb	Ei esine
Raskete veokite liiklus	Esineb	Esineb
Linna läbiv autoliiklus	Esineb	Esineb
Linnasisene autoliiklus	Esineb	Esineb
Ligipääs valdustele	Esineb	Esineb
Peatumine	Ei esine	Ei esine
Parkimine	Ei esine	Ei esine
Liik	Põhitänav	Linna kiirtee

Kehtestatavate kiiruste valikul saab lähtuda kehtiva standardi nõuetest. Käesolevas töös pole keskendutud tänava ehituslikele iseärasustele. Suuremate piirkiiruste kehtestamise eelduseks on, et tee elemendid vastavad kehtestatud nõuetele. Enne piirkiiruste tõstmist, tuleks teostada täiendav analüüs tee vastavusest kehtestatavatele piirangutele ja vajadusel need muudatused sisse viia.

Uuritavale lõigule on paigaldatud 2024. aasta aprilli seisuga muutuva teabega liiklusmärgid 22-le ristlõikele, mis võimaldavad kiirust juhtida 19-l märkide vahelisel lõigul (vt Lisa 2).

Seoste leidmiseks jagati uuringuala neljaks tsooniks, mille kohta koguti andmeid keskmise kiiruse, liiklusõnnetuste ja ilmastikutingimuste kohta. Lõike analüüsiti mõlemas sõidusuunas eraldi (Joonis 2.1).



Joonis 2.1 Tammsaare ja Järvevana tee uuringutsoonid

Uuringuala jaotati ristmike alusel neljaks lõiguks:

- A. A. H. Tammsaare tee, lõigus Tondi tn kuni Pärnu mnt;
- B. Järvevana tee, lõigus Pärnu mnt kuni Veerenni tn;
- C. Järvevana tee, lõigus Veerenni tn kuni Veskiposti tn;
- D. Järvevana tee, lõigus Veskiposti tn kuni Tartu mnt.

Analüüsiks kasutati andmeid järgmiste põhimõtete alusel:

- 30-s tipptund ja selle sama tunni nädal;
- 30-s kõige madalama keskmise kiirusega tund ja selle sama tunni nädal;
- uuringu käigus teostatud loenduse periood 15. nädalal, aprillis.

Analüüsiks valiti 30-s tipptund (30.-tt), et jätta välja ekstreemumid ja analüüsida „tavapärasemat“ olukorda. Valitud 30.-tt meetod on tavapäraselt kasutatav liiklussageduste uuringute puhul.

Lõikude analüüsimisel, seoses kiiruste ja liiklussagedustega, leiti, millised lõigud ning mis väärtusest alates, mõjutavad liikumiskiiruseid ja ka liiklusõnnetuste (kindlustusjuhtumite) aset leidmist.

Võrreldi erinevate väärtuste omavahelist korrelatsiooni uuringulõikudes. Tugeva positiivse korrelatsiooniga seosed on olukorrad, kus kahe näitaja vahel on korrelatsioonikordaja R^2 suurem kui 0,7. Keskmise tugevusega seos on, kui kordaja

jääb vahemiku 0,5 kuni 0,7. Nõrga positiivse korrelatsiooniga seosed on olukorrad, kus kahe näitaja korrelatsioonikordaja on vahemikus 0,3 kuni 0,5. Olematu positiivse ja negatiivse korrelatsiooniga seosed on korrelatsioonikordajaga vähem kui 0,3. Positiivne seos väärtuste vahel näitab, et ühe näitaja suurenemisel, suureneb ka teine. Negatiivne seos näitab, et kui üks muutuja suureneb, siis teine väheneb. Mida lähemal on näitaja nullile, seda suurem on tõenäosus, et nende näitajate omavaheline seos puudub (M.Anissimov, 2017).

Uuringus kasutati järgmisi andmeid:

- Uuritavale alale lähimate teeilmajaamade andmed 2023. aasta kohta (allikas: Teede Tehnokeskus AS).
- Uuritava ala lõikude keskmised kiirused tipptundide ja päevade keskmiste järgi 2023. aasta kohta (allikas: Tanel Jairuse väljavõte, Here Maps andmebaasist).
- Tallinna seiresüsteemi liiklussageduste andmed Tammsaare tee ja Peterburi tee kohta (allikas: Tallinna Transpordiamet).
- A. H. Tammsaare tee ja Järvevana tee liikluskindlustusjuhtumite väljavõte 2020 kuni 2023 (allikas: Eesti Liikluskindlustuse Fond).
- Magistritöö raames kogutud liiklusandmed kiiruse ja liiklussageduse kohta.

2.2 Liiklussagedused


Liiklussageduste analüüsimisel on kasutatud Tallinna liiklusseire süsteemi poolt loendatud liiklussagedusi ja magistritöö raames autori poolt korraldatud loenduse käigus kogutud andmeid.

Tallinna seiresüsteem on loodud MIMOSA projekti meetme raames. Meetme eesmärgiks oli luua süsteem, millega asendatakse manuaalne ja lühiajaline loendus kõrgemal tasemel liiklusseire süsteemiga. Pidevalt toimuv liiklusseire muudab liiklusvoogude ja ühistranspordi planeerimise tõhusamaks (Signaal, 2012).

Seireandmeid kogutakse firma ADEC Technologies AG TDC 3-5-F-B-45-SA anduritega. Andurid tuvastavad sõidukeid, mis sõidavad nende alt läbi, mistõttu on andurid paigaldatud iga sõiduraja kohale. Kasutatakse kolme liiki andureid erineva info kogumiseks. Andurid tuvastavad sõidukite lähenemise kiiruse ja sõiduki kõrguse ning infrapuna andurite kiirtest moodustunud „kardinad“ täpsustavad positsiooni ning liikumissuuna. Mõõtmiste tulemustest saadakse sõidukite väline profiil, mille alusel määratakse sõiduki klass (Signaal, 2012).

Spetsialisti kasutajaliidese kaudu saavad volitatud spetsialistid teha erinevaid päringuid kogutud andmetest. Avalikuks kasutamiseks on koostatud veebirakendus aadressil seire.tallinn.ee, mis teeb serverisse talletatud andmed kasutajatele kättesaadavaks. Veebirakenduse kaudu on võimalik avaliku väljundina kasutajatel jälgida Tallinna ristmike hetkeseisu vastavalt seiresüsteemi legendile noolte värvuste järgi (Joonis 2.2) (Signaal, 2012).

Legend

	hetkekoormus on väiksem kui maksimaalne koormus
	hetkekoormus hakkab lähenema maksimaalsele koormusele
	hetkekoormus on ületanud maksimaalse koormuse

Joonis 2.2 Seiresüsteemi veebirakenduse legend (Signaal, 2024)

Uuringus kasutati A. H. Tammsaare tee sõiduradade kohale, Pärnu mnt viadukti alla, paigaldatud seiresüsteemi andurite poolt kogutud andmeid, mille väljastas uuringu teostamiseks Transpordiameti töötaja, Anton Rohtla (Joonis 2.3).



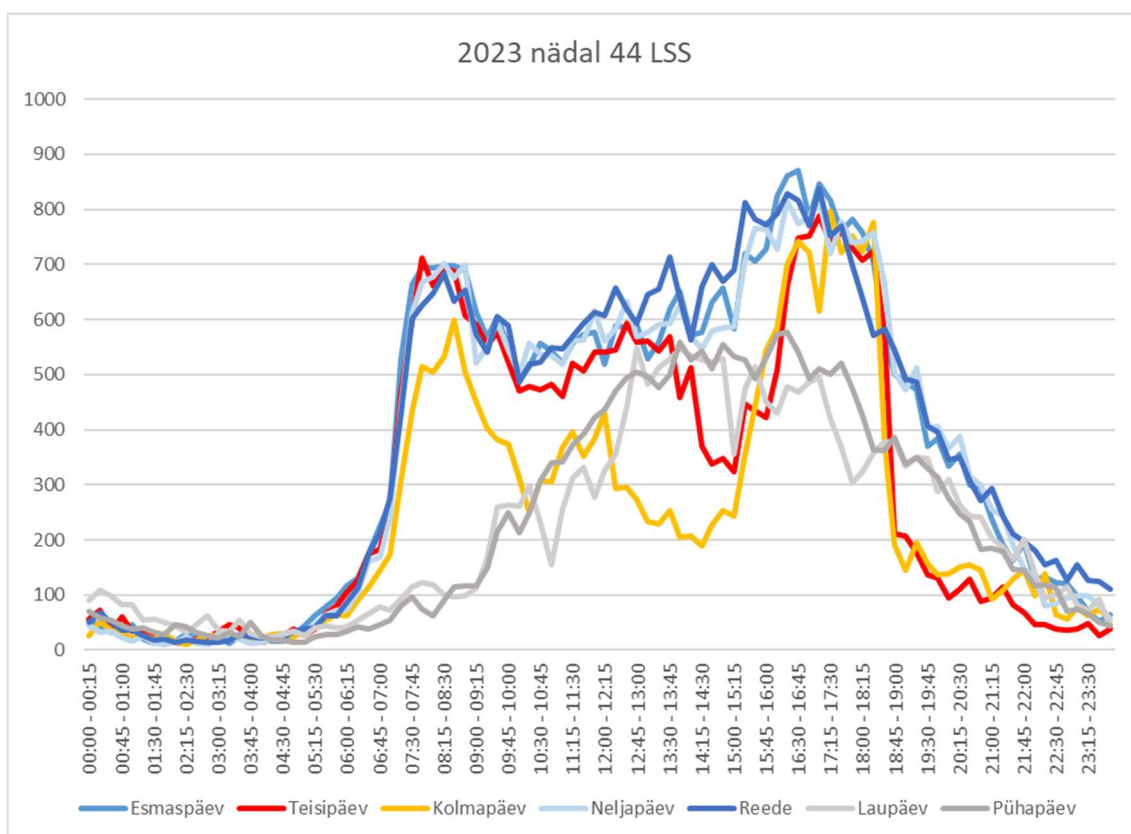
Joonis 2.3 Kasutatud Tammsaare tee seiresüsteemi andurid (Signaal, 2024)

Transpordiametist küsiti, analüüsi teostamiseks, seirepunktide loendatud andmeid järgmiste perioodide kohta:

- 30-s tipttund ja selle tiptunni nädala liiklussagedused (19.04.2023);
- 30-s kõige madalama kiirusega tiptunniga päev ja selle päeva nädala liiklussagedused (01.11.2023);
- uuringu käigus teostatud loenduse periood (10.04.2024 kuni 15.04.2024).

Perioodide analüüsi tulemusena valiti välja järgmisse analüüsi etappi päevad, mille liiklussageduste profiil oli sarnane. Trendist erineva tulemusega päevade andmeid kasutati liiklussageduste juhtimisreeglite toimivuse täpsustamisel.

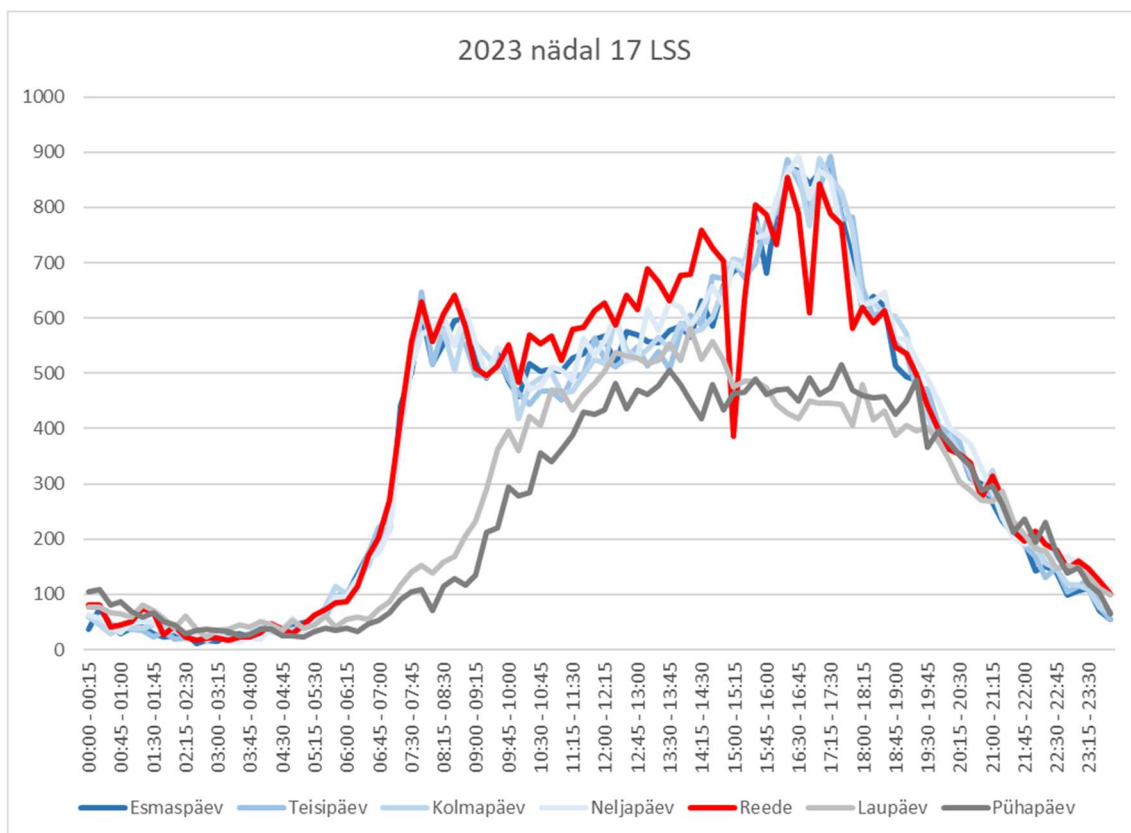
Eelmise aasta 44. nädala liiklussagedustest joonistusid välja kaks teistest erineva liikluse jaotumisega päeva, mis olid vastavalt teisipäev ja kolmapäev (Joonis 2.4).



Joonis 2.4 Nädal 44 aastal 2023

Joonisel 2.4 on kujutatud sinistes toonides tööpäevad ning hallides toonides nädalavahetuse päevad. Punane ja kollane on antud joonisel vastavalt teisipäev ja kolmapäev. Kui tavapärasel nädalal kulgevad tööpäevade liiklussagedused sama amplituudi ja intervalliga, siis 44. nädala kolmapäevane liiklusmaht langeb

tavapärasest nädalavahetuse mahust alla. Samasugune erisus tuvastati ka 2023. aasta 17. nädalal (Joonis 2.5).



Joonis 2.5 Nädal 17 aastal 2023

17. nädala reedesel päeval langes liiklussagedus võrreldes eelnevatel perioodidel (15 min enne ja 15 min pärast) mõõdetud väärtustega ligi 50 %, mis annab alust kahtlustada katkestust andurite töös, kuna mõlema suuna andurid olid, samal ajahetkel, mõõtnud poole väiksemad tulemused. Juhtimisreeglite kvaliteedi huvides on seoste leidmisel tavapärasest erinevad päevad välja jäetud.

Sorteerimise ja esmase andmete kvaliteedianalüüsi järgselt, jäi edaspidiseks kasutatavaks valimiks kaheksa tööpäeva, mille alusel leiti sisendid muutuva teabega märkide juhtimiseks liiklussageduste alusel.

2.3 Kiirused

Uurimustöö koostajal oli võimalus kasutada ja testida uuritavas lõigus HERE Technologies poolt kogutud kiiruse andmeid. Andmed kogus ja esitas töö autorile uuritavate perioodide kohta, õppejõud Tanel Jaiirus.

HERE Technologies (HERE) on asukoha informatsiooni tehnoloogia ettevõtte. Esimese digitaalse kaardi lõi nad enam kui 35 aastat tagasi. Täna on neil suur osalus autotööstuses ja mobiilseadmetes kasutatavates asukoha määramise tehnoloogias. Nende eesmärgiks on muuta maailmas kogutavad andmestikud kõigile lihtsasti kättesaadavaks ning informatsiooni külluses pakkuda klientidele kõige kergemini kasutatavat ja täpsemat, maailma tõlgendavat, digitaalselt mudelit (HERE, 2024).

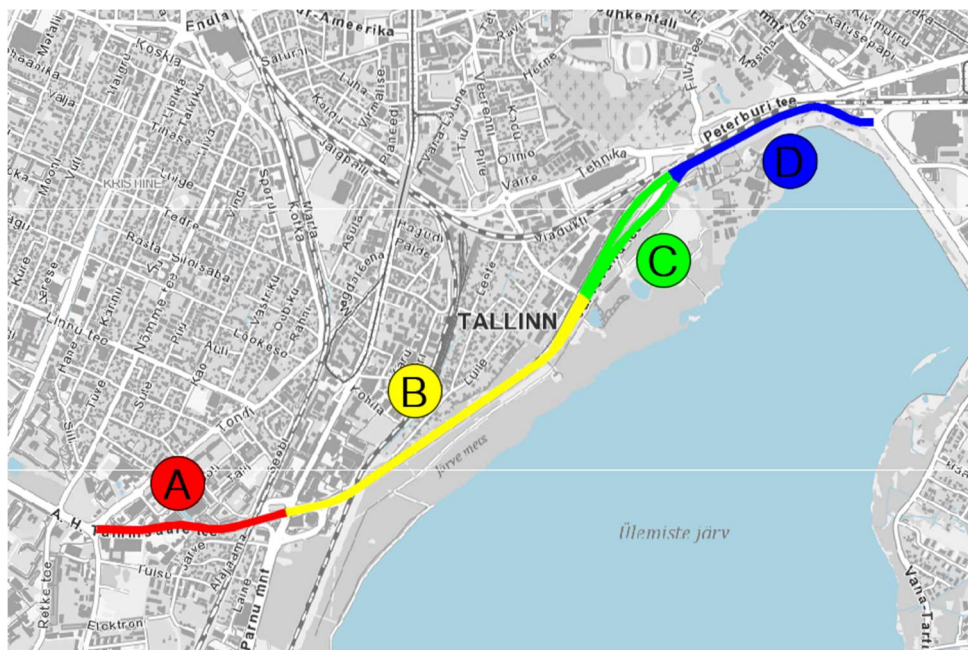
Oma tehnoloogia usaldusväärsuse tagamiseks koguvad nad erinevat liiki andmeid, mida on võimalik erinevates rakendustes kasutada. Läbi andmete kogumise ja jagamise huvitatud isikutele, kes kasutavad neid liikuvuse parandamiseks, soovib HERE olla abiks keskkonna jälje vähendamisele (HERE, 2024).

Magistritöös oli võimalik kasutada terve 2023. aasta keskmised kiirused, päevade keskmiste ja tipptundide keskmiste kaupa. Terve aasta andmeid kasutati, et leida madalaima kiirusega uuringuperiood. Selleks reastati kiirused, alustades kõige madalamast ja valiti välja 30-nda tipptunni kiirus. Uuritavaks nädalaks valiti selle meetodikaga 2023. aasta 44-s nädal.

Magistritöös on jagatud uuritav lõik suuremate ristmike järgi osadeks, et mõista erinevate iseloomudega lõikude käitumise erisusi (Joonis 2.6).

Uuringutsoonid on kirjeldatud järgmiste lõikudena:

- A. A. H. Tammsaare tee, lõigus Tondi tn kuni Pärnu mnt;
- B. Järvevana tee, lõigus Pärnu mnt kuni Veerenni tn;
- C. Järvevana tee, lõigus Veerenni tn kuni Veskiposti tn;
- D. Järvevana tee, lõigus Veskiposti tn kuni Tartu mnt.



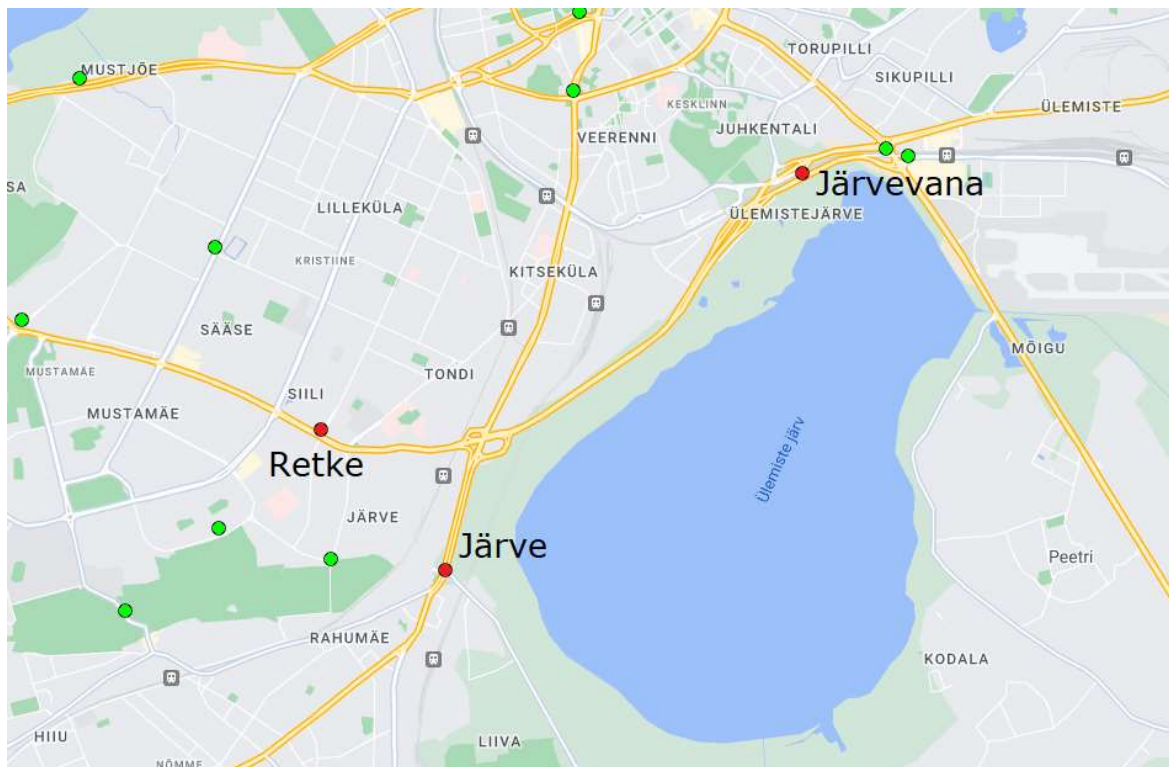
Joonis 2.6 Tammsaare ja Järvevana tee uuringutsoonid

Keskmete kiiruste andmed olid algandmetes viie minutiliste intervallidega. Selleks, et erinevad hetked päevas, oleksid omavahel võrreldavad, taandati kiirused 15 minuti pikkusteks ajalõikudeks. Sellise intervalliga väljastab liiklussagedusi ka linna seiresüsteem. Kiirusteks kasutati lõikude 15 minutilise perioodi keskmisi kiiruseid.

2.4 Ilmastikuolusid kirjeldavad andmed

Ilmaparameetrite mõju hindamiseks oli magistritöö koostajal kasutada Teede Tehnokeskusest saadud Tallinna lokaalsete ilmajaamade andmed ja plaanis oli kasutada ka sademete radaripilti. Radaripildi kasutamise võimalus langes tehnilistel põhjustel magistritöö koostamise ajal ära, kuna mineviku andmetele, alates aprillikuust, juurdepääsu ei olnud. Siiski sai teostada analüüsi Tallinna lokaalsete ilmajaamade kasutamise võimaluste kohta, juhtimisreeglite sisendiks.

Tammsaare tee ja Järvevana tee ilmastiku seoste uurimiseks on kasutatud Tallinna linnas asuvaid teeilmajaama andmeid. Ilmastiku analüüs põhineb Teede Tehnokeskusest saadud uuringupiirkonna lähedale jääva kolme Tallinna teeilmajaama 2023. aasta andmetel (Joonis 2.7).



Joonis 2.7 Uuringus kasutatud ilmajaamade asukohad (Teedeinfokeskus, 2024)

Teeilmajaamad koguvad 10 minuti kaupa järgmiseid andmeid:

- õhu temperatuur;
- õhuniiskus;
- tee temperatuur;
- tee niiskus;
- kastepunkt.

Teeilmajaamadelt saadud andmeid kuvatakse teehooldajatele mõeldud veebirakenduses <https://tik.teeilm.ee/>. Ilmajaamadelt saadud info alusel tehakse otsuseid teede hooldamiseks (Geenius, 2021). Ilmajaamade andmed aasta kohta olid kuvatud 150 000-l real. Seadmete iseärasusest tulenevalt olid andmed esitatud selliselt, et analüüsiks vajalikud väärtused asusid tabelis igal real erinevas veerus (Joonis 2.8)

	A	B	D	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	id	ts	ss	w	Col	Col	Col	Col	Col	Col	Col	Col	Col	Col	Col
5	82204918	1673979612	3206	d6	0,52	d29	2624	d5	0,3	d10	98	d1	0,8		
6	82205334	1673980214	3206	d6	0,62	d29	2670	d5	0,3	d10	98	d1	0,9		
7	82205364	1673980209	3087	d6	0,76	d29	3437	d5	0,2	d10	99	d1	0,9		
8	82204979	1673979603	2670	d6	0,4	d5	1,1	d10	94,9	d1	1,1				
9	82204948	1673979608	3087	d6	0,76	d29	3415	d5	0,2	d10	99	d1	0,9		
10	82205315	1673980204	2670	d6	0,3	d5	1	d10	94,6	d1	1,1				
11	82205796	1673980803	2670	d6	0,4	d5	1	d10	94,6	d1	1,2				
12	82205770	1673980807	3087	d6	0,76	d29	3428	d5	0,2	d10	99	d1	0,9		
13	82205713	1673980809	3206	d6	0,72	d29	2625	d5	0,3	d10	98	d1	1		
14	82309208	1674142208	3087	d29	3483	d10	97	d12	-0,97	d6	1,27	d5	0,3	d1	1,7
15	82206066	1673981403	2670	d6	0,4	d5	1	d10	94,8	d12	0,6	d1	1,1		
16	82206073	1673981409	3206	d29	2738	d10	98	d12	-0,42	d6	0,72	d5	0,3	d1	1
17	82206103	1673981408	3087	d29	3427	d10	99	d12	-0,56	d6	0,76	d5	0,2	d1	0,9
18	82206510	1673982010	3206	d29	2640	d10	98	d12	-0,42	d6	0,72	d5	0,3	d1	1

Joonis 2.8 Ilmajaamadest saadava andmestiku kuju

Andmete korrastamiseks selekteeriti igast veerust välja tööks vajalikud väärtused ja abitabeleid koostades saavutati analüüsiks sobiv andmekuju (Joonis 2.9).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1					D1	D5	D6	D10
2					Temperatuur			
3		Kuupäev	Kell	ID	Õhk	Tee	Kastepu	Õhuniiskus
7	1672586403	01.01.2023	15:20	2670	-0,9	-1,1	-1,9	93
8	1672587004	01.01.2023	15:30	2670	-0,7	-0,8	-1,8	92,1
9	1672587604	01.01.2023	15:40	2670	-0,8	-0,9	-2	91,5
10	1672588203	01.01.2023	15:50	2670	-0,7	-0,9	-1,9	91,9
11	1672588803	01.01.2023	16:00	2670	-0,9	-1,4	-2,1	91,3
12	1672589403	01.01.2023	16:10	2670	-1,1	-1,3	-2,4	91,1
13	1672590004	01.01.2023	16:20	2670	-1,2	-1,6	-2,3	92,5
14	1672590604	01.01.2023	16:30	2670	-1,1	-1,7	-2,2	92,7

Joonis 2.9 Analüüsiks sorteeritud ilmajaamade andmestik

Empiirilises osas analüüsiti, millised ilmajaamade kogutavatest andmetest, liiklustravalisust ja liiklusolusid mõjutavad.

2.5 Liiklusõnnetused

Liiklusõnnetuste analüüsis kasutati liikluskindlustuse kindlustusjuhtumite andmeid Tammsaare tee ja Järvevana tee kohta, Eesti liikluskindlustuse registrist, seisuga 07.03.2024 ja 22.04.2024. Andmed ei sisalda vabatahtliku sõidukikindlustuse (kaskokindlustuse) juhtumeid (LKF, 2024).

Eesti Liikluskindlustuse Fond (LKF) tagab liikluskindlustuse süsteemi toimimise, täites liikluskindlustuse seadusest, riigiga sõlmitud halduslepingust ja põhikirjast tulenevaid ülesandeid (Eesti Liikluskindlustuse Fond, 2024):

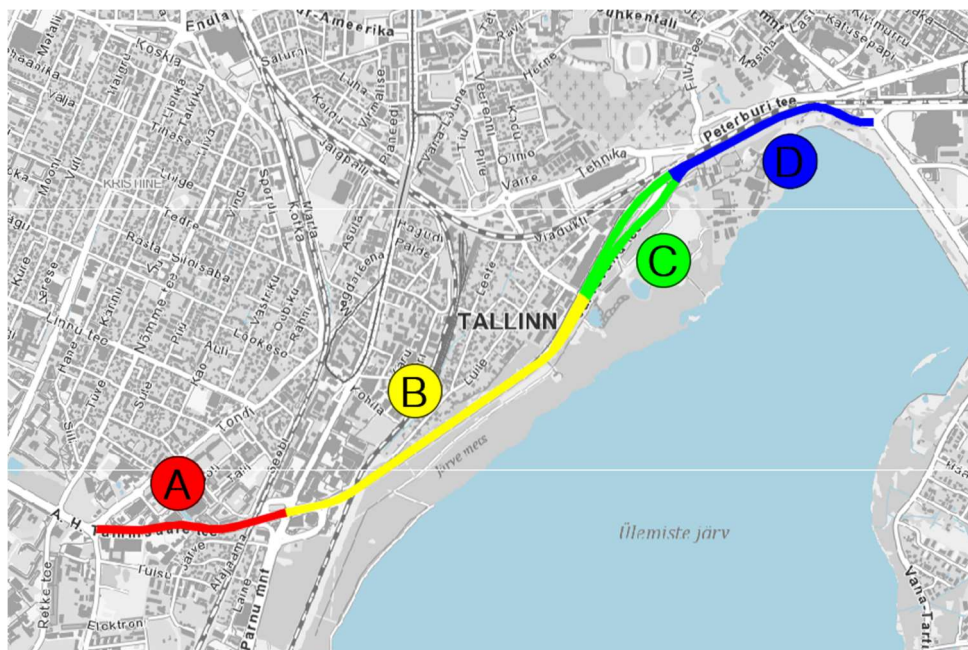
- on kindlustuslepinguta sõiduki sundkindlustaja ning piirikindlustuse kindlustusandja;
- hüvitab seaduses ettenähtud juhul liikluskindlustuse juhtumi tõttu tekkinud kahju. Näiteks hüvitab LKF registreerimata ja tuvastamata jäänud mootorsõidukiga tekitatud kahju;
- peab liikluskindlustuse registrit, milles on teave kõikide Eesti sõidukite liikluskindlustuse lepingute ja liikluskindlustuse juhtumite kohta;
- täidab teabekeskuse ülesandeid, s.t annab kliendile teavet, kellelt nõuda kahju korral kindlustushüvitist;
- on rohelise kaardi büroo Eestis, korraldab muu hulgas rahvusvahelise liikluskindlustuse süsteemi toimimist Eestis;
- on liikluskindlustuse garantiifond, võttes vajaduse korral üle pankrotistunud liikluskindlustuse kindlustusandja kohustused;
- korraldab liikluskindlustuse vaidluste lahendamist liikluskindlustuse lepitusorgani kaudu;
- pakub turuüleseid teenuseid: liikluskindlustuse kalkulaator, sõiduki remondi normeerimise tarkvara Cabas, liiklusõnnetuste asukohad kaardil jm.

Liiklusõnnetuste uurimiseks kasutati 2020. - 2023. aastal registreeritud kindlustusjuhtumeid. Kasutatud andmed sisaldasid infot kindlustusjuhtumi toimumise aja, tüübi, raskuse (kahju suurus ja isikukahju) ja asukoha kohta (Joonis 2.10).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Juhtumi nr	Kuupäev	Kellaaeg	Situatsiooni tüüp	Kas isikukahju esines	Kahju suurus, €	X koordinaat	Y koordinaat
2	R1395761	01.01.2020	14:20	Liiklusõnnetused teel ja ris	asjakahju	1000	6585138	540546
3	R1395859	02.01.2020	15:30	Liiklusõnnetused teel ja ris	asjakahju	1000	6587489	544326
4	R1396253	02.01.2020	17:15	Liiklusõnnetused teel ja ris	asjakahju	alla 500	6585158	540422
5	R1395951	03.01.2020	16:57	Liiklusõnnetused teel ja ris	asjakahju	2000	6585264	541510
6	R1396216	06.01.2020	16:25	Liiklusõnnetused teel ja ris	asjakahju	1000	6585151	540714
7	R1396839	06.01.2020	07:36	Parkimisega seotud liiklusõ	asjakahju	1000	6585158	540643
8	R1396964	08.01.2020	17:55	Liiklusõnnetused teel ja ris	asjakahju	1000	6587312	543942
9	R1401296	08.01.2020	07:50	Liiklusõnnetused teel ja ris	asjakahju	alla 500	6585531	542068
10	R1403315	10.01.2020	12:00	Parkimisega seotud liiklusõ	asjakahju	1000	6587434	544704
11	R1397580	11.01.2020	17:00	Liiklusõnnetused teel ja ris	asjakahju	1000	6585378	541831

Joonis 2.10 Liiklusõnnetuste lähteandmed (LKF, 2024)

LKF andmeid täiendati teistest andmekogudest pärineva infoga (kiirus, liiklussedus, tee temperatuur) ja leiti seosed erinevate parameetrite vahel. Asjakahjuna on töös kirjeldatud liiklusõnnetusi, mille tagajärjel inimesed vigastada ei saanud. Isikukahju puhul on tegemist õnnetusega, kus õnnetuse tagajärjel on registreeritud viga saanud inimene. Analüüsiks jagati uuringuala neljaks osaks, mis on kirjeldatud joonisel 2.11.



Joonis 2.11 Tammsaare ja Järvevana tee uuringutsoonid

Uuringutsoonid on kirjeldatud järgmiste lõikudena:

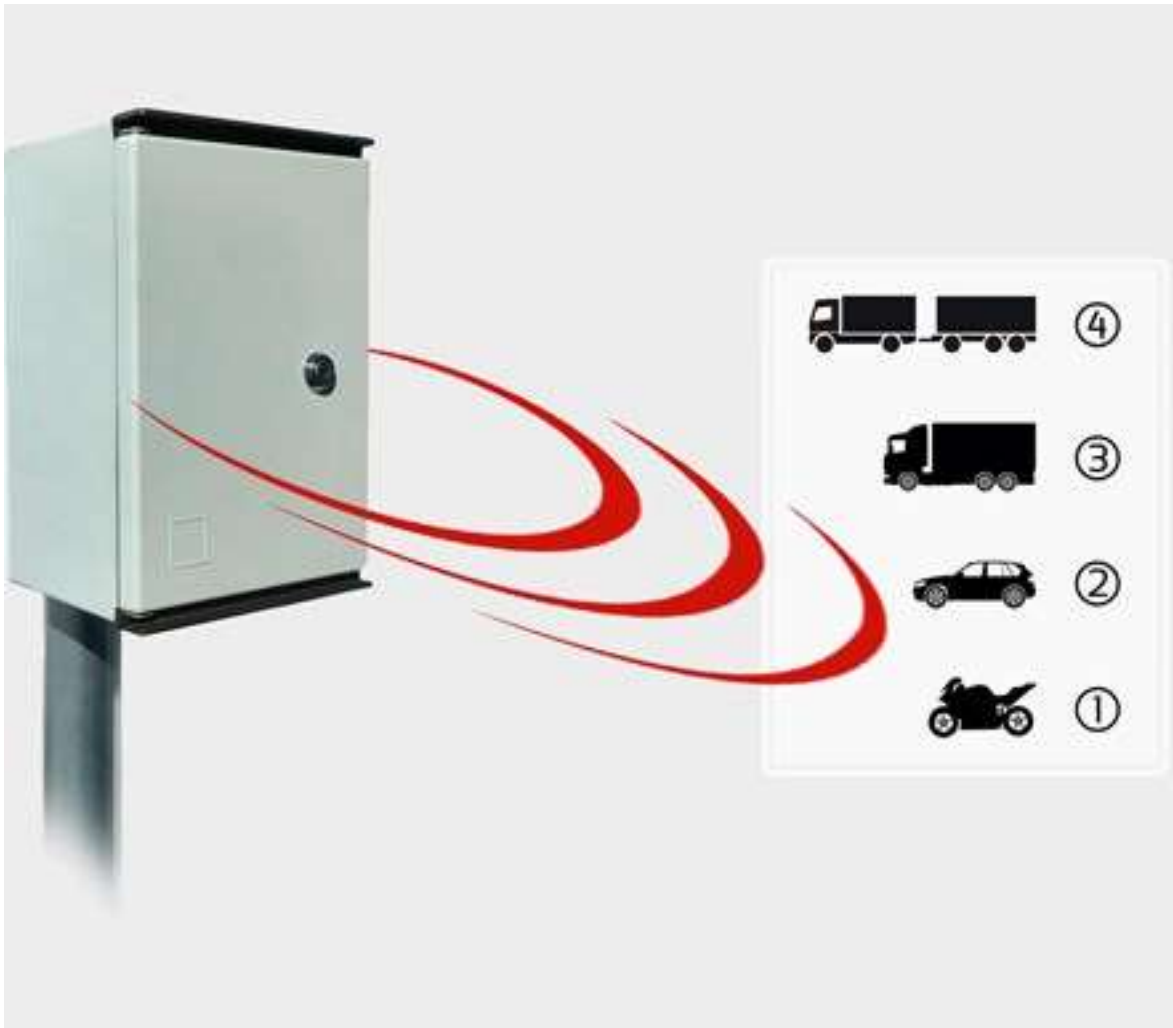
- A. A. H. Tammsaare tee, lõigus Tondi tn kuni Pärnu mnt;
- B. Järvevana tee, lõigus Pärnu mnt kuni Veerenni tn;
- C. Järvevana tee, lõigus Veerenni tn kuni Veskiposti tn;
- D. Järvevana tee, lõigus Veskiposti tn kuni Tartu mnt.

Andmete alusel uuriti varasemate aastate muutuseid. 2023. aasta alusel leiti kuud, kus toimus märgatavalt rohkem liikluskindlustusjuhtumeid. Kiiruse, ilmastiku ja õnnetuste vaheliste seoste leidmiseks tuvastati 2023. aastal päevad, kui leidis aset viis või enam kindlustusjuhtumit.

2.6 Uuringu käigus teostatud mõõtmised

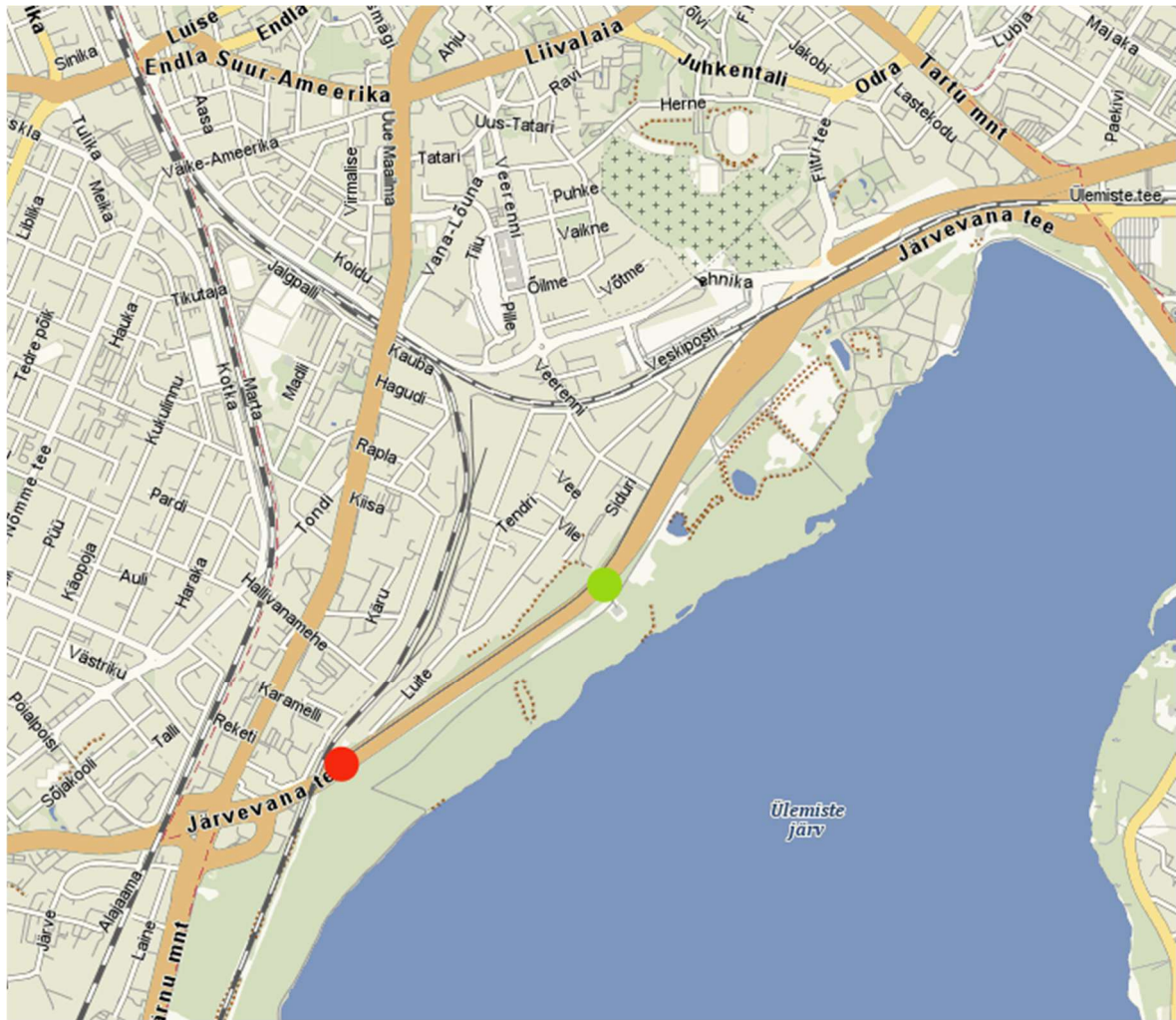
Uuringu käigus korraldati 2024. aastal, 10. aprillist kuni 14. aprillini, liiklussageduse ja liikumiskiiruse uuring. Uuringu käigus koguti andmeid kahe tööpäeva ja kahe nädalavahetuse päeva kohta ja võrreldi saadud tulemusi sama perioodi püsiloenduse ja kiiruse andmetega.

Uuringu läbiviimiseks kasutati liiklusloendurit Vehicle Traffic Counter SR4 (Joonis 2.12). Seade registreerib iga vastuliikva sõiduki klassi ja kiiruse. Mõõtmisandmeid kogutakse radaranduriga. Kiirust mõõdab seade vahemikus 2 kuni 199 km/h ja tagab täpsuse +/- 3 % (Sierzega Elektronik GmbH, 2024).



Joonis 2.12 Kiirusmõõteseadede Vehicle Traffic Counter SR4 (Sierzega Elektronik GmbH, 2024)

Loenduseks paigaldati seadmed mõlemale sõidusuunale. Loenduse kohtade valikul lähtuti eesmärgist koguda andmeid erineva kiiruspiiranguga lõikudel ja sellest, et sõidukid läheneksid sõidusuunas sirgjooneliselt. Seadme kinnitamiseks pidi sobivas kohas olema ka püsiv post, mille külge sai seade kinnitada (Joonis 2.13 ja Joonis 2.14).



Joonis 2.13 Loenduspunktide asukohad (aluskaart Regio)

Joonisel 2.13 on punaselt linna siseneva suuna loenduspunkt, alaliselt 50 km/h piiranguga alas ja rohelisena on linnast väljuva suuna loenduspunkt, alaliselt 70 km/h piiranguga alas. Loenduspunktide andmeid võrreldi samade lõikude kohta teistest andmebaasidest kogutud andmetega.

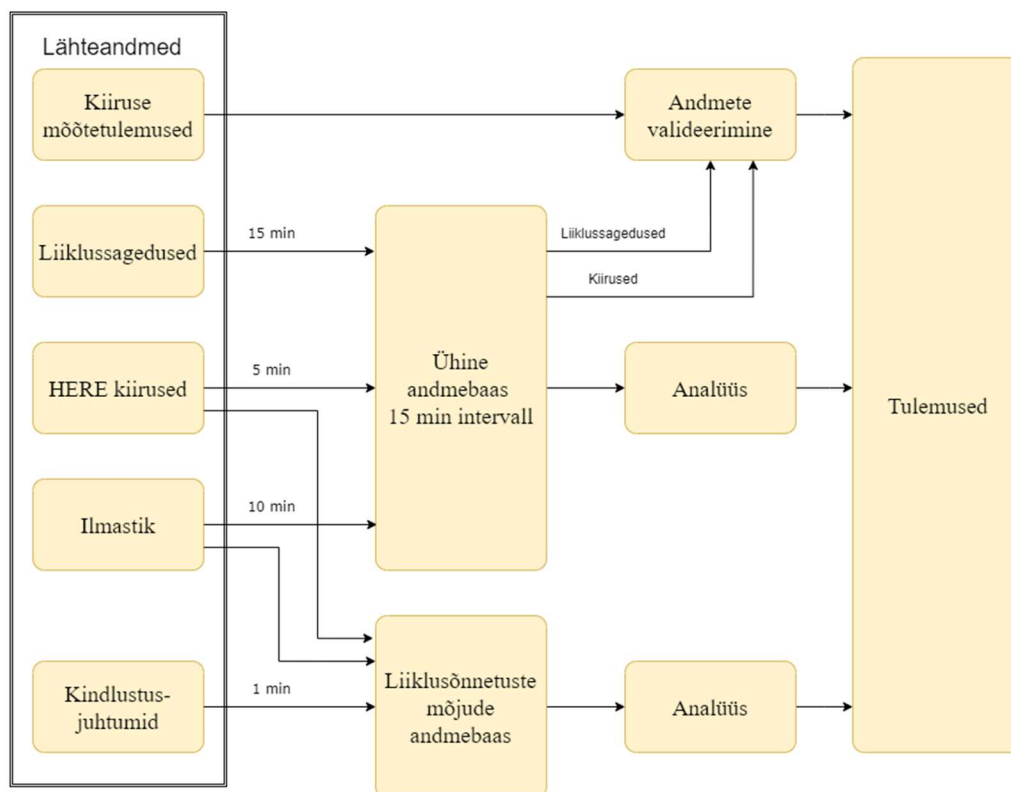


Joonis 2.14 Loendusseadme paigaldamine Järvevana teel, linna siseneval suunal

Töö autorile oli uuringu planeerimisel teada, et seade võib mõõtmistulemusi suurtel liiklussagedustel moonutada ja käesolev töö andis võimaluse nende moonutuste ulatuste tuvastamisel.

2.7 Analüüsimetod

Käesoleva töö kvantitatiivse analüüsi läbiviimiseks koostati, andmete ühtsele kujule saamiseks, mudel (Joonis 2.15). Mudeli seoste rakendamiseks kasutati tabelitöötlusprogrammi Microsoft Office Excel.



Joonis 2.15 Andmete analüüsi mudel

Läbi mudelivaheliste seoste leiti kõige optimaalsem meetod andmete samadesse ühikutesse viimiseks. Kokku oli töös kasutusel kaks erineva ühikuga andmegruppi. Liiklusõnnetuste analüüsis viidi liiklussageduste ja kiiruste väärtused kokku õnnetuse toimumise ajaga. Üldise andmebaasi koostamise eesmärgiks on leida seosed mõõdetavate suuruste vahel 15 minuti täpsusega. Suurte andmehulkade valideerimiseks kasutati, uuringu koostaja poolt korraldatud mõõtmise käigus, kogutud andmeid. Mõõdetud tulemuste ülesandeks oli hinnata kui kvaliteetsed on suure andmehulga andmed.

Andmete ühtsele ajale viimise tulemusena oli võimalik hinnata erinevate muutujate mõju liikumiskiirusele ja koostada juhtimisreeglid minimaalselt 15 minutilisteks ajavahemikeks. Korrelatsiooni võrrandite abil leitakse igale kiirusepiirangule sobivad liiklussageduse väärtused.

3 TULEMUSED JA JÄRELDUSED

Selles peatükis on esitatud uuringu tulemused ja edasised sammud nende tulemuste rakendamiseks. Peamised seosed on leitud sellele, kuidas faktorid muudavad kiirust analüüsitava tee lõikudel ja kuidas mõõdetavad suurused mõjutavad liiklusõnnetuste asetleidmise tõenäosust.

3.1 Ilmastikuandmed

Esmalt võrreldi omavahel ilmajaamu, et selgitada välja kui suures ulatuses muutub ilmastik ja kui suures ulatuses üks ilmajaam piirkonna ilmastikutingimusi kirjeldab. Standardhälbe analüüsist selgus, et keskmiselt erinevad ilmajaamade mõõtetulemused keskmise päeva õhutemperatuuri osas 0,16 °C (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Õhutemperatuuride standardhälve

Väärtus	Erinevus	Ühik
Maksimaalne:	1,629	°C
Keskmine:	0,160	°C
Minimaalne:	0,005	°C

Ilmajaamade kõige suurema õhutemperatuuride erinevustega päevad olid 2023. aastal 1. jaanuar, 1. november ja 30. detsember (Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Ilmajaamade õhutemperatuuride mõõtetulemuste omavaheline erinevus

Kuupäev	Retke	Järvevana	Järve	Hälve
01.jaan	-1,17	0,12	-1,61	0,733
01.nov	6,16	8,86	6,07	1,295
30.dets	1,36	1,10	-2,22	1,629

Andmeanalüüsist selgus, et uuringu piirkonda jäävad ilmajaamad kirjeldavad, VMS märkidega kaetud lõigul, temperatuuri valdavalt 0,16 °C täpsusega. Järgnevas tabelis on analüüsitud ilmajaamade andmete põhjal päevaste õhutemperatuuride kõikumist. Kõige muutlikuma temperatuuriga piirkonnas asub Järve ilmajaam. Maksimaalne standardhälve on seal kõige suurem (Tabel 3.3). Kõige vähem muutub õhutemperatuur Retke ja Järvevana ilmajaamade mõõtepiirkonnas.

Tabel 3.3 Ilmajaamade mõõdetud temperatuuride kõikumised päevade lõikes

Ilma muutlikuse võrdlus				
Väärtus	Retke	Järvevana	Järve	Ühik
Maksimaalne:	5,549	5,379	6,314	°C
Keskmine:	2,257	2,134	2,420	°C
Minimaalne:	0,139	0,249	0,201	°C
Kõikumine	5,410	5,130	6,113	°C

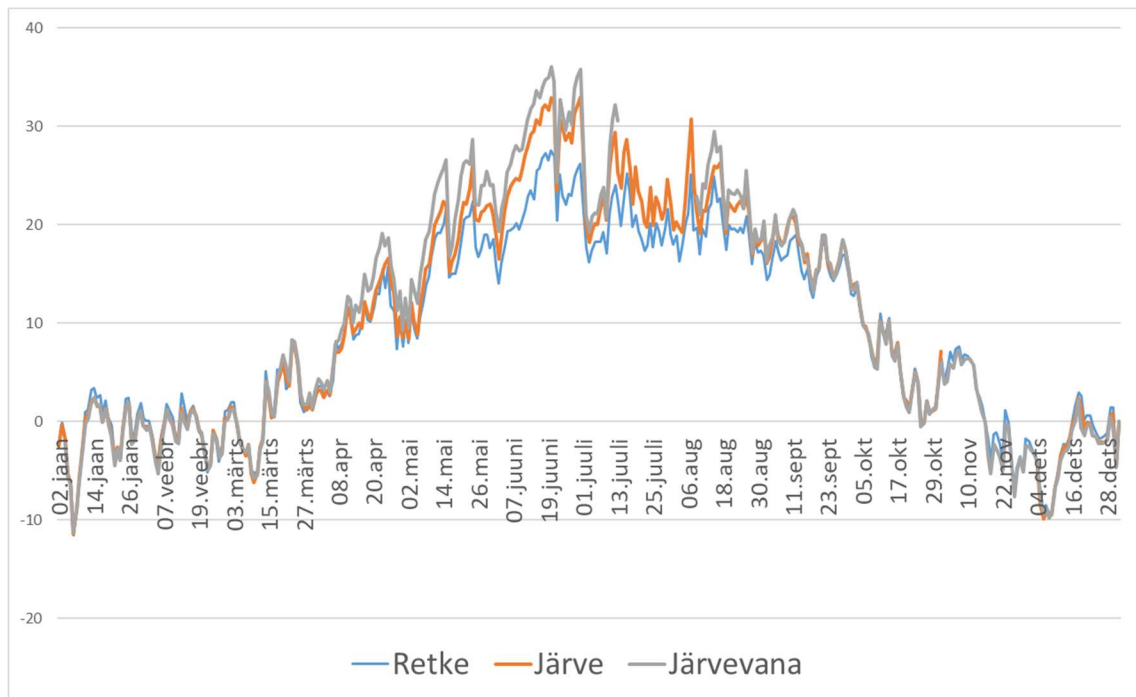
Analüüsitud õhutemperatuuridest lähtuvalt, kirjeldavad uuringuala õhutemperatuuri kõige täpsemalt - Retke ja Järvevana ilmajaamad -, kuna keskmine temperatuuride standardhälve on analüüsi tulemusena väikseim.

Tee temperatuuride erinevus ilmajaamade asukohtade lõikes on suurema erinevusega kui õhutemperatuuri tulemused (Tabel 3.4). Peamine erinevus on suvekuudel, kui Retke ilmajaama mõõdetud tee temperatuuri tulemused on madalamad, kui Järvevana ja Järve ilmajaamade kogutud andmed.

Tabel 3.4 Tee temperatuuride standardhälve

Väärtus	Erinevus	Ühik
Maksimaalne:	4,081	°C
Keskmine:	0,997	°C
Minimaalne:	0,009	°C

Ilmajaamade erinevused tulevad esile suvekuudel, kui päike soojendab ilmajaama mõõtepiirkonnas teekatte pinda (Joonis 3.1). Retke ilmajaama mõõtepiirkonnas on teekate, osa ajast, hoonete varjus ja otsene päike sinna ei paista.



Joonis 3.1 Keskmiste tee temperatuuride võrdlus Retke, Järve ja Järvevana mõõtmispunktides

Tee temperatuuride erinevus on peamiselt suvekuudel ja oktoobrist kuni aprillini jääb keskmiste mõõdetud temperatuuride erinevus vahemikku 0,009 °C kuni 1,555 °C (Tabel 3.5).

Tabel 3.5 Ilmaandmete hajuvus oktoobrist aprillini

Väärtus	Erinevus	Ühik
Maksimaalne:	1,555	°C
Keskmine:	0,302	°C
Minimaalne:	0,009	°C

Kuna mõõtetulemuste erinevused on ainult suvekuudel, siis talvekuudel on võimalik kasutada teilmajaamade poolt kogutud tee temperatuuri andmeid, et juhtida muutuvteabega liiklusmärkidel kuvatavat infot. Kõige väiksem kõikumine tee temperatuurides on Retke ilmajaama mõõtetulemustes. Selle ilmajaama tee temperatuurid muutuvad päeva lõikes kõige vähem (Tabel 3.6).

Tabel 3.6 Ilmajaamade mõõdetud tee temperatuuride kõikumised päevade lõikes oktoobrist aprillini

Tee temperatuuri muutlikuse võrdlus				
Väärtus	Retke	Järvevana	Järve	Ühik
Maksimaalne:	4,706	5,131	5,295	°C
Keskmine:	1,362	1,598	1,549	°C
Minimaalne:	0,237	0,211	0,198	°C
Kõikumine	4,469	4,920	5,098	°C

Tee temperatuur on oluline teeolude kirjeldamisel talvistes oludes. Teeilmajaamasid, hoolimata oma asukohtadest, saab kasutada üksteise tagavara seadmetena. Ilmastikutingimuste mõju on uuritud jaotises „Liiklusõnnetused“.

3.2 Liiklusõnnetused

Liiklusõnnetuste uurimise käigus tuvastati muutused, eelneva kolme aasta lõikes, ja uuriti 2023. aasta seoseid juhtumite rohkete päevade osas, ilmastiku ning kiiruse mõju selles.

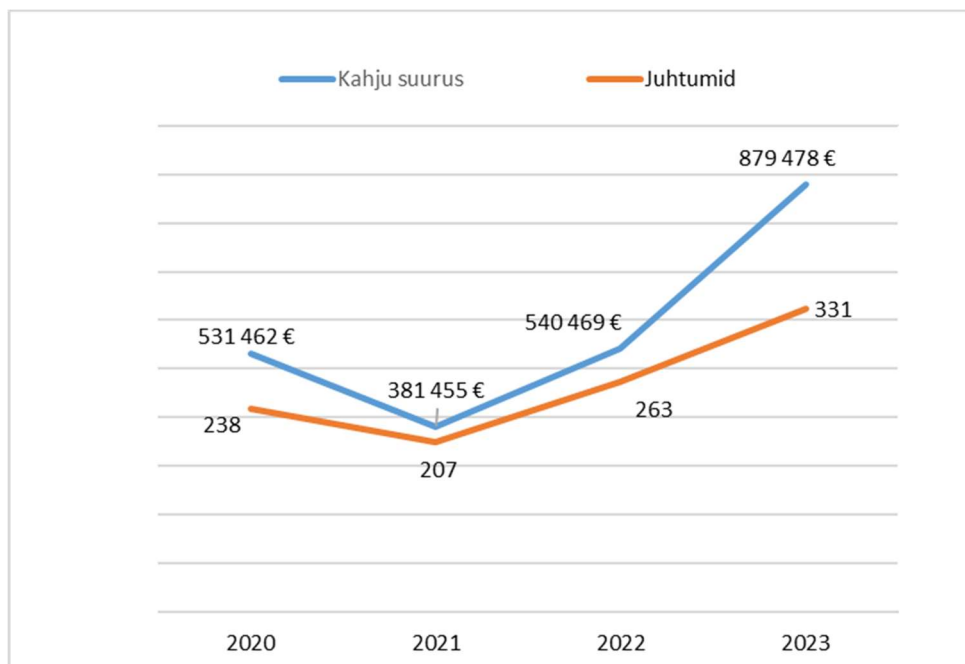
3.2.1 Liiklusõnnetused 2020 - 2023

Aastatel 2020 kuni 2023 on registreeritud 1039 kahjujuhtumit. Alates 2021. aastast on kindlustusjuhtumite hulk kasvanud ~25 % aastas.

Tabel 3.7 Kindlustusjuhtumid 2020-2023 (LKF 2024)

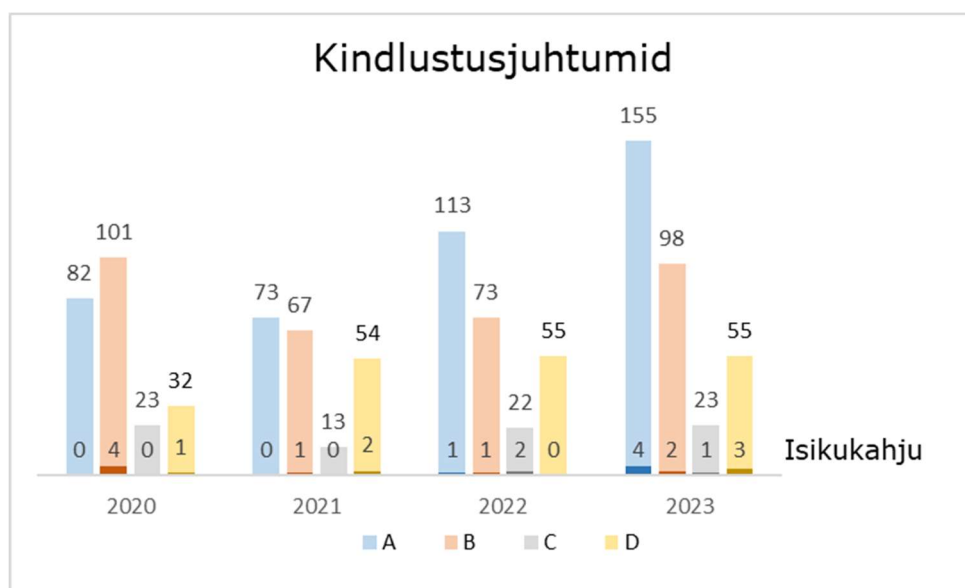
Aasta	A		B		C		D		Kokku	Kokku isikukahju
	Kahjujuhtumid	Sh. isikukahju	Kahjujuhtumid	Sh. isikukahju	Kahjujuhtumid	Sh. isikukahju	Kahjujuhtumid	Sh. isikukahju		
2020	82	0	101	4	23	0	32	1	238	5
2021	73	0	67	1	13	0	54	2	207	3
2022	113	1	73	1	22	2	55	0	263	4
2023	155	4	98	2	23	1	55	3	331	10

Õnnetuste arvust kiiremini on kasvanud õnnetuses kannatanule makstavad hüvitised. Hüvitiste suurenemises on mitu aspekti, viimasel kolmel aastal on suurenenud inimkannatanutega õnnetuste arv ja uuemate sõidukite taastamine ning hüvitamine on kallim (Joonis 3.2). Harjumaal registreeritud sõidukid on uuemad kui keskmiselt Eestis. Eesti keskmise sõidukipargi vanus on 13,5 aastat, Harjumaal seevastu 11,6 aastat (Sõidukite statistika, 2024). Kui sõidukid saadakse korda lühikese ajaga, siis inimkannatanutega õnnetuste puhul võivad kulud olla pikemaajalised.



Joonis 3.2 Õnnetuste arv ja kahju suurus (LKF 2024)

Lõikude võrdluses on alates 2021. aastast kõige rohkem õnnetusi juhtunud lõigus A. Liiklusõnnetuste arv on kasvanud kõige rohkem lõigus A ja B. Kõige rohkem, 10 inimkannatanuga õnnetust, toimus 2023. aastal. 2020. aasta andmetes oli näha COVID-19 pandeemia mõjusid, mistõttu selle statistika erineb järgmistest. Pandeemia mõju on tuvastatav 2021. aasta andmetest kui liiklusõnnetuste arv, võrreldes eelneva aastaga, vähenes 30-ne juhtumi võrra (Tabel 3.7).



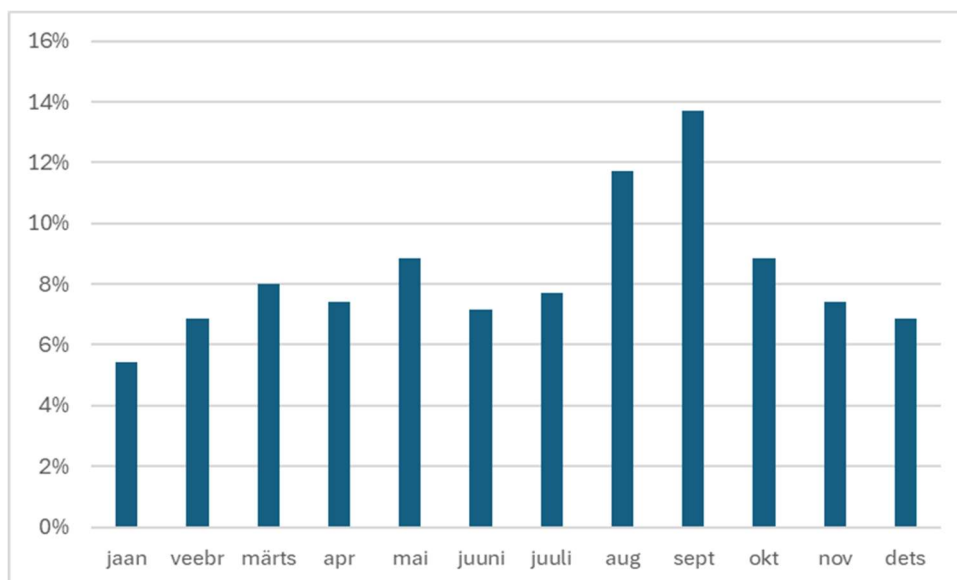
Joonis 3.3 Kindlustusjuhtumid aastate lõikes (LKF 2024)

Aasta-aastalt on liiklustihedus Tallinnas kasvanud ja sellest lähtuvalt ka liikluskindlustuse juhtumid (Joonis 3.3).

3.2.2 Liiklusõnnetused 2023. aastal

Järvevana teel toimus 2023. aastal, LKF-i andmetel, 331 kindlustusjuhtumit. Kahju registreeriti hinnanguliselt 879 500 €. Eesti Liikluskindlustuse Fond väljastab vaid kohustusliku liikluskindlustuse korras hüvitatud juhtumite andmeid, seega kajastab kahju kannatanule tekitatud kahju. Eelnevast lähtuvalt on ühe liiklusõnnetuse kahju mõnevõrra suurem, kui andmetest selgub.

Aasta kõige kindlustusjuhtumite rohkem aeg oli september ja august, kus registreeriti vastavalt 48 (13,7 %) ja 41 (11,7 %) liiklusõnnetust (Joonis 3.4).



Joonis 3.4 Liiklusõnnetuste võrdlus kuude lõikes (LKF 2024)

LKF-i andmetel oli keskmine kindlustusjuhtumi suurus Tammsaare ja Järvevana teel 2600 €, mis on Eestis aasta keskmisest 17 % suurem (Joonis 3.5).

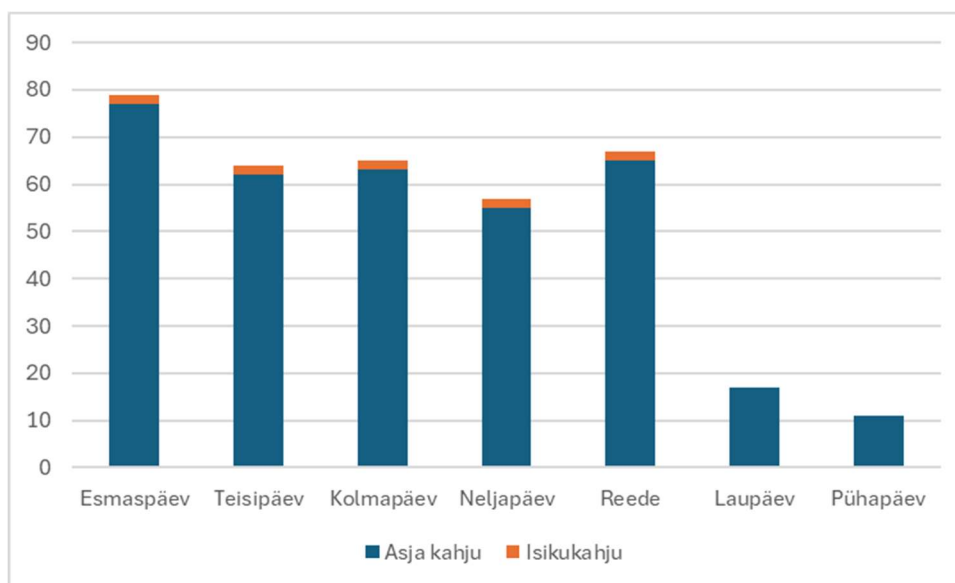
Joonis 3.5 Liikluskindlustuse statistika 2023. aasta 12 kuud (LKF 2024)

Kokkuvõte



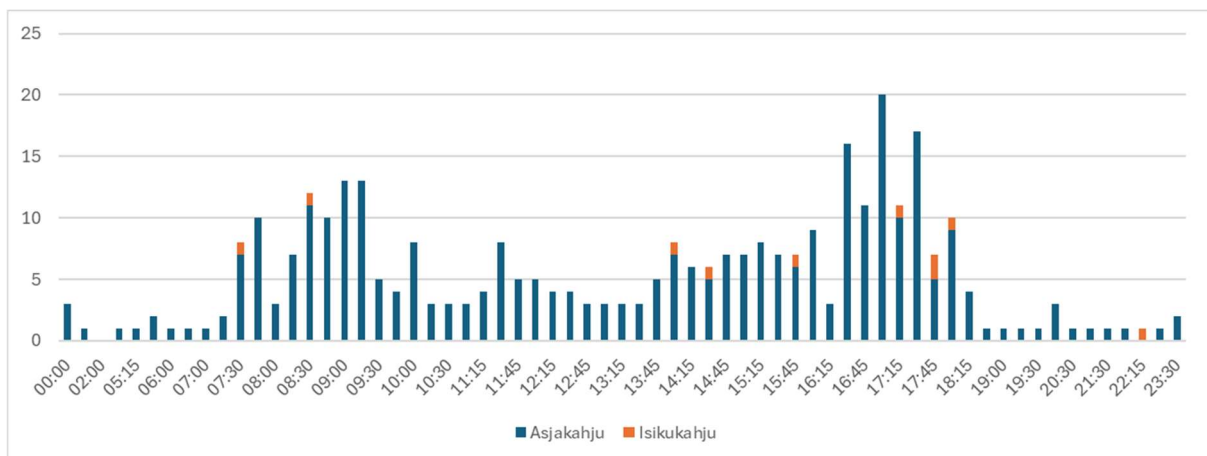
	2023. aasta 12 kuud	Võrreldes eelmise aasta 12 kuuga
Keskmine aastamakse	146 eurot	21%
Kindlustuslepinguga sõidukeid seisuga 31.12.2023	836 004	2%
Kindlustusjuhtumite arv	36 886	-1%
sh Eestis toimunud kindlustusjuhtumite arv	34 314	0%
Keskmine kahju	2 236 eurot	2%

Liiklusõnnetuste statistikast selgub, et kõige ohtlikumad päevad liikluses on, uuritavas lõigus, tööpäevad ja ohutumad, nädalavahetuse päevad. Kõik isikukahju juhtumid on viimasel aastal toimunud tööpäevadel (Joonis 3.6).



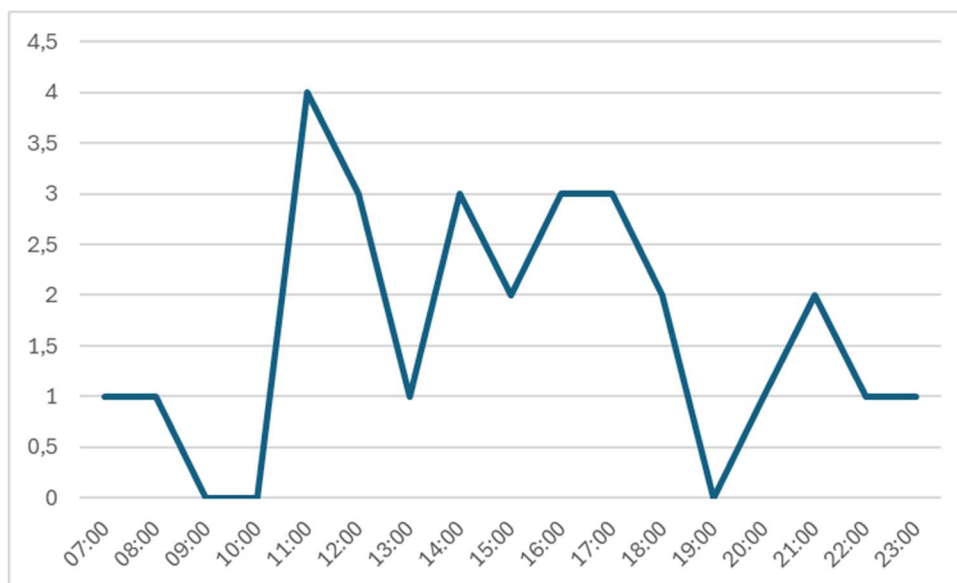
Joonis 3.6 Liiklusõnnetuste jagunemine nädalapäevade lõikes (LKF 2024)

Tööpäevadel toimunud liikluskindlustuste juhtumid Tammsaare ja Järvevana teel leiavad aset peamiselt tipp tundide ajal, kui liikluskoormus on kõrge (Joonis 3.7).



Joonis 3.7 Tööpäevadel toimunud liiklusõnnetuste jaotus (LKF 2024).

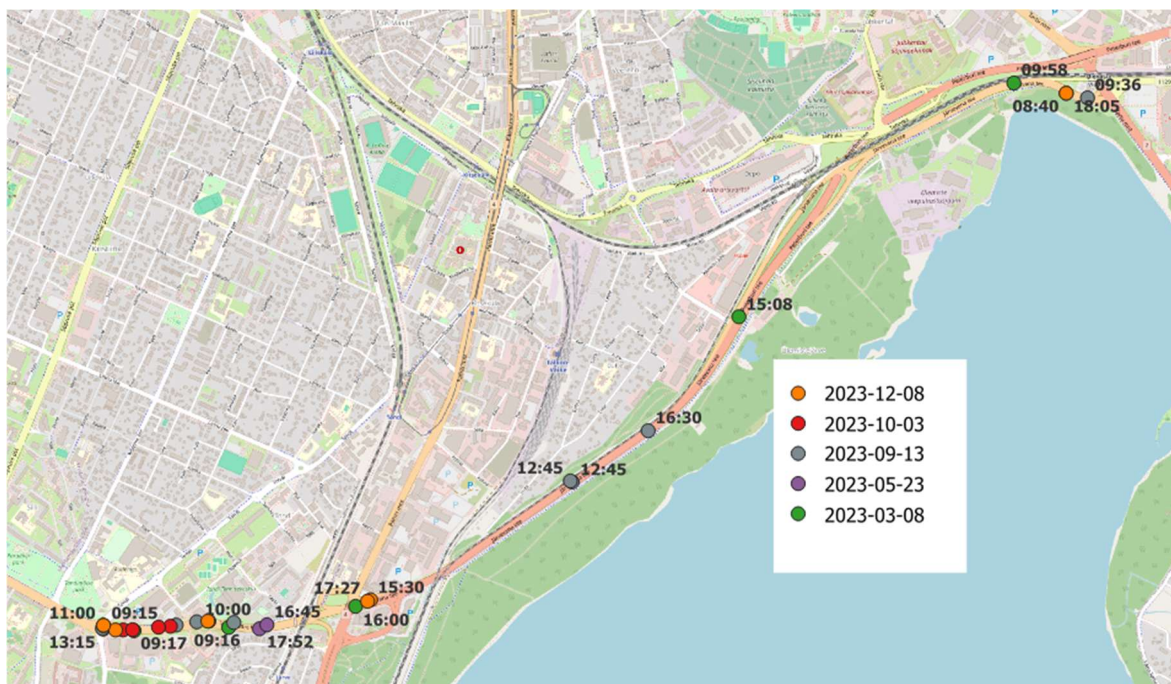
Nädalavahetustel asetleidvad liiklusõnnetused on pigem hajutatud ja neid toimub märkimisväärselt vähem. Maksimaalselt juhtub nädalavahetuste päevadel neli liiklusõnnetust ja kõige suurem tõenäosus liiklusõnnetusse sattuda on vahemikus kell 11.00-13.00 (Joonis 3.8). 2023. aastal ei toimunud nädalavahetustel ühtegi inimkannatanuga liiklusõnnetust.



Joonis 3.8 Liiklusõnnetuste jagunemine nädalavahetustel (LKF 2024)

3.2.3 Suure liiklusõnnetuste arvuga päevad 2023. aastal

Selleks, et leida täpsemaid seoseid liiklusõnnetuste, ilmastiku ja kiiruse vahel valiti detailsemaks uurimiseks välja päevad, milles leidis aset rohkem kui viis kindlustusjuhtumit (vt Lisa 1, Tabel 3.8, Joonis 3.9).



Joonis 3.9 Kindlustusjuhtumite asukohad (LKF 2024)

Tabel 3.8 Viis ja enam kindlustusjuhtumit päevas (LKF 2024)

Kuupäev	Kindlustusjuhtumeid
08.03.2023	6
23.05.2023	5
13.09.2023	9
03.10.2023	5
08.12.2023	6

Kõige õnnetuste rohkem päev oli uuringule eelnenud aastal 13.09.2023, mil registreeriti ühes päevas üheksa liiklusõnnetust. Viis neist õnnetustest leidsid aset Tondi ja Pärnu mnt vahelisel lõigul. Teel kehtestatud kiirusepiirangu järgi toimus kõige rohkem liiklusõnnetusi, kui kiirus oli piiratud 50 km/h (Tabel 3.9).

Tabel 3.9 Kehtinud piirang ja kindlustusjuhtumite arv

Kiirus	Kindlustusjuhtumid
50	23
70	8

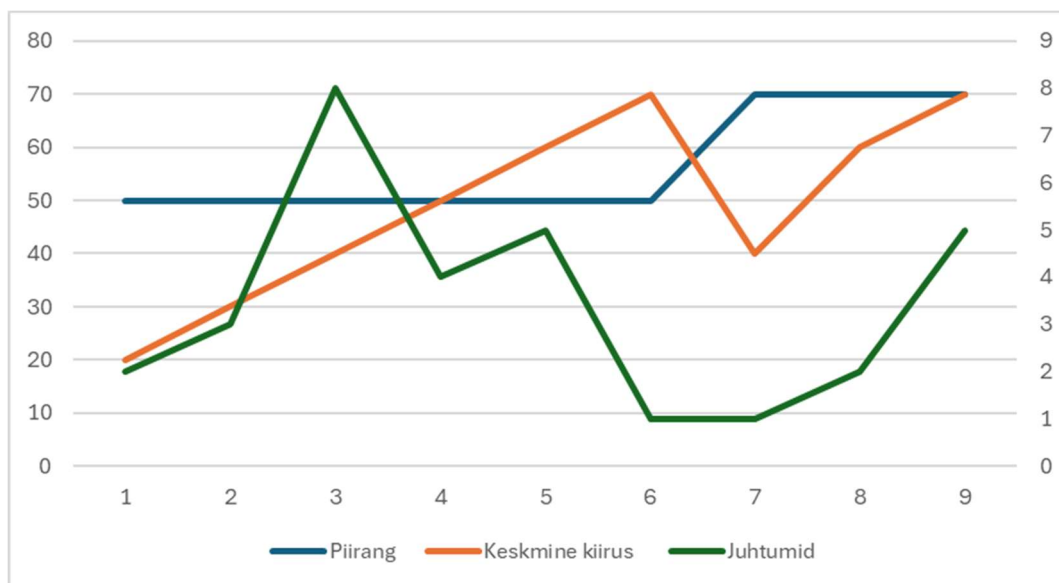
Töö autori hinnangul ei saa siinkohal teha järeldusi, et kiirus 70 km/h on linnas turvalisem kui 50 km/h, kuid võrdlus annab infot, et teatud ajahetkedel (suurenenud liiklussagedus) pole kehtestatud piirkiirus 50 km/h juhtidele reageerimiseks piisav. Töö käigus võrreldi ka lõigu keskmise kiiruse seost liiklusõnnetuste toimumisele (Tabel 3.10). Kuna lõikude registreeritud kiiruse väärtused erinesid komakohtadega, siis

ümardati kiirused ülesse, lähima täiskümne arvuni. Ümardus suurema poole valiti, kuna keskmine kiirus, tänu aeglustamisele ja kiirendamisele, on lõiku läbivate sõidukite tegelikust kiirusest mõnevõrra madalam.

Tabel 3.10 Lõigu keskmine kiirus ja kindlustusjuhtumid

Keskmine	Kindlustusjuhtumeid
20	2
30	3
50	4
70	6
60	7
40	9

Kõige rohkem leidis aset kindlustusjuhtumeid, kui lõikudel mõõdetud keskmine kiirus oli ~40 km/h. Joonisel 3.10 on võrdluses kindlustusjuhtumite arv ja samal ajal registreeritud kiirusepiirang. Analüüsiks kasutatud andmetest on võimalik eristada seoseid kiiruse langemise ja õnnetuste vähenemise vahel ja ka seda, et kehtestatud piirang, selle valimi pealt, liiklusõnnetustele mõju ei avalda. Järeldada võib aga seda, et mida lähemale jõuab keskmine kiirus seatud piirangule, seda rohkem on registreeritud kindlustusjuhtumeid.



Joonis 3.10 Kiirus ja kindlustusjuhtumid

Järgnevalt võrreldi väljavalitud kindlustusjuhtumeid nende päeva ilmaga. Selleks kasutati <https://tik.teeilm.ee/> andmebaasi kaamerapilte ja Teede Tehnokeskuselt saadud Tallinna ilmajaamade mõõdetud andmeid (vt jaotis „Ilmajaamade andmed“).

Lisas 3 on esitatud ilmastiku analüüsi näidis 08.03.2023 näitel kui leidis aset kuus liiklusõnnetust.

Kaamerapiltide ja ilmaandmete analüüsi tulemustest koostatud tabelist oli näha, et 31-st õnnetusest viiel olid head ilmaolud (Tabel 3.11).

Tabel 3.11 Ilm kindlustusjuhtumite päevadel

Kuupäev	Kindlustusjuhtumeid	Ilm
08.03.2023	6	Lumesadu
23.05.2023	5	Selge, päike
13.09.2023	9	Vihmasadu
03.10.2023	5	Pilvine, niiske
08.12.2023	6	Pilvine, lumine

3.2.4 Järeldused

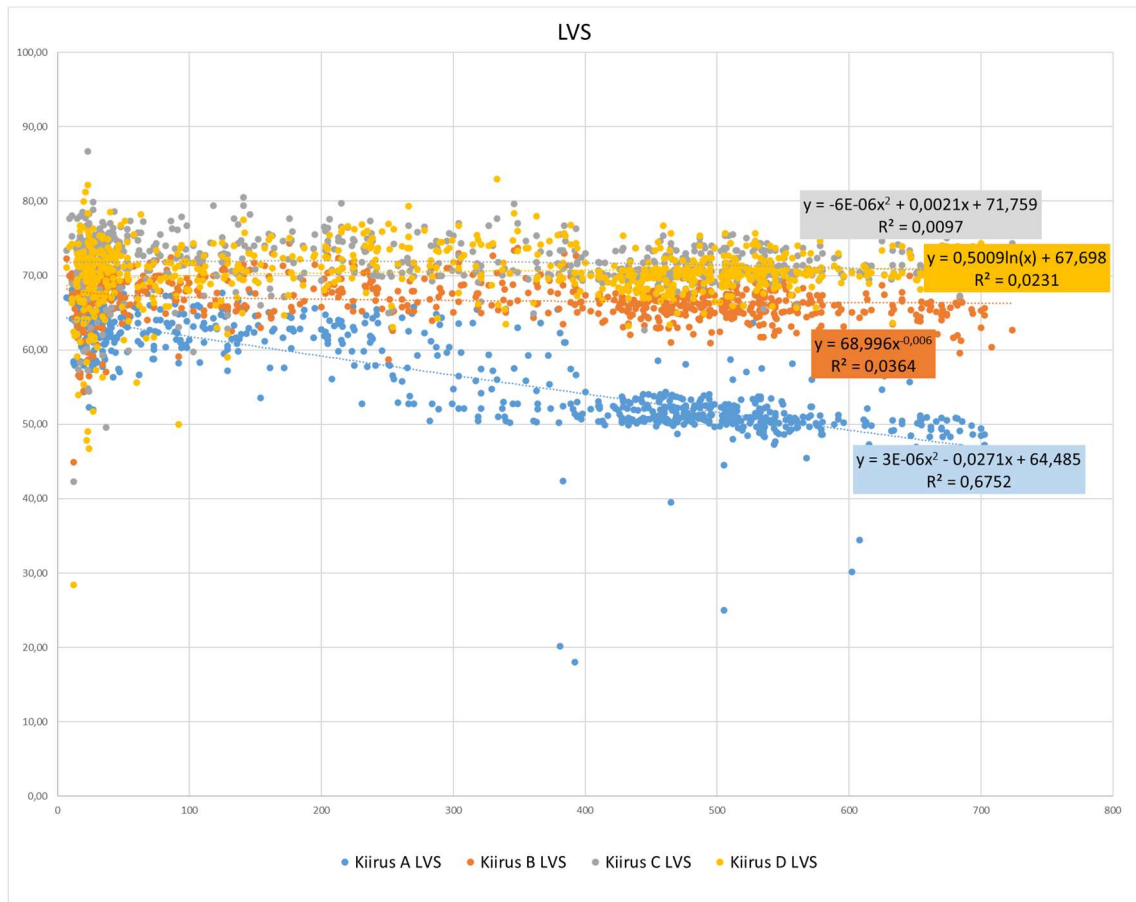
Uuringus kasutada olnud teeilmajaamade poolt mõõdetavate väärtuste ja liiklusõnnetuste vahel seoseid ei tuvastatud. Ilmajaamade asukohad VMS märkide juhtimiseks on sobilikud, kuid juurde oleks vaja lisada funktsionaalsust saju ja haardeteguri tuvastamiseks. Liiklusõnnetuste toimumiseaja ja kaamerapiltide võrdlusest tuvastati, et 31-st liiklusõnnetusest 26, juhtus märgades või lumistes oludes. Ilmastiku parameetrite kirjeldamisel on juhtimisreeglites kasutatud riigiteedel kasutatavaid väärtuseid.

3.3 Liiklussagedused ja kiirused

Selles peatükis on kirjeldatud liiklussageduse ja liikumiskiiruse omavahelise mõju tulemused. Seoste leidmiseks kasutati korrelatsiooni võrrandit, et selgitada välja, kuidas muutujad kirjeldavad lõigu kiirust. Mida suurem on R^2 , seda suuremat osa valimist esitatud valem kirjeldab. Kiirust on vaja ennustada ja muuta selleks, et rasketes oludes toetada juhti õige kiiruse valikul. Selline strateegia ühtlustab sõidukite kiirust ja vähendab liiklusõnnetuste toimumise tõenäosust.

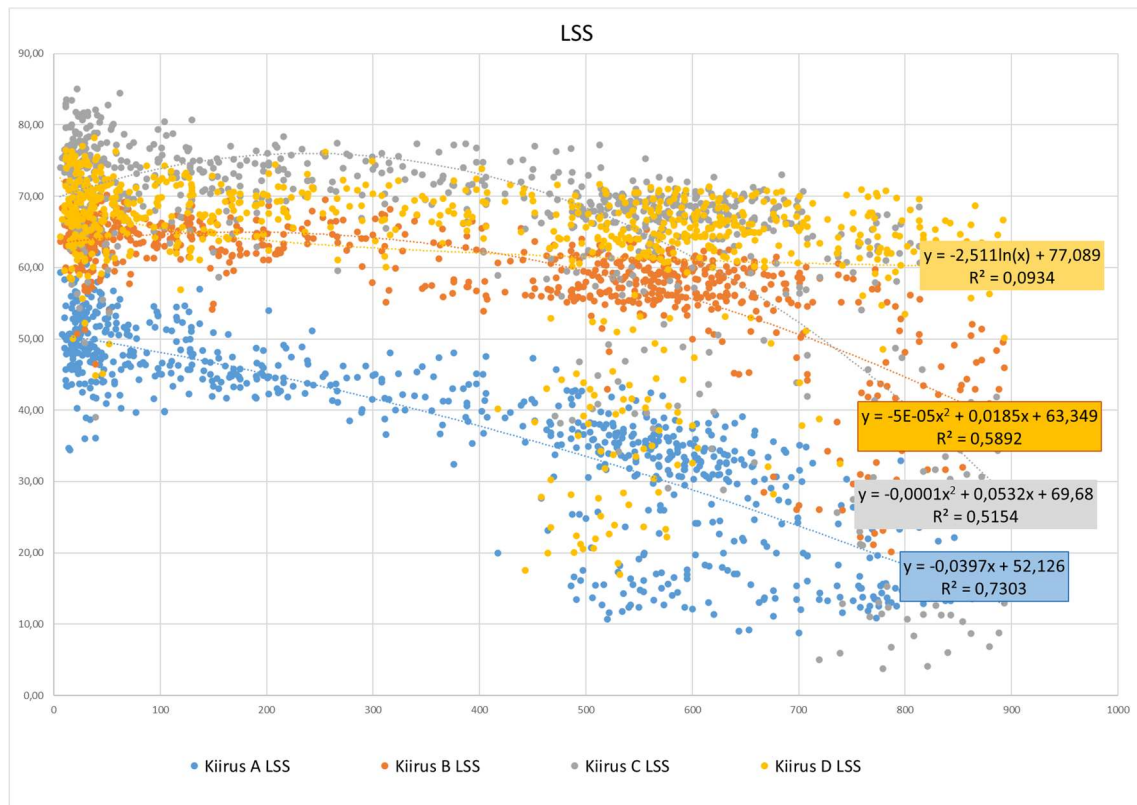
Kiiruste ja liiklussageduste omavaheliste seoste võrdluses tuvastati lõigud, mille läbimise kiirust liiklussagedus mõjutab (Joonis 3.11 ja Joonis 3.12). Järgnevatelt joonistelt tehti R^2 alusel otsus, milliste lõikude kiirus on liiklussagedusega seoses.

Linnast väljuva suuna (LVS) lõikude B, C ja D, liikumiskiirust liiclussagedus ei mõjuta. Seega nende lõikude piirkirust liiclussageduste järgi ennustada ei saa.



Joonis 3.11 Linnast väljuva suuna (LVS) kiiruse ja liiclussageduse seosed

Linna siseneval suunal (LSS) mõjutab liiclussagedus olulisel määral liikumiskiirust lõikudel A, B ja C. Seos on piisavalt tugev, et võimaldab prognoosida nende kiirust liiclussageduse alusel. Joonistel kuvatud võrrandid prognoosivad kiirust vahemikus 51 kuni 73 %. Seirepunkti liiclussageduste alusel ei saa prognoosida lõiku D, kuna liiclussagedus selle lõigu läbimiskiirust ei mõjuta.



Joonis 3.12 Linna siseneva suuna (LSS) kiiruse ja liiklussageduse seosed

Tabelis 3.12 on roheliselt märgitud lõigud, mille kiirus ja liiklussagedus on tugevas seoses. Nendel lõikudel on, liikumiskiirust, võimalik prognoosida Tammsaare teel, Pärnu mnt ristlõikes loendatud tulemuste alusel ja selle alusel saab teha operatiivseid juhtimisotsuseid ning muuta autonoomselt piirkiirust.

Tabel 3.12 Liiklussageduse mõju liikumiskiirusele

Lõik	Suund	Kirjeldus	R ²	Valem
A	1	Lasnamäe suunas (LVS)	0,6752	$y = 3E-06x^2 - 0,0271x + 64,485$
B	1	Lasnamäe suunas (LVS)	0,0364	$y = 68,996x^{-0,006}$
C	1	Lasnamäe suunas (LVS)	0,0097	$y = -6E-06x^2 + 0,0021x + 71,759$
D	1	Lasnamäe suunas (LVS)	0,0231	$y = 0,5009\ln(x) + 67,698$
A	2	Haabersti suunas (LSS)	0,7303	$y = -0,0397x + 52,126$
B	2	Haabersti suunas (LSS)	0,5892	$y = -5E-05x^2 + 0,0185x + 63,349$
C	2	Haabersti suunas (LSS)	0,5154	$y = -0,0001x^2 + 0,0532x + 69,68$
D	2	Haabersti suunas (LSS)	0,0934	$y = -2,511\ln(x) + 77,089$

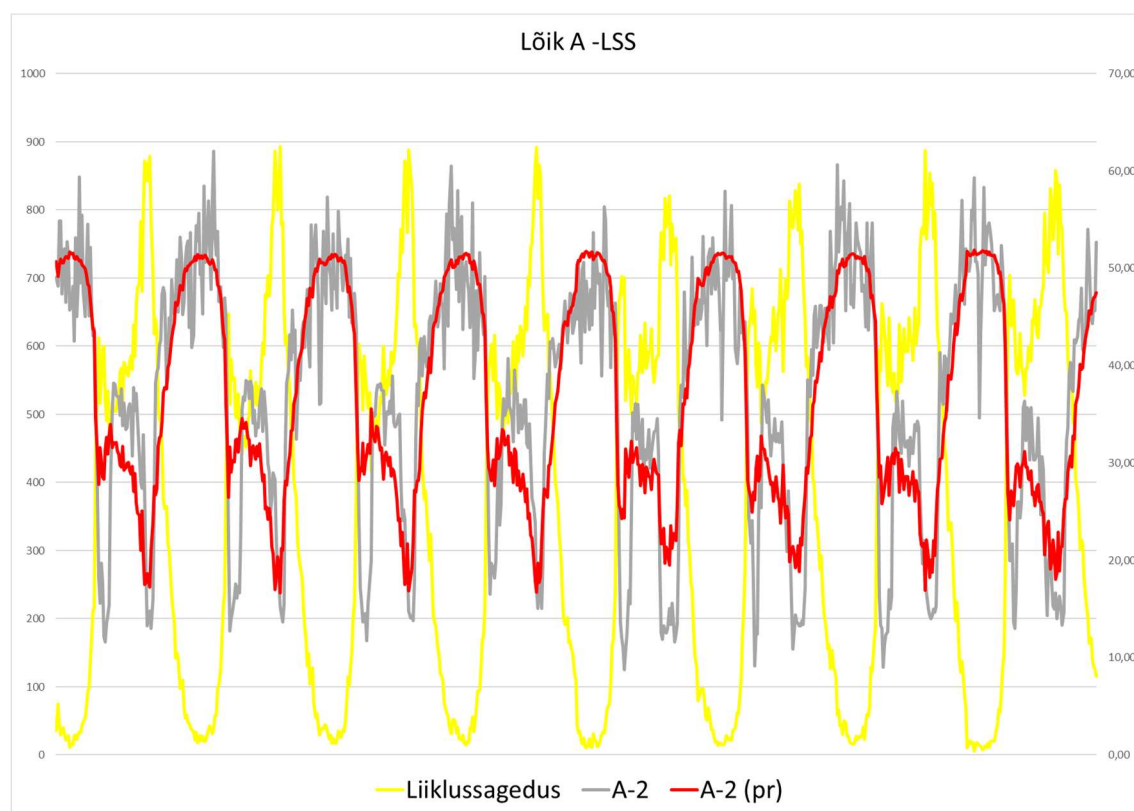
Korrelatsiooni võrrandite analüüsimisel tuvastati, et linnast väljuval suunal kirjeldab valem kiiruseid 88 % (+/- 5 km/h) ulatuses ja linna siseneval suunal 55-79 % ulatuses (+/- 5 km/h) (Tabel 3.13).

Tabel 3.13 Proгноositud kiiruste võrdlus keskmiste kiirustega

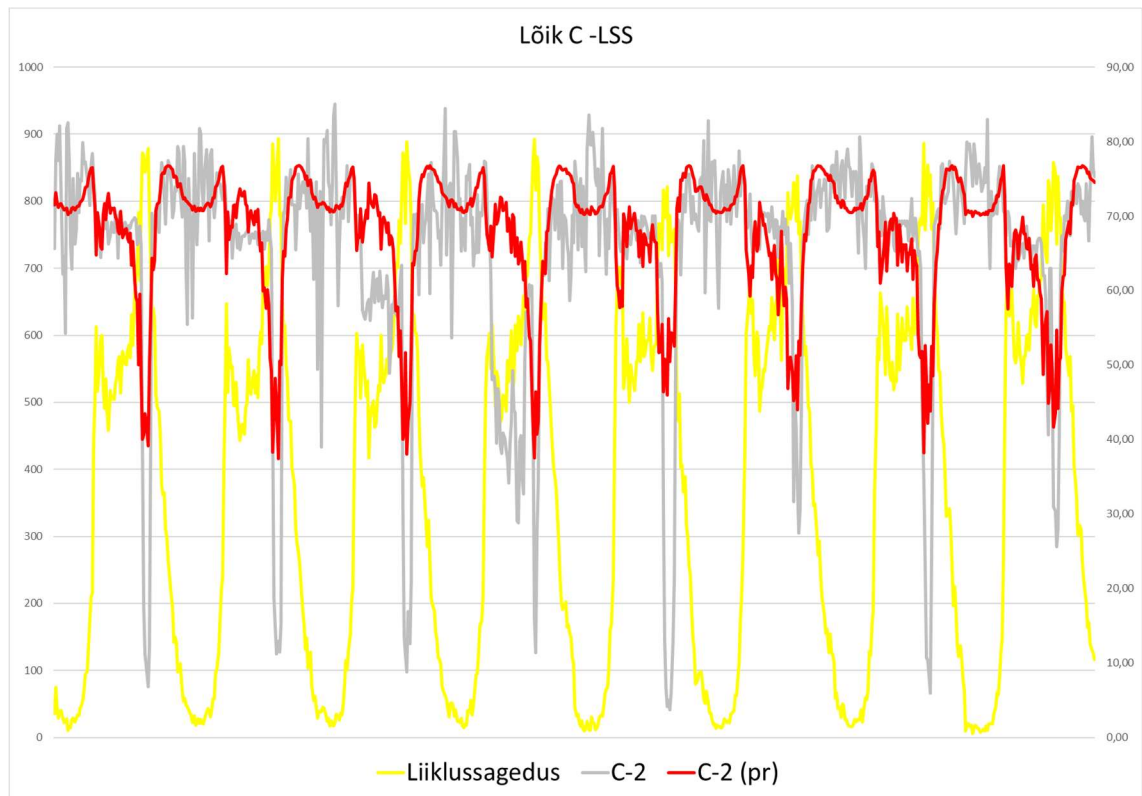
	A-1	A-2	B-2	C-2
Keskmine viga	0%	0%	1%	4%
Keskmine absoluutne viga (km/h)	0,037	0,028	1,669	0,112
+/- 2,5 km/h	63%	28%	50%	30%
+/- 5 km/h	88%	55%	79%	55%

Analüüsi tulemustest tuleb selgelt esile, et püsiloenduspunkti kaugus reguleeritavast lõigust, mõjutab liiklussageduse mõju, lõigu kiiruse prognoosile. Samamoodi mõjutab ka lõigu iseloom (ristmikud, sõiduradade arv jne) seda, kuidas liiklusmahud mõjutavad liikumiskiirust. Selleks, et tagada täpsem liiklusjuhtimine, tuleks autori hinnangul kiirusjuhitavatesse lõikudesse paigaldada täiendavaid andureid kiiruse ja liiklussageduse mõõtmiseks.

Joonisel 3.13 on kujutatud linna siseneva suuna, lõigu A ja C, prognoosi võrdlus. Kui lõigus A suudab prognoos kirjeldada lõigu liikumiskiiruse täpselt, siis lõigu C (Joonis 3.14) liikumiskiiruse ebatäpsus tuleb esile kõrgemate liiklussageduste korral. Selle põhjuseks on see, et linna siseneval suunal on lõik enne Peterburi teega ühinemist ühe sõidurajaga ja selle liikluskoormuse muutused avaldavad keskmise kiiruse langusele suuremat mõju.



Joonis 3.13 Lõik A-LSS prognoositud kiirus (A-2 (pr))



Joonis 3.14 Lõik C-LSS prognoositud kiirus (C-2 (pr))

Lõik C prognoositud kiirus osutus ebatäpseks ja autori hinnangul ei ole otstarbekas Tammsaare tee loenduspunkti järgi juhtida väljaspool lõiku asuvaid liiklusemärgid.

3.3.1 Mõõtmistulemused

Magistritöö raames korraldati liiklussageduste ja liikumiskiiruste uuring Järvevana teel kahes punktis (Tabel 3.14). Eesmärgiks oli saada teada, mis ulatuses teistest andebaasidest saadud andmed reaalseid olusid kirjeldavad.

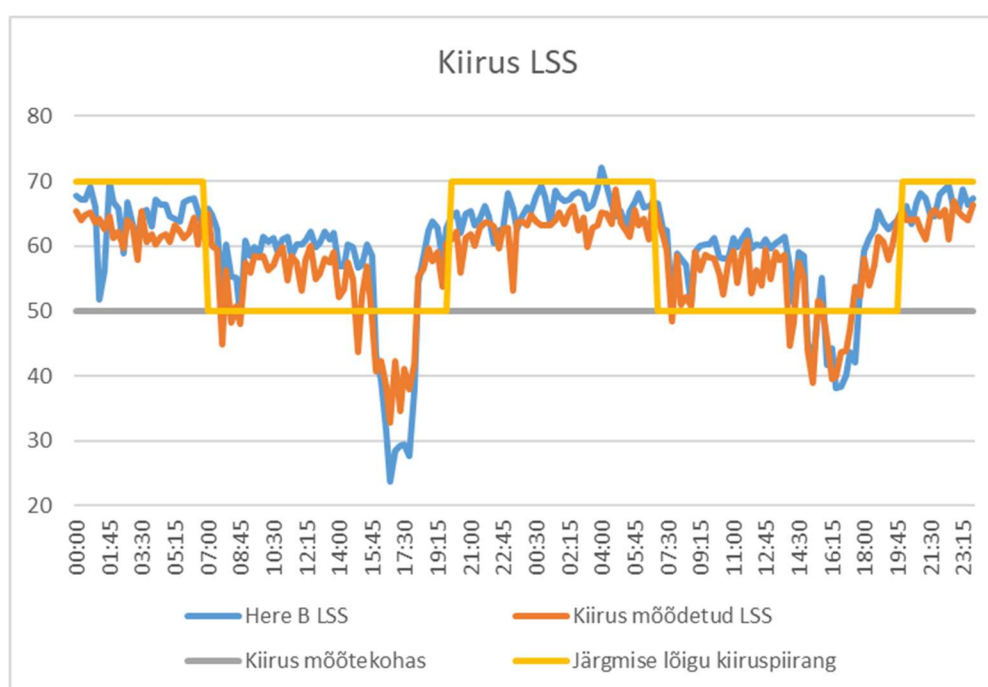
Tabel 3.14 Mõõtmistulemuste ja andmekogude võrdlus tööpäevadel 15 minutilise intervalliga

	LSS		LVS	
	Andmekogu	Mõõdetud	Andmekogu	Mõõdetud
Maksimaalne liiklussagedus	887	537	731	578
V 85	67	64	72	75
V Maksimum	72	69	81	78
Kiiruse ületamine		85%		61%

Linnast väljuva suuna tulemused, kiiruste ja liiklussageduste võrdluses, olid autori hinnangul ootuspärased. Kuna kiirused on suuremad ja pikivahed pikemad, on loenduse

andmed täpsemad kui linna siseneval suunal. Kasutatud mõõtesead ei erista sõidukeid tihedas liiklusvoos. Olenevalt sõidukite liikumiskiirustest on seadme mõõtmise optimaalne loendamise võimekus ühes sõidusuunas vahemikus 1800–1900 a/h. Kahe pärisuuna rajaga teel on kasutatud mõõteseadme viga tegelikul liklussagedusel üle 3200 a/h, mis on üle 50 %.

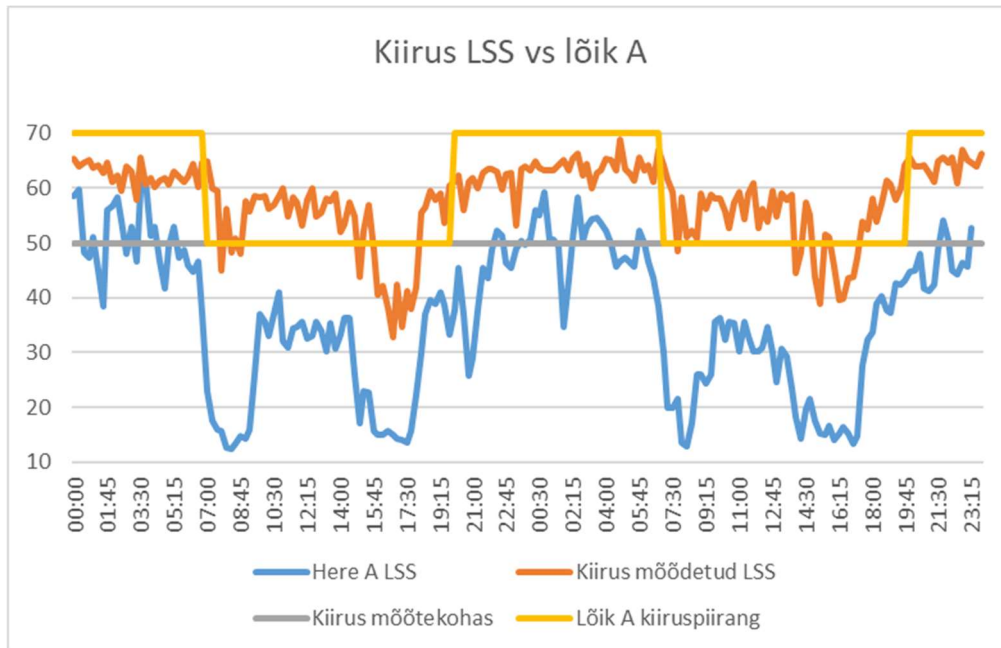
Linna siseneval suunal oli mõõtepunkt valitud selliselt, et asuks alaliselt 50 km/h piiratud lõigul. Uurimistulemustest selgub, et kiiruspiirangust kinnipidamist mõjutab oluliselt ka järgneva lõigu kiiruspiirang. Kui VSL märkidega juhitud lõigus oli kehtestatud kiirus 70 km/h, suurenes kiirus ka eelneval, alaliselt piiratud lõigul (Joonis 3.15).



Joonis 3.15 LSS mõõtepunkti kiiruse seosed

Hoolimata erisustest, kirjeldab seiresüsteemi punkt, linna siseneva suuna liklussagedust 85 % täpsusega ja HERE rakenduse kogutud kiirused 81 % täpsusega.

Uurimiseesmärkide kinnitamiseks võrreldi mõõdetud punktis kogutud väärtuseid järgmise lõigu kiirustega. Võrdlusest tuli välja, et erinevused kirjeldavad järgmise lõigu kiiruseid 60 % täpsusega. Selleks, et teha usaldusväärset tasemel juhtimisotsuseid märkide juhtimiseks, peab loendus ja mõõtmispunkt asuma kiirust muudetavas lõigus. Mõõtmistulemuste ja lõik A graafiline võrdlus on kirjeldatud joonisel 3.16.



Joonis 3.16 Mõõtmistulemuste ja lõik A võrdlus

Autori poolt korraldatud lokaalne mõõtmine andis täpsema teadmise sellest, et liiklussageduste järgi on võimalik kiiruspiirangut juhtida vaid lõigus, mille andmeid andurid loevad. Sellest lähtuvalt on juhtimisreeglid, selles töös, esitatud vaid lõigu A mõlema sõidusuuna kohta.

3.4 Muud sündmused

Käesolevas töös hinnati võimalusi muude liiklusolukorda mõjutavate sündmuste info kasutamisel VMS märkide juhtimise sisendina. Muud sündmused, millest autori hinnangul peaks muutuvteabega kiirusepiirangu märke juhtima, on liiklusõnnetused, mida on käsitletud eelmises peatükis ja lisaks teetööd. Samas tuleks järgnevas töödes täiendavalt uurida raudteeülesõidu toimimisest, eelkõige ülesõidu sulgemisest, tingitud mõjusid. VMS märkide juhtimisel on oluline hinnata operatiivselt liiklusõnnetuste ja teetööde ulatust ning vastavalt sellele muuta märkidel kuvatavat infot. Käesoleva töö raames on liiklusõnnetused jagatud kolme rühma (Tabel 3.15).

Tabel 3.15 Liiklusõnnetuste juhtimisreeglid

Liiklusõnnetused (hoiatusmärk 187)	Tee kõrval, kõik sõidurajad avatud	Teel, vähemalt 2 sõidurada avatud	Teel, vähemalt 1 sõidurada avatud
Kehtestatud kiirus	50	40	30

Teetööde teostamiseks taotletakse Tallinna linnas sulgemise luba. Teetööde toimumine on varasemalt teada ja selle juhtimisotsuste tegemine saab olla detailsem. Eristada tuleks töid, mis toimuvad öösel ja on pigem pikaajalised ja juhid jõuavad nendega harjuda. Teetööde juhtimisreeglid on jaotatud aja ja suletavate sõiduradade arvuga nelja kategooriasse (Tabel 3.16), mille alusel saab valida sobiliku sõidukiiruse VSL märkidel kuvamiseks.

Tabel 3.16 Teetööde juhtimisreeglid

Teetööd (hoiatusmärk 158)	Öösel, tee kõrval, kõik sõidurajad avatud	Tee kõrval, kõik sõidurajad avatud	Teel, vähemalt 2 sõidurada avatud	Teel, vähemalt 1 sõidurada avatud
	Vastavalt koostõlstatud joonisele	Vastavalt koostõlstatud joonisele	Vastavalt koostõlstatud joonisele	Vastavalt koostõlstatud joonisele
Kehtestatud kiirus	(70) 60	50	40	30

3.5 Järeldused ja juhtimisreeglid

Eelnevalt analüüsitud tulemuste põhjal on koostatud juhtimisreeglid linnaliikluses VMS märkide juhtimiseks. Käeolevas töös on juhtimisreeglid kirjeldatud mõlemas sõidusuunas Tammsaare tee lõigus. Ülejäänud lõikude kiiruste prognoosimine lõigust väljas asuva seirepunkti järgi, ei andud soovitud tulemusi ja vajab igas lõigus juhtimisotsuste vastuvõtmiseks, täiendavaid andureid. Juhtimisreeglites on kirjeldatud ka hoiatusmärkide kasutamine, et juhtidel oleks teadmine, millistel asjaoludel kiirust piiratakse. Varasemad uuringud on leidnud, et asjakohase hoiatusmärgi kasutamine suurendab muutuvteabega liiklusemärgi nõuetest kinnipidamist. Juhtimisreegleid saab tänavatel rakendada järgmiseid põhimõtteid kasutades (Tabel 3.17).

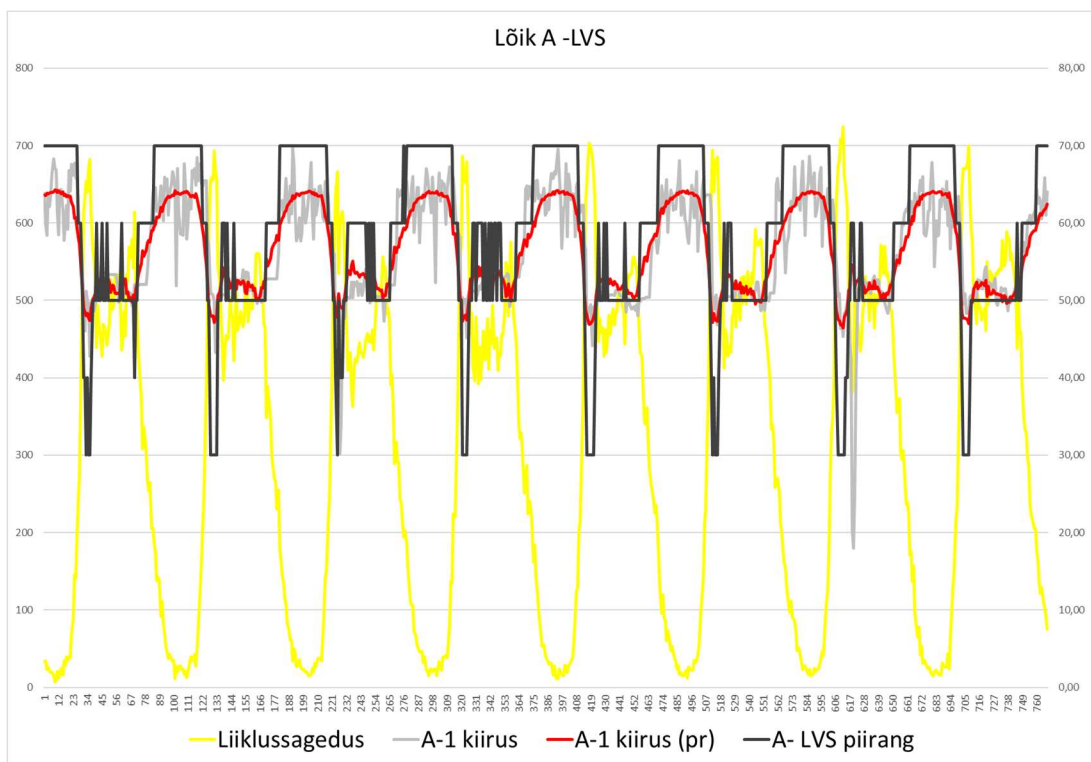
Tabel 3.17 Juhtimisreeglite loomise põhimõtted

Juhtimisreeglite põhimõtted	Väga head sõidutingimused	Head sõidutingimused	Rahuldavad sõiduolud	Halvad sõiduolud			Väga halvad sõiduolud		
Kehtestatud kiirus (kiirusepiirang)	Vaba voo keskmine kiirus + 10 km/h Või Teele lubatud maksimaalne võimalik kiirus	Vaba voo keskmine kiirus Või Teele lubatud maksimaalne võimalik kiirus -10 km/h	Vaba voo keskmine kiirus -10 km/h Või Teele lubatud maksimaalne võimalik kiirus -20 km/h	Vaba voo keskmine kiirus -20 km/h Või Teele lubatud maksimaalne võimalik kiirus -30 km/h	Vaba voo keskmine kiirus -20 km/h Või Teele lubatud maksimaalne võimalik kiirus -30 km/h	Vaba voo keskmine kiirus -20 km/h Või Teele lubatud maksimaalne võimalik kiirus -30 km/h	Vaba voo keskmine kiirus -30 km/h Või Teele lubatud maksimaalne võimalik kiirus -40 km/h	Millist hoiatust reguleerib	Märkused
Hoiatuse kuvamine, olulisuse järjekorras	(-)	(151)/(158)/ (186)/(-)	(151)/(187)/ (184)/(158)/(-)	(151)/(184)/ (186)/(158)	(151)/(184)/ (186)/(158)	(151)/(184)/ (186)/(158)	(151)/(184)/ (186)/(158)		
Liiklussagedus (a/ 15 min)	Lõigule iseloomulik liikussagedus ettantud keskmisel kiirusel	Lõigule iseloomulik liikussagedus ettantud keskmisel kiirusel	Lõigule iseloomulik liikussagedus ettantud keskmisel kiirusel	Lõigule iseloomulik liikussagedus ettantud keskmisel kiirusel			Lõigule iseloomulik liikussagedus ettantud keskmisel kiirusel	184	Väärtuste koosmõju
Keskmine liikumiskiirus (km/h)	Piirang -10 km/h	Piirang -10 km/h	Piirang -10 km/h	Piirang -10 km/h			Piirang -10 km/h		
Sademed (liik ja kogus)	Sajuta / Vihm	Lörtsisadu	Lörtsisadu	Jäävihm või uduvihm	Lumi	Vihm	Lumi	151	Täiendava uurimise vajadus
	<=1 mm/h	<= 0,1 mm/h	<= 0,5 mm/h	> 0 mm/h	> 0,5 mm/h	> 0,5 mm/h	> 1 mm/h	151	Täiendava uurimise vajadus
Nähtavus	>= 600 m	>= 300 m	>= 200 m	< 200 m			< 50 m	186	Täiendava uurimise vajadus
haardetegur	Täiendava uurimise vajadus ja ilmajaamade täiustamine							151	Täiendava uurimise vajadus
Teetööd	ei	Jah (manuaalne juhtimine)	Jah (manuaalne juhtimine)	Jah (manuaalne juhtimine)			Jah (manuaalne juhtimine)	158	Valik lähtuvalt sulgemise ristlõike laiuselt.
Liiklusõnnetused	ei	ei	Jah (manuaalne juhtimine)	Jah (manuaalne juhtimine)			Jah (manuaalne juhtimine)	187	Valik lähtuvalt liiklusõnnetuse ulatusest

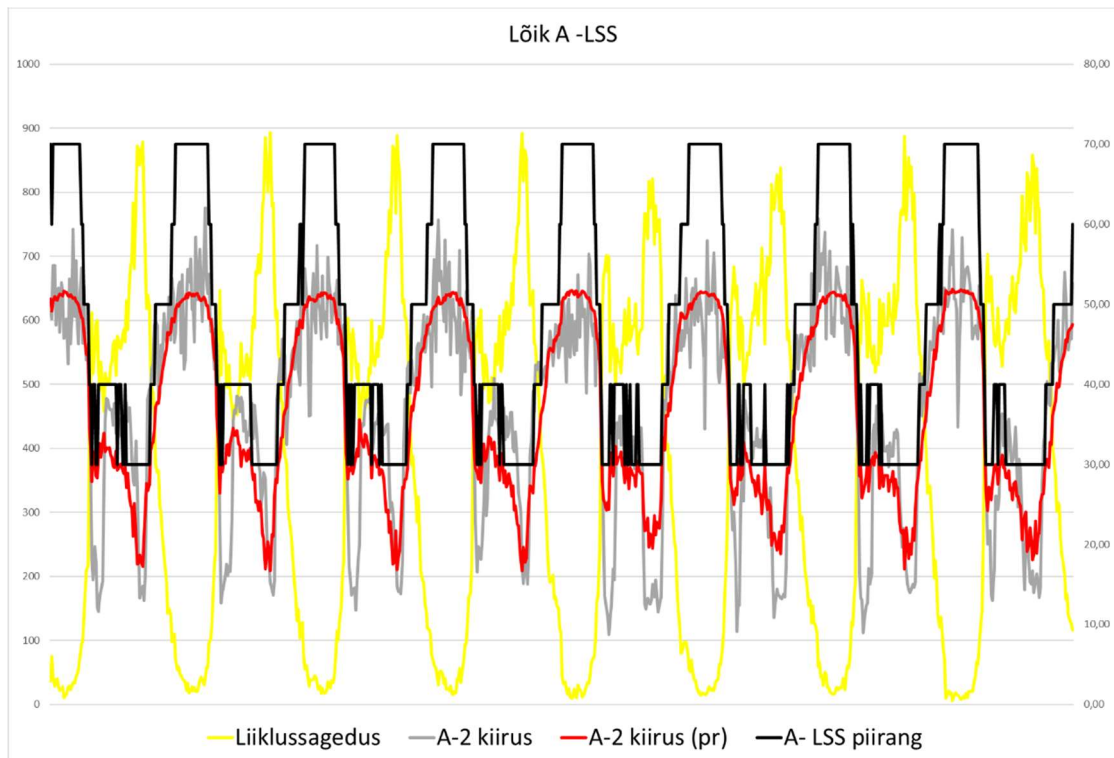
Tammsaare tee muutuvteabe märkidega kaetud lõigul saab kasutada Tallinna seiresüsteemi poolt kogutud andmeid, liiklusmahtude osas, ja täiendada neid HERE andmebaasi reaalaraja kiirustega või muu analoogse reaalaraja andmestikuga. Selle info baasil saab teha juhtimisotsuseid, mis lähtuvad ummikust. Ilmastiku andmete kasutamiseks on vajalik lisada olemasolevatele ilmajaamadele funktsionaalsust, mis suudaks tuvastada sademeid (liik ja hulk) ja haardetegurit. Töö raames esitatud juhtimisreeglite loomisel polnud võimalik neid andmeid kasutada, seega on lähtutud riigiteedel kehtestatud ilmaolude reeglitest. Täiendavalt tuleks uurida veel võimalusi kasutamaks ilmaradari andmeid ilmastiku parameetrite sisendiks. Teetööde info on tee omanikule teada läbi tänavasulgemiste registreerimiste ja vastavalt sulgemisloale ning ajutise liikluskorralduse joonisele saab teha otsuse liiklusmärkidel kuvatava info kohta. Liiklusõnnetuste infot saab liiklusjuht koguda kaamerate vaatlusest ja Waze teavitustest, õnnetuste infot saab integreerida ka HERE API süsteemist.

Juhtimisreeglite rakendamisel alustatakse prioriteetidega alt üles. Kui kõik reeglite nõuded on järjekorras läbi arvatud, selgub esimesena leitud väärtuste puhul sobilik muutuvteabega märkide kombinatsioon. Tammsaare tee Lasnamäe suuna juhtimisreeglid (vt Lisa 4) ning Tammsaare tee Haabersti suuna juhtimisreeglid (vt Lisa 5) on leitavad magistritöö jaotisest „Lisad“.

Juhtimisreeglite rakendamisel tekib võimalus, heade olude korral sõltumata kellaajast, lühendada kohalejõudmise aega. Järgnevatel joonistel on kujutatud kiiruse muutumine sõltuvalt liikumise kiirusest ja liiklussagedusest, lähtudes ülalpool kirjeldatud juhtimisreeglitest (Joonis 3.17 ja Joonis 3.18).








Joonis 3.17 Lõik A LVS suuna kiirusepiirang



Joonis 3.18 Lõik A LSS suuna kiirusepiirang

Juhul, kui täidetud on mitme hoiatuse kasutamise nõuded, tuleb lähtuda liiklusmärkide prioriteedist, mis on kujutatud joonisel 3.19.

Joonis 3.19 Hoiatusmärkide prioriteet

Prioriteet 1		LM 151m	Prioriteet 4		LM 158m
Prioriteet 2		LM 187m		Prioriteet 5	
Prioriteet 3		LM 184m			

Juhtimisreeglite kasutamise näide:

Liiklusõnnetus: ei

Teetööd: ei

Nähtavus: 700 m

Sademed: 0 mm/h

Keskmine kiirus: 26 km/h

Liiklussagedus: 678 a/15 min

Tulemus: Lm 184 ja 351 (30)

VMS märkide kasutuselevõtt on suur investeering ja selleks, et sellest maksimaalset keskkonna- ja liiklusohutuse kasu saada, tuleb juhtimisotsuseid teha otstarbekalt. VMS märgid annavad võimaluse juhte toetada juhtimisotsuste tegemisel ja uuringud, mujal maailmas, on näidanud, et see aitab vähendada liiklusõnnetuste toimumise tõenäosust 30-40 % (Jaksi, 2019). Liiklusohutuse suurendamine, läbi VMS märkide, on võimalik vaid siis, kui nendel kuvatav info on oludele vastav.

Ainult elektroonilise liiklusmärgi paigaldamine ei anna soovitud tulemusi, vaid vajab ka täiendavat andmekorjet ja andurite paigaldamist. Lisaks on leitud, et juht kohandab kiirust vastavalt piirangule kõige enam siis, kui juhti on hoiatusmärgiga teavitatud ka piirangu põhjusest (Kulmala, Rämä, 2000).

KOKKUVÕTE

Eesti teedele on viimastel aastatel paigaldatud arvestatav hulk muutuva teabega liiklusmärke. Kiiruspiiranguid, hoiatusmärke ja infotahvlite infot on võimalik distantsilt juhtimiskeskustest muuta. Täna muudetakse märke - poolautomaatselt või manuaalselt - vastavalt sellele, kuidas infot sisestav töötaja seda tõlgendab. Lõputöö koostaja isiklikust kogemusest lähtuvalt ei vasta muutuvteabega märkidel kuvatav info reaalsele liiklustingimustele. Tihti kohtab vasturääkivusi just Tallinna linnas asuvatel liiklusmärkidel.

Töö käigus leiti vastused järgmistele uurimisküsimustele:

- Milliste parameetrite alusel valida muutinfoga kiiruspiirangu märkidel kuvatavat kiirusepiirangut?
- Millist vajalikku infot on võimalik juba täna kasutada ja mida oleks vaja väljatöötatavale lahendusele lisada?

Magistritöö teooria osas uuriti, milliseid juhtimisreegleid mujal maailmas kasutatakse, millest on ohutu sõidukiirus ning juhi otsused piirkiirusest kinnipidamisel. Lisaks uuriti, milline on olemasolev olukord VMS märkide juhtimisel Eestis. Uurimisküsimustele vastuste saamiseks valis töö autor uuringu teostamiseks Tallinna linnas asuvad A. H. Tammsaare ja Järvevana tee. Antud lõigul koguti andmeid liiklusõnnetuste, kiiruste, liiklussageduste ja ilmastikuolude kohta ning analüüsid saadavalolevaid andmeid, leiti väärtused muutuvteabega märkide juhtimiseks.

Magistritöö raames leiti, et kõige enam mõjutab kiirust, vaadeldavas lõigus, liiklussagedus. Varasematele uuringutele toetudes mõjutab kiirust, linnalises keskkonnas, ka suur sademete hulk. Lisaks tuvastati uuringu käigus, et kõige õnnetuste rohkemad päevad on sajuga päevad. Samuti leiti mõjuulatused ka muudele sündmustele, nagu näiteks teetööd (ajutine liikluskorraldus) ja liiklusõnnetused.

Uuringu tulemustest lähtuvalt koostati juhtimisreeglid, mille alusel saab teha otsuseid, muutuvteabega kiiruspiirangu märkidel, info kuvamiseks. Paljud varasemad uuringud on leidnud ka hoiatusmärkide seose kiirusest kinnipidamisel ja sellest lähtuvalt on vajalik lisada muutuvteabega märkidele - hoiatusmärgid. Kui juht teab, mis põhjusel on kiirust piiratud, on kiiruse kohandamine vastavalt märkidele tõenäolisem.

Magistritöös leiti ka, et linnaliikluses ei saa ühe punkti liiklussageduste info alusel juhtida märke teistes kiirust juhivates lõikudes. Selleks, et Järvevana teel VMS märke

autonoomselt juhtida, tuleb paigaldada kiirust juhitavatesse lõikudesse täiendavaid seiresüsteeme. Seiresüsteemid peavad mõõtma liiklussagedust ja keskmist kiirust.

Uuringu tulemustest saab järeldada veel seda, et Tallinnasse paigaldatud ilmajaamade kogutavad andmed ei mõjuta liiklusolusid selliselt, et nende alusel saaks juhtimisotsuseid vastu võtta. Ilmajaamade asukohad Tammsaare tee ja Järvevana tee lõikude suhtes on sobivad ja kirjeldavad analüüsi tulemustele toetudes tänavate ilmastikku kogu lõigu ulatuses piisava täpsusega. Ilmajaamasid tuleks täiendada haardeteguri, sademete ja nähtavuse anduritega ning täiendavalt uurida, kuidas ja mis ulatuses need väärtused liiklust ja ohutust mõjutavad.

Magistritöö koostaja algseks sooviks oli analüüsida ka ilmaradari kasutamise võimalusi muutuvteabega märkide autonoomsel juhtimisel, kuid tehnilistel põhjustel langes andmete kasutamise võimalus töö koostamise ajal ära. Magistritöö koostaja näeb selles lahenduses potentsiaali sademete hulga hindamisel, kiirust juhitavas lõigus ja seda tuleks mõnes järgnevas töös detailsemalt uurida.

Töös esitatud juhtimisreegleid tuleks katsetada reaalsetes oludes ja vajadusel nende väärtuseid informatsiooni täiendamisel täpsustada. Muutuvteabega märkide kasutamine on muude riikide kogemustest lähtuvalt vähendanud liiklusõnnetusi 30-40 %. VMS märkide kasu on ainult siis, kui neid kasutatakse muutuvana. Kellajaliselt ja kindlatele päevadele määratud kiiruspiirangut saab rakendada märksa soodsamalt traditsioonilisi märke kasutades.

SUMMARY

A considerable number of traffic signs with variable information have been installed on Estonian roads in recent years. Speed limits, warning signs and information on message boards can be changed remotely from control centres. Today, characters are changed semi-automatically or manually, depending on how the worker entering the information interprets it. Based on the personal experience of the author of this Thesis, the information displayed on the variable signs does not correspond to real traffic conditions and contradictions are common on the traffic signs located in the city of Tallinn.

This Master Thesis aimed to find answers to the following research questions:

- On the basis of which parameters should the speed limits displayed on variable speed limit signs be chosen?
- Which useful information can already be implemented today and what should be added to the solution that is under development?

In order to find answers to the research questions, the theoretical part of the Thesis studied which driving rules are in use elsewhere, what do safe driving speeds depend on, driver's decisions in relation to adhering to the speed limit, and what is the existing situation in operating VMS signs in Estonia. In order to answer the research questions, the author chose A. H. Tammsaare tee (road) and Järvevana tee (road), located in the city of Tallinn, to carry out the research. Data on traffic accidents, traffic speeds, traffic density and weather conditions were collected for this section, and by analysing the available data, values were found for controlling signs with variable information.

The Master Thesis research concluded that traffic density in the chosen section has the greatest influence on traffic speed. Based on previous studies, a large amount of precipitation also affects the urban environment. During the study, it was also established that the days with the most accidents are also rainy days. Impact on other aspects, such as road work (temporary traffic organisation) and traffic accidents, was also established.

Based on the results of the research, control regulations were prepared, on the basis of which decisions can be made regarding displaying information on variable speed limit signs. Many previous studies have found connections between warning signs and speed adherence. Based on this, there is a need to add warnings to variable signs. If the driver

knows the reason for the speed limit, he is more likely to adjust the speed according to the signs.

In this Master Thesis, it was also found that in urban traffic it is not possible to control signs in other sections with speed limits based on traffic density information from one section only. In order to control the variable signs autonomously on Järvevana tee (road), additional monitoring systems must be installed in the sections with speed limits. Monitoring systems must measure traffic density and average speed.

It can also be concluded from the results of the study that the data collected by the weather stations in Tallinn do not affect traffic conditions in such a way that control decisions can be made based on them. The locations of the weather stations in relation to the sections of Tammsaare and Järvevana tee (road) are suitable and based on the results of the analysis, they describe the weather in these sections with sufficient accuracy. Weather stations should be supplemented with grip factor, precipitation and visibility sensors, and further research should be done on how and to what extent these values affect traffic and safety.

The original wish of the author of this Thesis was to analyse the possibilities of using the weather radar for autonomous control of variable signs, but for technical reasons it was not possible to use this data for the research. The author of the Thesis sees potential in this solution for estimating the amount of precipitation in sections with speed limits, and suggests further and more detailed research in this area.

The control regulations presented in this Thesis should be tested in real conditions and, if necessary, the values should be updated in case of any new information. Based on the experience of other countries, the use of variable signs has reduced traffic accidents by 30-40 %. VMS signs are only useful when used as variable signs. Speed limits that are specific to the time or the day, can be implemented more cost-effectively using traditional signs.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- AASHTO. (2004). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.
- AS Signaal TM. (2012). Riigihanke 127495 raames välja ehitatud liiklusvoogude seire süsteemi tehniline kirjeldus.
- AS Signaal TM. (2024). Tallinna Seiresüsteem. [Online]. Available: <https://seire.tallinn.ee/>
- Austroroads Ltd. (2013). Driver Attitudes to Speed Enforcement.
- A. Z. Jones. (2020). The Physics of a Car Collision. ThoughtCo. [Online]. Available: thoughtco.com/what-is-the-physics-of-a-car-collision-2698920
- B. D. Greenshields. (1933). The Photographic Method of studying Traffic Behaviour.
- Delfi Forte. (2024). „Reidi teelt Piritani on hirmkallid liiklusmärgid välja lülitatud – juba aasta lõpust saati“. [Online]. Available: <https://forte.delfi.ee/artikkel/120281330/reidi-teelt-piritani-on-hirmkallid-liiklusmargid-valja-lulitatud-juba-aasta-lopust-saati>
- C. Jurewicz, A. Sobhani, J. Woolley, J. Dutschke, B. Corben. 2016. Exploration of vehicle impact speed – injury severity relationships for application in safer road design. *Transportation Research Procedia* 14, 4247-4256.
- D. Jaroszweski, T. McNamara. (2014). The influence of rainfall on road accidents in urban areas: a weather radar approach [Online] *Travel Behaviour and Society*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2013.10.005>.
- Eesti Liikluskindlustuse Fond. (2024, Apr. 26). Meist. [Online]. Available: <https://lkf.ee/et/meist/eesti-liikluskindlustuse-fond>
- E. Vaheoja. (2016). Autojuhtide kiiruskäitumist mõjutavad faktorid maanteedel.
- Federal Highway Administration (FHWA). (2023). Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways.
- F. Mannering. (2009). An empirical analysis of driver perceptions of the relationship between speed limits and safety. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12(2), 99-106.
- Geenius. (2021). „Tallinna keeruliste oludega tänavad said nutikad Eestis valmistatud teeilmajaamad“. [Online]. Available: <https://digi.geenius.ee/blogi/tulevikulin/tallinna-keeruliste-oludega-tanavad-said-nutikad-eestis-valmistatud-teeilmajaamad/>

- HERE Technologies. (2024). About Us. [Online]. Available: <https://www.here.com/company/about-us>
- J. B. Edwards. (1998). The relationship between road accident severity and recorded weather. [Online] *Journal of Safety Research* 29 (4), p 249–262. Accessed: March 11, 2024.
- J. J. Andrews. (2011). Urban Street Speed Strategy Cessnock City Council.
- J. L. Gattis, A. Watts. (1999). Urban Street Speed Related to Width and Functional Class.
- Kliimaminister. (2023). Tee projekteerimise normid. [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/122112023009>
- Kuku raadio. (2022). Siim Vaikmaa räägib muutuvteabega liiklusmärkidest. [Online]. Available: <https://kuku.pleier.ee/podcast/kuku-parastlouna/142791>
- M. Anissimov. (18.11.2017). Korrelatsioon. [Online]. Available: <https://vara.ee-koolikott.ee/taxonomy/term/2355>
- M. A. Recarte & L. M. Nunes. (1996). Perception of speed in an automobile: Estimation and production. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 2(4), 291–304. doi: <https://doi.org/10.1037/1076-898X.2.4.291>.
- M. C. Taylor, D. A. Lynam, A. Baruya. (2000). The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents.
- M. Esawey, J. Sengupta, J. E. Babineau, & E. Takyi. (2022). Safety evaluation of variable speed limit system in British Columbia, *Journal of Transportation Safety & Security*, 14(10), 1776-1797, doi: 10.1080/19439962.2021.1960663.
- Minnesota Department of Transportation (MnDOT). (2010). Effectiveness of Traffic Signs on Local Roads.
- O. Grembek, K. Chen, B. D. Taylor. (2020). Research Synthesis for the California Zero Traffic Fatalities Task Force.
- Põlva vald. (Jan. 4, 2024). Põlvas valmis nutitee. Accessed: March 17, 2024. [Online]. Available: https://www.polva.ee/uudised-ja-teated/-/asset_publisher/aHXFnm7k4Opt/content/id/39318605
- Ramboll Eesti AS. (2014). Liikluskäitumise Monitooring 2013.
- R. Kulmala, P. Rämä. (2000). Effects of variable message signs for slippery road conditions on driving speed and headways. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 3, 85-94. doi: [https://doi.org/10.1016/S1369-8478\(00\)00018-8](https://doi.org/10.1016/S1369-8478(00)00018-8).

- Sierzega Elektronik GmbH. (2024). Vehicle Traffic Counter SR4. [Online]. Available: <https://www.sierzega.com/en-us/>
- S. Jaksi. (2019). Muutuvteabega Kiirusmärkidega Kehtestatud Kiiruspiirangu Mõju Kiiruskäitumisele.
- Tallinna linnavalitsus. (2022). Tallinna teede liigid. Accessed: March 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.tallinn.ee/et/tallinna-teede-liigid>
- Teedeinfokeskus. (2024). [Online]. Available: <https://tik.teeilm.ee/>
- Teede Tehnokeskus. (2018). SMART E67 raames paigaldatud muutuva teabega märkide juhtimispõhimõtted.
- TMS-DG02. (2015). Traffic Management Services VARIABLE SPEED LIMITS.
- Transpordiamet. (2021). Transpordiameti ITS arengukava 2021-2025.
- Transpordiamet. (WWW). Liiklusjuhtimiskeskus. Accessed: March 19, 2024. [Online]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/liiklusjuhtimiskeskus>
- Transpordiamet. (Jan. 29, 2024). Muutuva teabega liiklusmärkidel kohandatakse kiirust veelgi täpsemalt tegelike andmete alusel. Accessed: March 19, 2024. [Online]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/uudised/muutuva-teabega-liiklusmarkidel-kohandatakse-kiirust-veelgi-tapsemalt-tegelike-andmete>
- Transpordiamet. (Jan. 26, 2024). Sõidukite statistika. Accessed: March 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/soidukite-statistika>

LISAD

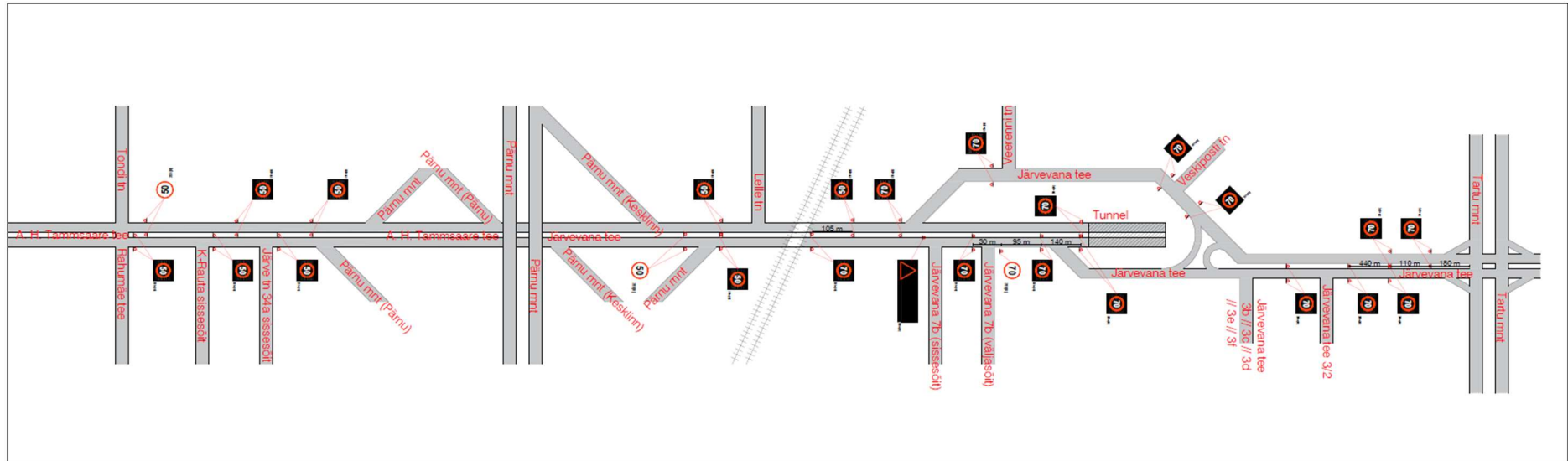
Lisa 1 Enam kui viie liiklusõnnetusega päevad aastast 2023

Juhtumi nr	Kuupäev	Situatsiooni tüüp	X koordinaat	Y koordinaat	Tsoon	Sõidusuund	Kehtinud piirang	Mis oli kiirus	keskmine teetemperatuur	Keskmine õhutemperatuur	Kahju suurus, €
R1518722	08.03.2023 09:58	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Mõõdasõit, reastumine, kõrvalekaldumine: Vastassuunda kaldumine mõõdasõidusoovita, kokkupõrge seal liikujaga	6587502	544323	D	2	70	63,98	-0,05	-1,7	1000
R1518780	08.03.2023 09:00	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6585138	540522	A	1	50	46,86	-0,8	-2,1	2000
R1518932	08.03.2023 15:08	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Mõõdasõit, reastumine, kõrvalekaldumine: Reastumine, kokkupõrge kõrvalreas liikujaga	6586493	543135	C	2	70	63,13	-1,65	-2,5	2000
R1519168	08.03.2023 09:16	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Ristmiku ületamine ja pöörded: Pöördel, kokkupõrge taganttulijaga	6585152	540931	A	1	50	46,86	-0,55	-2	1000
R1519628	08.03.2023 09:15	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6585160	540390	A	2	50	20,84	-0,55	-2	499
R1519658	08.03.2023 16:00	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6585243	541479	B	1	70	64,21	-1,9	-2,85	1000
R1527386	23.05.2023 15:00	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Ristmiku ületamine ja pöörded: Kokkupõrge ristival teel liikujaga	6585145	540389	A	1	50	55,33	28,9	21,1	9000
R1527709	23.05.2023 16:45	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Mõõdasõit, reastumine, kõrvalekaldumine: Reastumine, kokkupõrge kõrvalreas liikujaga	6585163	541096	A	2	50	20,93	25,65	20,2	1000
R1527919	23.05.2023 08:40	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6587458	544549	D	2	70	68,80	27,3	19,95	4000
R1528303	23.05.2023 07:35	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6585160	540390	A	2	50	23,95	23,4	21,8	1000
R1530665	23.05.2023 17:52	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Mõõdasõit, reastumine, kõrvalekaldumine: Reastumine, kokkupõrge kõrvalreas liikujaga	6585146	541064	A	1	50	50,33	23,4	19,75	1000
R1538598	01.09.2023 11:45	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Mõõdasõit, reastumine, kõrvalekaldumine: Reastumine, kokkupõrge kõrvalreas liikujaga	6587423	544135	D	2	70	69,37	28	20,75	2000
R1539242	01.09.2023 10:30	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6585155	540750	A	1	50	54,53	24,95	20,1	499
R1539945	13.09.2023 09:36	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6587438	544641	D	2	70	70,37	18,6	17,95	5000
R1539954	13.09.2023 10:00	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Mõõdasõit, reastumine, kõrvalekaldumine: Reastumine, kokkupõrge kõrvalreas liikujaga	6585176	540793	A	2	50	39,49	18,75	18,05	3000
R1539981	13.09.2023 11:40	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Mõõdasõit, reastumine, kõrvalekaldumine: Reastumine, kokkupõrge kõrvalreas liikujaga	6585173	540953	A	2	50	39,49	18,75	17,95	10500
R1540031	13.09.2023 12:45	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6585780	542415	B	2	70	57,60	19,7	19,1	2000
R1540065	13.09.2023 12:45	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6585784	542407	B	2	70	57,60	19,7	19,1	10500
R1540070	13.09.2023 16:30	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Mõõdasõit, reastumine, kõrvalekaldumine: Reastumine, kokkupõrge kõrvalreas liikujaga	6586001	542743	B	2	70	37,57	18,05	17,65	1000
R1540227	13.09.2023 11:00	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6585160	540390	A	2	50	39,49	18,5	17,4	1000
R1540390	13.09.2023 10:10	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Mõõdasõit, reastumine, kõrvalekaldumine: Reastumine, kokkupõrge kõrvalreas liikujaga	6585162	540704	A	2	50	39,49	18,7	18,05	1000
R1540659	13.09.2023 13:15	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Mõõdasõit, reastumine, kõrvalekaldumine: Mõõdasõit, kokkupõrge samas- või vastassuunas liikujaga	6585147	540386	A	1	50	54,04	19,7	19,5	1000
R1542054	03.10.2023 07:37	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6585153	540628	A	2	50	19,59	14,35	14,5	7000
R1542143	03.10.2023 09:15	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6585179	540845	A	2	50	19,59	16	15,05	1000
R1542243	03.10.2023 15:04	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Mõõdasõit, reastumine, kõrvalekaldumine: Reastumine, kokkupõrge kõrvalreas liikujaga	6585157	540679	A	2	50	34,84	13,05	11,7	1000
R1542432	03.10.2023 09:17	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6585142	540516	A	1	50	44,87	16	15,05	1000
R1543514	03.10.2023 10:00	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6585141	540475	A	1	50	53,43	16,4	15,05	1000
R1550497	08.12.2023 15:30	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Mõõdasõit, reastumine, kõrvalekaldumine: Reastumine, kokkupõrge kõrvalreas liikujaga	6585271	541544	B	2	70	57,21	-10,1	-11,95	2000
R1550846	08.12.2023 10:12	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6585179	540841	A	2	50	33,62	-6,8	-8,1	4000
R1550849	08.12.2023 18:05	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Mõõdasõit, reastumine, kõrvalekaldumine: Reastumine, kokkupõrge kõrvalreas liikujaga	6587458	544549	D	1	70	67,30	-11,6	-13,2	1000
R1550924	08.12.2023 14:45	Parkimisega seotud liiklusõnnetused: Mõõduva sõiduki otsasõit pargitud sõidukile	6585161	540390	A	2	50	33,62	-9,55	-11,4	499
R1550971	08.12.2023 10:26	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Tagant otsasõit: Tagant otsasõit ees liikuvale või peatunud sõidukile	6585141	540442	A	1	50	52,61	-6,8	-8,2	10500
R1551473	08.12.2023 17:27	Liiklusõnnetused teel ja ristmikul: Mõõdasõit, reastumine, kõrvalekaldumine: Reastumine, kokkupõrge kõrvalreas liikujaga	6585265	541531	B	2	70	35,83	-11,35	-13,25	2000

- A) A. H. Tammsaare tee, lõigus Tondi tn kuni Pärnu mnt
 B) Järvevana tee, lõigus Pärnu mnt kuni Veerenni tn
 C) Järvevana tee, lõigus Veerenni tn kuni Veskiposti tn
 D) Järvevana tee, lõigus Veskiposti tn kuni Tartu mnt

- 1) Sõidusuund Tartu mnt suunas
 2) Sõidusuund Haabersti suunas

Lisa 2 Tammsaare tee ja Järvevana tee VSL märkide skeem



Lisa 3 Ilmaandmete analüüs kaamerapildilt

Kolmapäeval, 08.03.2023 registreeriti kuus kindlustusjuhtumit. Neli neist õnnetustest leidis aset hommikul kella 9 ja 10 vahel, ülejäänud kaks vahemikus 15 kuni 16. Allolevalt pildilt on näha 08.03.2023 liiklusõnnetuste asukohad ja toimumise kellajad (LKF 2024).



Teekaamerate jäädvustustest on näha, et hootine lumesadu kestis terve päeva, piirates aegajalt nähtavust. Alloleval pildil on teekaamera pilt kell 9:40 (Teedeinfokeskus, 2024).



Alloleval pildil on näha teekaamera pilt kell 15.20 (Teedeinfokeskus, 2024).



Lisa 4 Juhtimisreeglid LSS

LSS- Lasnamäe suund	Väga head sõidutingimused	Head sõidutingimused	Rahuldavad sõiduolud	Halvad sõiduolud			Väga halvad sõiduolud	Millist hoiatust reguleerib	Märkused
Kehtestatud kiirus	70	60	50	40	40	40	30		
Hoiatuse kuvamine, olulisuse järjekorras	(-)	(151)/(158)/(186)/(-)	(151)/(187)/(184)/(158)/(-)	(151)/(184)/(186)/(158)	(151)/(184)/(186)/(158)	(151)/(184)/(186)/(158)	(151)/(184)/(186)/(158)		
Liiklussagedus (sa/ 15 min)	<75	<125	<400	<575			> 575	184	Väärtuste koosmõju
Keskmine liikumiskiirus (km/h)	>60	>50	>40	≥30			<30		
Sademed (liik ja kogus)	Sajuta / Vihm	Lörtsisadu	Lörtsisadu	Jäävihm või uduvihm	Lumi	Vihm	Lumi	151	Täiendava uurimuse vajadus
	≤1 mm/h	≤ 0,1 mm/h	≤ 0,5 mm/h	> 0 mm/h	> 0,5 mm/h	> 0,5 mm/h	> 1 mm/h	151	Täiendava uurimuse vajadus
Nähtavus	≥ 600 m	≥ 300 m	≥ 200 m	< 200 m			< 50 m	186	Täiendava uurimuse vajadus
haardetegur	Täiendava uurimise vajadus ja ilmajaamade täiustamine							151	Täiendava uurimuse vajadus
Teetööd	ei	Jah (manuaalne juhtimine)	Jah (manuaalne juhtimine)	Jah (manuaalne juhtimine)			Jah (manuaalne juhtimine)	158	Valik lähtuvalt sulgemise ristlõike laiuusest.
Liiklusõnnetused	ei	ei	Jah (manuaalne juhtimine)	Jah (manuaalne juhtimine)			Jah (manuaalne juhtimine)	187	Valik lähtuvalt liiklusõnnetuse ulatusest

Lisa 5 Juhtimisreeglid LVS

LVS- Lasnamäe suund	Väga head sõidutingimused	Head sõidutingimused	Rahuldavad sõiduolud	Halvad sõiduolud			Väga halvad sõiduolud	Millist hoiatust reguleerib	Märkused
				40	40	40			
Kehtestatud kiirus	70	60	50	40	40	40	30		
Hoiatuse kuvamine, olulisuse järjekorras	(-)	(151)/(158)/(186)/(-)	(151)/(187)/(184)/(158)/(-)	(151)/(184)/(186)/(158)	(151)/(184)/(186)/(158)	(151)/(184)/(186)/(158)	(151)/(184)/(186)/(158)		
Liiklussagedus (sa/ 15 min)	<200	<450	<600	<650			> 600	184	Väärtuste koosmõju
Keskmine liikumiskiirus (km/h)	>60	>50	>40	≥30			<30		
Sademed (liik ja kogus)	Sajuta / Vihm	Lörtsisadu	Lörtsisadu	Jäävihm või uduvihm	Lumi	Vihm	Lumi	151	Täiendava uurimuse vajadus
	≤1 mm/h	≤ 0,1 mm/h	≤ 0,5 mm/h	> 0 mm/h	> 0,5 mm/h	> 0,5 mm/h	> 1 mm/h	151	Täiendava uurimuse vajadus
Nähtavus	≥ 600 m	≥ 300 m	≥ 200 m	< 200 m			< 50 m	186	Täiendava uurimuse vajadus
haardetegur	Täiendava uurimuse vajadus ja ilmajaamade täiustamine							151	Täiendava uurimuse vajadus
Teetööd	ei	Jah (manuaalne juhtimine)	Jah (manuaalne juhtimine)	Jah (manuaalne juhtimine)			Jah (manuaalne juhtimine)	158	Valik lähtuvalt sulgemise ristlõike laiuselt.
Liiklusõnnetused	ei	ei	Jah (manuaalne juhtimine)	Jah (manuaalne juhtimine)			Jah (manuaalne juhtimine)	187	Valik lähtuvalt liiklusõnnetuse ulatusest