



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Mehaanika ja tööstustehnika instituut

RINGRISTMIKE RAJAMISE MÕJU LIIKLUSOHUTUSELE

THE IMPACT OF ROUNDABOUTS ON ROAD SAFETY

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Jane Napritson

Üliõpilaskood: 183077EALM

Juhendaja: Dago Antov, professor

Tallinn 2020

(Tiitellehe pöördel)

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.

(kuupäev digiallkirjas)

Autor: Jane Napritson

(allkirjastatud digitaalselt)

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

(kuupäev digiallkirjas)

Juhendaja: Dago Antov

(allkirjastatud digitaalselt)

Kaitsmisele lubatud

(kuupäev digiallkirjas)

Kaitsmiskomisjoni esimees: Jelizaveta Janno

(allkirjastatud digitaalselt)

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Jane Napritson (sünnikuupäev: 26.12.1993)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Ringristmike rajamise mõju liiklusohutusele,

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.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

(allkirjastatud digitaalselt)

(kuupäev digiallkirjas)

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Jane Napritson, 183077EALM
Õppekava, peeriala: EALM02/18-Logistika, liikuvuskorraldus
Juhendaja: Professor Dago Antov

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Ringristmike rajamise mõju liiklusohutusele
(inglise keeles) The Impact of Roundabouts on Road Safety

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Väljaselgitada, liiklusohutuse aspektis, toimimise ootuspärasus, võrreldes muu ristmikulahendusega
2. Liiklusohutlike ringristmike vaatlus ja parandusettepanekute tegemine
3. Uurida, milliste parameetritega ringristmikud täidavad oma eesmärgi kõige paremini

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teooria materjali otsimine, läbitöötamine	Märts 2020
2.	Metoodika, andmeanalüüsi ja vaatluse läbiviimine	Märts- aprill 2020
3.	Tulemuste analüüsimine ja parandusettepanekute tegemine, viimistlemine	Aprill- mai 2020

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "25." mai 2020a

Üliõpilane: Jane Napritson (kuupäev digiallkirjas)
(allkirjastatud digitaalselt)
Juhendaja: Dago Antov (kuupäev digiallkirjas)
(allkirjastatud digitaalselt)
Programmijuht: Jelizaveta Janno (kuupäev digiallkirjas)
(allkirjastatud digitaalselt)

SISUKORD

EESSÕNA.....	6
SISSEJUHATUS	7
1. RINGRISTMIKUD.....	9
1.1 Ringristmike tüübid	11
1.2 Ringristmike liiklustehnilised parameetrid	16
1.2.1 Läbilaskvus	16
1.2.2 Liiklusohutus ringristmikel.....	20
1.3 Ringristmike eelised ja puudused	25
2. METOODIKA.....	29
2.1 Valimi moodustamine.....	29
2.2 Ristmike tüübi võrdlev analüüs	30
2.3 Liiklusohutuse muutus ringristmikel.....	32
3. TULEMUSED JA JÄRELDUSED.....	43
3.1 Tulemused ja analüüs	43
3.1.1 Liiklusohutuse muutused erinevat tüüpi ringristmike rajamisel..	45
3.1.2 Liiklusohutuse muutus olemasolevatel ringristmikel	48
3.2 Järeldused ja ettepanekud	60
KOKKUVÕTE.....	66
SUMMARY.....	68
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	70

EESSÕNA

Käesoleva magistritöö teemaalgatus tuli töö autori poolt ning koostöös professor Dago Antoviga, kes juhendas töö autorit töö koostamisel, sõnastati lõplik teema.

Lõputöö eesmärgiks oli välja selgitada, kas muude ristmike tüüpide asemele rajatud ringristmike toimimine on ootuspärane, arvestades liiklusohutust ja milliste parameetritega ringristmikud täidavad rajatud eesmärki kõige sihtotstarbelikumalt-vältimaks liiklusõnnetuste teket ning seeläbi kannatatud kahju. Lisaks uurida liiklusõnnetuste rohkeid ringristmikke ja pakkuda välja võimalusi seal liiklusõnnetuste vähendamiseks.

Töös kasutati kvantitatiivset uurimismeetodit, teostati andmeanalüüs. Kasutatud andmed pärinesid Eesti Liikluskindlustuse Fondilt ning Maanteeametilt, Google maps pildigaleriist ja Maa-ameti katastrikaardilt ning Ehitisregistrist. Lisaks teostati vaatlus, hindamaks ringristmike tööd ning parameetreid. Järelduste ja ettepanekute tegemiseks töötas autor läbi teemakohase kirjanduse, mida on käsitletud töö teoreetilises osas.

Tulemustest selgus, et enamjaolt ringristmikud täidavad eesmärki muuta liiklus ohutumaks, vähendades liiklusõnnetuste kogu arvu. Samas on tõusnud enamikel ringristmikel väljamakstavad kahjunõuded. Ebapiisava informatsiooni kättesaadavuse tõttu on raske läbiviia võrdlevat analüüsi eelnevate lahendustega, sest puudub ringristmike täpne rajamise aasta.

Autor tõi võimalike lahendustena välja lisamaks täiendavaid informatsiooni teabeid enne ringristmikule sisenemiseks ja seal olles ning kasutada anduriga foorilahendust enim liiklusõnnetusi toimuvatel ringristmikel. Lisaks on soovitatud viia piirkiirused vastavusse projektkiirustega või muuta sissesõidu raadius näiliselt väiksemaks, vähendamaks seeläbi liiklejate kiiruseid, mis tagaks parema liiklusohutuse ning väiksemad rahalised kahjud.

Kõige suurem tänuavaldus läheb professor Dago Antovile, kes oli nõus olema töö juhendajaks ning aitas igakülgset tekkinud küsimusi lahendada. Lisaks soovin tänada oma perekonda, Timo ja Johannest!

Võtmesõnad: ringristmikud, liiklusohutus, liikluskäitumine, magistritöö

SISSEJUHATUS

Ringristmike ehitatakse tänapäeval väga paljudesse kohtadesse. Nende populaarsus on eelkõige tingitud arusaamast, et need on ohutud ning suure läbilaskevõimega ning ohjavad sealjuures hästi liiklust. (Wilson, Dilgir, Zein, 2016) Käesolevat tööd ajendas autorit kirjutama fakt, et liiklusõnnetuste üldarv on iga-aastaselt kasvanud, vaatamata kasutusele võetud meetmetele, sealhulgas ka ulatuslikule ringristmike ehitamisele. Eesti Liikluskindlustuse fondi andmetel on enim registreeritud liiklusõnnetusi aastatel 2018-2019 kõikidest juhtunud liiklusõnnetustest Eesti teedel just ringristmikul – nn Riia ringil Tartus. Ainuüksi kahel ringristmikul Eestis - Tartus Riia ringil ning Tallinnas TTÜ ringil - registreeriti aastal 2018 kokku 253 juhtumit kogukahjuga 0,37 miljonit eurot. (Eesti Liikluskindlustuse Fond, 2019)

Seetõttu on käesoleva töö uurimisprobleemiks ringristmikel toimuvad suuremahulised liiklusõnnetused ja kuigi aasta-aastalt rajatakse ringristmikke juurde, siis samas puudub ülevaade, kas liiklusohutuse aspektist lähtuvalt toovad nad kaasa oodatava mõju.

Töö eesmärgiks on välja selgitada, kas ehitatud ringristmike toimimine arvestades liiklusohutust on ootuspärane, võrreldes mõne muu lahendusega, näiteks foorristmikuga ja milliste parameetritega ringristmikud täidavad rajatud eesmärgi kõige sihtotstarbelikumalt vältimaks liiklusõnnetuste teket ning seeläbi kahju. Lisaks on eesmärgiks uurida liiklusõnnetuste rohkeid konkreetseid ringristmikke ja pakkuda välja võimalusi seal liiklusõnnetuste vähendamiseks.

Antud töös soovib autor võrrelda olukordi enne ja pärast ringristmiku rajamist või selle ümberplaneerimist. Selleks teeb autor võrdleva analüüsi üheksa ringristmiku ja sellele eelneva ristmiku vahel. Võrreldud on liiklusõnnetuste arvu ning kahjunõudeid rahalises väärtuses. Lisaks vaatleb autor seitset ringristmikku põhjalikumalt. Need on Akadeemia tee-Ehitajate tee-Sõpruse puiestee, Haabersti ning Vana-Kuuli-Narva mnt ringristmikud Tallinnas; Jüri jaotusring Harjumaal; Aia - Karja - Kuninga - Vanapargi ringristmik Pärnus; Tartus Riia ringristmik ja Tartu-Viljandi-Kilingi-Nõmme-Kalevi-Riia mnt ringristmik Viljandis. Valituks osutusid ringristmikud seepärast, et neil on toimunud aastatel 2012-2019 Maanteeameti inimkannatanutega lõppenud liiklusõnnetuste statistika andmetel kõige rohkem juhtumeid, kus on olnud inimkannatanuid. (Maanteeamet, 2020)

Tulemuste saavutamiseks on töö autor püstitanud kaks uurimisküsimust:

1. Kas ja kuidas on ringristmiku rajamine mõjutanud liiklusõnnetuste toimumist, nii nende raskusastet kui ka arvulisust?
2. Milliste parameetrite ja muude tunnustega ringristmikel toimub enim liiklusõnnetusi ja mis võib olla selle põhjuseks?

Töö koosneb kolmest osast: teoreetilisest, metoodika väljatöötamisest ja rakendamisest ning võrdleva analüüsi, andmetöötluse ning vaatluse põhjal saadud tulemustest.

Esimeses osas keskendub autor ringristmikele ja selle peamiste eeliste- liiklusohutusele ja läbilaskevõimele laiemalt. Teoreetilise osa koostas autor toetudes varasematele uuringutele ja kasutades eesti- ning ingliskeelseid allikaid, uuringuid ja artikleid.

Vaatluste läbiviimisest, liiklusõnnetuste andmeanalüüsimisest ja võrdlevast analüüsist on juttu teises osas.

Kolmas osa käsitleb võrdleva analüüsi, andmeanalüüsi ning vaatluse põhjal saadud tulemuste analüüsi ning nende põhjal formuleeritud järelduste tegemist, kasutades eelnevalt koostatud teooriaosa tulemusi.

1. RINGRISTMIKUD

Ristmik on samatasandiliste sõiduteedega teede lõikumisel moodustunud ala, kus on võimalik ühelt teelt teisele siirduda. Olemas on kolm samatasandilise ristmiku liiki: ringristmik, foorjuhtimiseta peatee-kõrvaltee ristmik ja foorjuhitav ristmik. (Chevuri, 2018) Antud töö käsitleb ringristmikke, mida sageli nimetatakse ka lihtsalt ringideks. Ringristmikke on kasutatud Ameerikas ja mitmetes Euroopa linnades juba aastast 1905. Suure liiklusõnnetuste arvu ning ülekoormusest tekkinud probleemide tõttu läksid need moest 1950. aastate keskel. Ülekoormusprobleeme on võimalik siinjuures otseselt seostada eelkõige autostumise kiire kasvuga - liiklusvahendite arvu kasvu tõttu. 1957. aastal hakati Inglismaal uuesti ringristmikega tegelema ja neid taas arendama. Võeti üle „Anna teed“ kontseptsioon. Selle tulemusena saavutati varasemate ringristmikega võrreldes parem läbilaskvus ning ummikuid ei tekkinud enam nii palju. Ringristmikud sobisid väikse koormusega teele ideaalselt. (Al-Madani, Saad, 2009)

Igal riigil on ringristmike rajamiseks oma praktika ja nõuded, mis peavad sobima konkreetse koha kliima ja ümbruskonna vajaduste ning harjumustega. (Tollazzi, Rencelj, 2014) Eesti liiklusseaduse kohaselt paigaldatakse Eestis enne ringristmikku märk 136 „Ringristmik“ koos märgiga 424 „Ringliiklus“ ees olevast ringristmikust, millel tuleb sõita nooltega osutatud suunas. Lisaks võib seal olla märk 221 „Anna teed“, mis kohustab märgile järgneval ringristmikul teed andma juba seal liikuvale sõidukile. Märgid on toodud joonisel 1.1. (Liiklusseadus, 2020)



Joonis 1.1 Liiklusmärgid

Ringristmike kavandamisel on mitmeid nõudeid, mida jälgima peab – liiklusohutus, läbilaskevõime, geomeetria, nähtavus ning piisav ruum raskeliikluse manöövrite jaoks.

Ringristmikud projekteeritakse nii, et kiirus ringil ei tohiks ületada 35 km/h. (L. Kaal, Kaal, T., Kendra, A., Eichfuss, Vainio, J. Vainio, Grünberg, 2018) Ringristmikud

parandavad liiklusohutust ning jaotavad hästi erinevatelt suundadelt tulevaid liiklusvoogusid, muutes liikluse sujuvamaks, samuti on neil tekkiv saasteainete kogus väiksem kui teistel ristmikel. (Silva, Mariano, J. P. Silva, 2015)

Maanteeamet on koostanud nõuded teehooldete tingimuste projekteerimiseks ja kasutus- ning hooldejuhendi koostamiseks (Maanteeamet, 2007):

- ringristmike teede erinevate tasapindade kõrguste vahed ei tohi erineda üle 1,0 cm (nt asfaltkate ja klompkivi vaheline äärekivi);
- ringristmiku soovitatav väline raadius peab olema vähemalt 15 m;
- ringristmike lahendus peaks olema võimalikult minimalistlik (materjalid, haljastus);
- (ring)ristmike peale- ja mahaõitudel, mille katte servas pole äärekivi, tuleb pöörderaadiustele ette näha peenrakindlustus klomp- või maakividega betoonalusel, äärekivide vahel.

Funktsionaalsed nõuded ringristmikutele on, et nende disain (Rubio-Martin, Jurado-Pina, Pardillo-Mayora, 2015):

- peab lubama ristmiku läbimist ning pööramist igasuguse sõiduki tüübiga;
- peab tagama liiklusvoo sujuvuse ning läbilaskevõime peab olema piisav ka tipptunnil;
- horisontaalne disain peab soosima kiiruse modereerimist sissesõiduharudelt kui ka ringil endal;
- juhul kui ringile on pääs kergliiklejatel, siis peab olema tagatud nende ohutus.

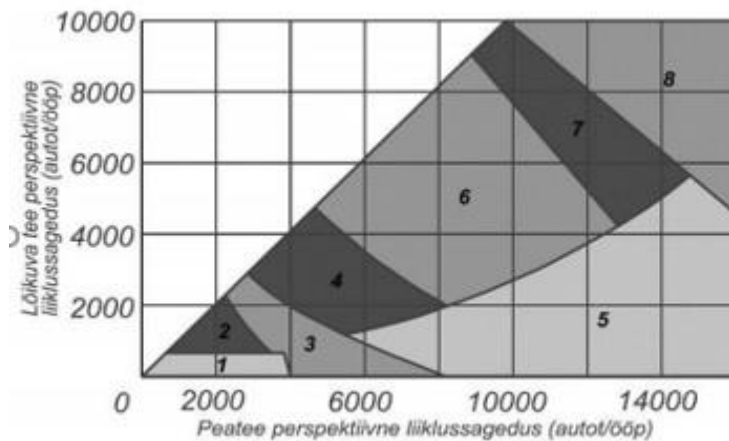
Ringristmike disain on korduv protsess, kus ka kõige väiksemad muudatused geomeetrilistes lahendustes võivad mängida suurt ja olulist rolli töökorraldusele ja ohutusele ringil. Et ring saaks töötada ohutult ja efektiivselt, peab see olema tehtud selliselt, et sissesõidul oleks kiirused võimalikult madalad. Kiirust on kõige lihtsam mõjutada ringristmiku projekteerimise parameetrite, eelkõige raadiusega. (Roundabouts design manual, 2015) Ringi planeerimisel kasutatakse disainautot, milleks valitakse suurimate parameetritega sõiduk, mis hakkab või on lubatud ringristmikku kasutama. (Chevuri, 2018)

1.1 Ringristmike tüübid

Tänapäeval on olemas mitmeid erinevaid tüüpi ringristmikke. Mõningad on ulatuslikus kasutuses mitmel pool maailmas, samas on ka selliseid ringristmikke, mida alles katsetatakse ja on seega kasutusel ainult teatud piirkondades. Kõige tüüpilisemad on ühe- ja mitmerajalised ringristmikud. (Tollazzi, Rencelj, 2014) Ühe sõidurajaga ringristmikute eelis on see, et neil on vähem konfliktpunkte. Mida rohkem on radasid ringil, seda suurem on konfliktpunktide arv, mis on seotud sõiduraja vahetuse (ebaõigest raja valikust tingituna), möödasõidu ja siseraja olemasoluga. Samuti on üherajalised ringid liiklejatele lihtsamini mõistetavad ja kasutatavad. (Wilson, Dilgir, Zein, 2016) Mitmed uuringud on väljatoonud mitmerajaliste ringteede halvema liiklusohutuse taseme ning väiksema läbilaskevõime kui algselt arvati. Probleemile otsitakse lahendust erinevates riikides mitmel viisil. Näiteks muudetakse lahendust, vähendamaks konfliktpunkte ja nii saadakse parem ringristmiku lahendus, mis erineb tüüpilisest disaini elementide poolest, mis seostuvad eelkõige rakendamise eesmärgiga. Olemas on näiteks turboringristmik, pisarakujuline ja nn hamburger-tüüpi ringristmik. (Tollazzi, Rencelj, 2014)

Sobivate parameetritega ringristmiku projekteerimine on keerukas ja aeganõudev tegevus. Projekteerijalt nõuab see korduvate muudatuste tegemist geomeetrias, määrata tuleb kiireimate sõidukite trajektoor ning kiirus, millega nad saavad liikuda ja seejärel hinnata selle vastavust soovitule. Õige lahenduse väljajoonistumine on seega aeganõudev töö ning saavutatud tulemus ei pruugi samuti tuua praktikas loodetud tulemust. (Rubio-Martin, Jurado-Pina, Pardillo-Mayora, 2015)

Ristmiku tüübi esmasel valikul tuleb Eestis kehtivate normdokumentide alusel lähtuda joonisel 1.2 toodud parameetritest. Arvesse tuleb võtta liiklussagedust ja seejärel määrata lahenduse variant. Esimese nelja märgitud situatsiooni põhjal on mõistlik rajada ringristmik. Edasi tuleks kaaluda juba foorristmiku või mõne muu lahenduse rajamist (Majandus- ja taristuministri määrus nr 106, 2015).



Joonis 1.2 Ristmiku põhitüübi valik. Allikas: Majandus- ja taristuministri määrus nr 106, 2015

1 - ringristmiku konkureerivad variandid:

- a) keskmise saarega ($D=25\div 100$ m);
- b) väikese saarega ($D\leq 25$ m);
- c) suure saarega ($D\geq 100$ m) kui lõikuvaid harusid on rohkem kui 5;

2 - konkureerivad variandid:

- a) ringristmik, mis annab paremad eeldused peasuunale (elliptiline saar);
- b) eritasandiline ristmik;
- c) etapiviisiline rajaliseerimine (I etapp - ringristmik; II etapp - eritasandiline ristmik);

3 - konkureerivad variandid:

- a) ringristmik (väikese saarega);
- b) eritasandiline ristmik;

4- konkureerivad variandid:

- a) etapiviisiline rajaliseerimine (I etapp - ringristmik; II etapp - eritasandiline ristmik);
- b) eritasandiline ristmik;

Ringristmike peamised lahendused on:

Miniringid on väiksed, üherajalised ringristmikud, kus kiirus on väga madal, maksimaalselt kuni 40km/h. Miniringi näidis on toodud joonisel 1.3. (Roundabouts design manual, 2015) Liikluse juhtimine toimub selliselt, et liiklejad ringlevad ümber keskse saare, mille diameeter on maksimaalselt 4 meetrit. Saamaks aru, et sisenetakse ringile on ringristmiku ees vastav märgistus ja anna teed märgi puhul tuleb teed anda vasakult tulevale autole või vasakpoolse liikluse puhul paremalt tulevale autole. Keskne saar peab olema kõrgendatud (kuid mitte rohkem kui 125 mm), et välistada otse ülesõitu, aga võimaldamaks suurte autodega pealesõidu, pikendamaks raadiust, et neil oleks mugavam oma manöövreid teostada.

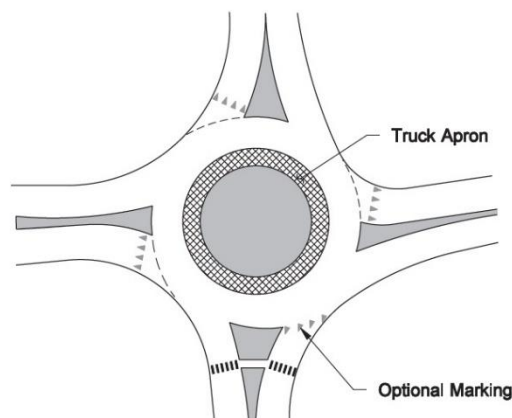
Hea on kasutada neid kohtades, kus on vaja lõpetada näiteks sirgjooneline tee, et püüda juhtide tähelepanu. (Merron, Allister) Ei sobi rajamiseks põhimaanteedele ja -tänavatele, lisaks väikest ringristmiku ei kavandata üleeuroopalise teedevõrgu maanteele ja suure raskeliikluse liiklussagedusega maanteele. Miniringide ehitamine ei

nõua palju ressursi ja on seega kõige odavam. Hea tava on rajada need stopmärgiga ristmike asemele, et suurendada läbilaskevõimet ning vähendada seeläbi viivitusi. (Roundabouts design manual, 2015)



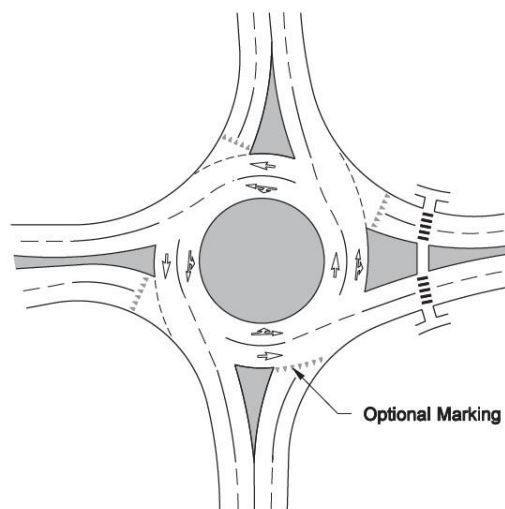
Joonis 1.3 Miniring Viljandis, Männimäel. Allikas: Google maps, 2020.

Üherajaline ringristmik on sarnane miniringile. Sellel on üks sissesõidu tee kõikidest suundadest ja üks ringil olev tee. Erinevus on selles, et keskne saar ei ole tõstetud, keske saare ümber on tehtud lisaks suuremõõduliste autode pealesõidu kese. (Roundabouts design manual, 2015) Vaata joonis 1.4.



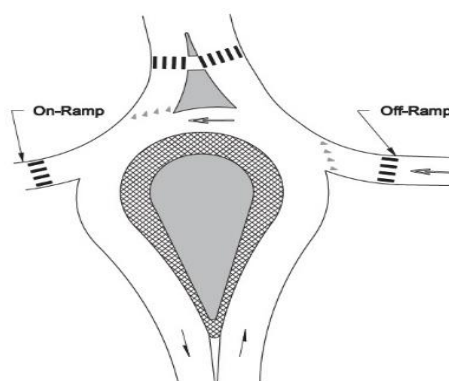
Joonis 1.4. Üherajaline ringristmik Allikas: Roundabouts design manual, 2015.

Mitmerajalisel ringteel on vähemalt üks sissesõit ja/või väljasõit kaheajaline või võib kasutada ka rohkem radu ning ringil on vähemalt kaks rida. (Roundabouts design manual, 2015) Lisatud on näidis joonisel 1.5.



Joonis 1.5 Mitmerajaline ringristmik. Allikas: Roundabouts design manual, 2015

Pisarakujulisi ringristmikke kasutatakse eelkõige kohtades, kus teatud pöördeid ei ole võimalik turvaliselt sooritada. Joonisel 1.6 on pisarakujuline ringristmik väljatoodud. Pisarakujuline kesksaar välistab U-manöövrid ning vähendab sissesõidul konfliktipunkte, seeläbi parandades läbilaskevõimet ning vähendades viivitusi ja järjekordi. Negatiivse külje pealt puudub sellel ringristmikul operatiivne järjepidavus, sest üks sissepääs ei ole tulus ning võib tekitada olukorra, kus kiirused lähevad liiga suureks. (Gazzarri, Pratelli, Souleyrette, Russell) Nende eeliseks on lai sissesõit ning kitsas konseptsioon. Erinevus teiste ringristmikkega on see, et pisarakujulisel ringil pole võimalik 360* (kraadi) pidevat sõitmist teostada. (Roundabouts design manual, 2015)



Joonis 1.6 Pisarakujuline ringristmik. Allikas: Roundabouts design manual, 2015.

Hamburger-tüüpi ringristmik on selline, millel paikneb sõidutee sirgjooneliselt peatee marsuudil. Selle keskne saar on "lõhestatud" ja kahe sõiduraja vahel on omakorda keskne saar. Kahe sõiduraja vahel oleva kesksaare suurus on vähemalt raskeveoki või

bussi laius, võib olla ka rohkem, kuid mitte vähem. Kogu ringristmiku sisemine diameeter on vähemalt 60m või rohkem. Seda on võimalik kasutada nii ühe- kui ka mitmetasandilise ringteena. Kasutusel näiteks Kanaari saartel. Joonisel 1.7 on kujutatud hamburger ringristmik. (Tollazzi, Rencelj, 2014)

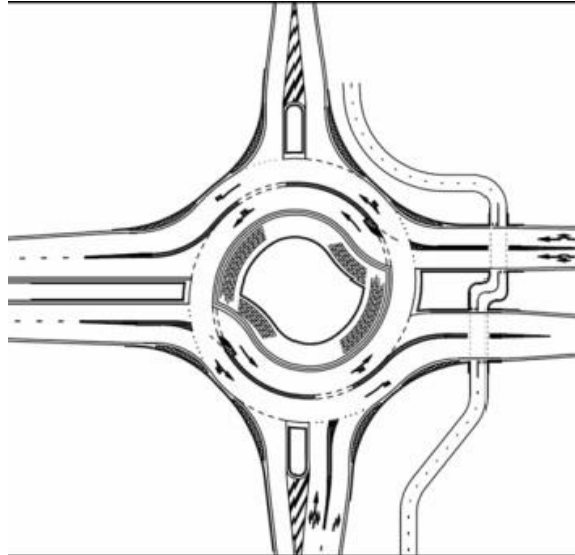


Joonis 1.7 Hamburger ringristmik. Allikas: Tollazzi, Rencelj, 2014.

Turboringristmik on kõige populaarsem alternatiiv tänapäeval kogu euroopas. Illustratiivne lahendus joonisel 1.8. Esimene turboringristmik rajati üheksakümnendate aastate lõpus Hollandis. Kogemused näitavad, et turboringristmikud on hea liiklusohutusega ja suure läbilaskevõimega, aga samas kohati ka problemaatilised, tavaliselt tüüpiliste vigade tõttu – kehv teemärgitus, ilma äärekivideta rajatud ristmik, mis võimaldab sõiduraja vahetust ning seeläbi põhjustab ka liiklusõnnetuste teket. See, kas äärekive kasutatakse ja kas rajavahetus on lubatud, on riigiti erinev. (Tollazzi, Rencelj, 2014) Turboringristmiku planeerides prooviti kokku panna ühe- ja kahe rajaliste ringteede kõige paremad omadused:

- parempöörde jaoks on vaja liikuda ainult ühel rajal;
- juhtidel on kindel arusaam ja rajainfo, milliselt reall võib väljasõite teha, äärekividega eraldatud radadel;
- võimalik elimneerida kõige tihedamini liiklusohutlikke olukordi soosivad konfliktpunktid.

Kui tavapärase mitmerajaline ringristmik omab 16 võimalikku konfliktpunkti, siis turboringristmik vaid kümme. Negatiivse poole pealt on oht palju suuremale liiklusohutlikule olukorrale kui hakatakse vale raja pealt õigele rajale suunduma. Seepärast peavad liiklejad olema eriti teadlikud ringi olemusest ja pöörama erilist tähelepanu viitadele. Tavaliselt on diameetriks 40 kuni 50 meetrit. Nende rajamise maksumus on sarnases suurusjärgus mitmerajalise ringristmikuga. (Gazzarri, Pratelli, Souleyrette, Russell)



Joonis 1.8 Turboringristmik. Allikas: Tollazzi, Rencelj, 2014.

1.2 Ringristmike liiklustehnilised parameetrid

1.2.1 Läbilaskvus

Ringristmiku läbilaskevõime on defineeritud kui ringleva liikluse võimalik sagedus hetkel kui kõige suurema liiklusvooga sissepääsu tee on läbilaskvus on saavutatud. Sisenemine ringile sõltub juba seal liikuvate autode kiirusest ja sagedusest ning arusaamast, mida ringil olev liikleja teeb, kas ta jätkab sõitmist või väljub. (Fortuijn, 2009) Samas on sageli keeruline ette ennustada juhtide käitumist, sest juhid tegutsevad erinevaid arusaamu järgides ning nende käitumismall on erinev.

Iga juht otsustab ringristmikule sisenemisel oma minimaalse ehk kriitilise ajalise tühimiku ringlevate liiklusvahendite vahel. (Bie, Lo, Wong, 2010) Geomeetria, juhi käitumine, liiklusvoog ning kontrolli faktorid määravadki ringristmike läbilaskevõime ning teenindustaseme. Ringristmike kasvava arvu tõttu on väga oluline mõista, milline liiklusvoog hakkab ringristmikku läbima ning arvestama ka prognoose - et ka tuleviku nõudlus saaks olemasoleva lahendusega täidetud. Tähelepanu tuleb pöörata ebaühtlastele liiklusvoogudele, näiteks erinevatel sisenemisharudel, kuid ringristmik peab suutma „teenindada“ kõiki sisenevaid suundi. (Akçelik, 2004) Uurimaks ringristmike toimimise efektiivsust võetakse tavaliselt käsitlesse kolm parameetrit:

läbilaskvus üldiselt, järjekordade pikkus ning ooteaeg. Läbilaskvuse kujunemiseks sisenemisel on määravaks mahutavus, mahutavuse määr ning varu. (Mauro, 2010)

Geomeetrilised parameetrid, mis on vajalikud, et välja arvutada ringristmiku läbilaskevõimet on järgmised: ristmiku välisdiameeter, diameeter ringil liikumiseks, keskse saare diameeter, ringlevate radade arv, sissesõidu nurk, sissesõiduradade arv, sissesõiduraja laius, sissesõidu raadius. (Al-Madani, Saad, 2009)

Läbilaskvus langeb miinimumini kui sisenemisel tekib järjekord ja ooteaeg ja tõuseb maksimumi siis, kui liiklusvoog on suunatud väljumisele. Peamiselt on ringristmike läbilaskvusega seotud kaks probleemi, esiteks probleem ringile sisenemisega (täitmisega) ja teiseks probleem ringilt väljumisega (tühjendamisega). (Tollazzi, 1999)

Uurimustööd on näidanud, et väikesed ringristmikud (diameeter 29-40m), kahe- ja kolme-ajalise sissepääsuga ringile või väga laia ühe- ja kahe-ajalise sõiduteega, omavad 20%...30% suuremat läbilaskvust kui need, mis on ühe-ajalise sissepääsuga, seejuures mõlema ringristmiku ruumivajadus on ligikaudu sarnane. Sellised ringristmikud on tõestanud, et neil on küllaltki hea läbilaskevõime, seal toimub sujuv liiklus ning need on ka sõidukijuhtidele arusaadavamad. Samuti on tegemist paremat liiklusohutust tagavate ringristmikuga, seepärast on Šveitsis hakatud kasutama rohkem just seesuguseid ringristmikke, eriti linnades. Kahe-ajaline sissepääs võib tekitada segadust, kes ringile esimesena siseneb, kuigi tavapäraselt teeb seda vasakul rajal olev liikleja, sest tema vaateväli on parem kui parempoolsel rajal oleval.

Peamine ringristmike läbilaskvuse probleem tekib tiptunnil kui ringi soovivad läbida korraga väga paljud liiklejad ning tekivad ootejärjekorrad. (Lindenmann, 2006) Mitme-ajalise sissepääsu korral ringristmikule on võimalik rohkem kui ühel autol siseneda ringlevale rajale sama vahemiku korral, mis tõstab mitme-ajalise ringristmiku läbilaskevõimet ühe-ajalise ringristmikuga võrreldes. Turboringristmiku eelis teiste ringristmike ees on reavahetuse mittevõimaldamine ringil liikudes, seega liiklusvoog on teadlikult jaotatud. (Tollazzi, 2015)

Ringristmikud ei toimi hästi sellisel juhul kui liiklusvoogude jagunemine on ebasoodne. Kui autovoog ühelt või kahelt suurima sagedusega harult muutub suureks, siis siseneva liikluse jaoks on sõidukitevaheline tühik sisenemiseks elimineeritud ja ringristmik toimib sisuliselt peatee/kõrvaltee režiimis. Arvestades soovitatavalt homogeenset liiklusvoolu, ei tohiks ringristmikul olla liiga palju harusid (mitte enam kui 5, harilikult kuni 4).

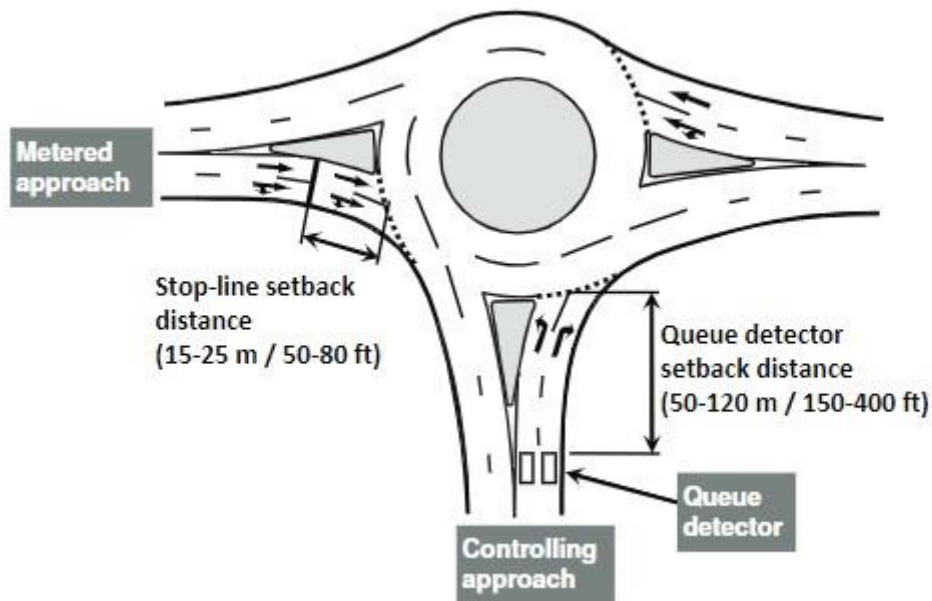
Ringristmikku ei ole otstarbekas kasutada olukordades, kus jalakäijate liiklusvood on väga suured või seal, kus on väga palju jalgrattureid. (Maanteeamet, 2007)

Üherajalistel ringristmikel mõjutab läbilaskvust olulisel määral ka kergliikluse maht. Näiteks võib tekkida olukord, kus kergliiklejate suure liiklussageduse tõttu ei ole mootorsõidukitel ringile siseneda võimalik, ringristmik jääb tühjaks ning läbilaskvus saavutab oma miinimumi. Jalakäijatega ringristmikul tekib kolm võimalust (Tollazzi, 1999):

1. Sisenemiseks on piisavad ajavahed sõidukivoos ning sissesõidul ning ringil olles ei teki ooteaegu;
2. Sisenemiseks on piisavad ajavahed sõidukivoos, kuid ringil olles võivad tekkida siiski mõningased ooteajad väljumiseks;
3. Sisenemiseks on liiga väiksed ajavahed, ring on ummistunud ning iga auto lisab ootaaega veel juurde.

Ringristmike kõige paremad omadused ilmnevad siis, kui küllastumisaste (ehk läbilaskvuse kasutustase) on suurusjärgus kuni 85%. Sellisel juhul on võrreldes foorjuhitavate ristmikuga ringringristmike läbilaskvus suurem. Kui aga küllastumisaste on kõrgem, näiteks tiptunnil maksimaalsel liiklussagedusel, siis ooteajad võrreldes foorjuhitavate ristmikuga ühtlustuvad või mõningatel tingimustel võivad olla isegi suuremad. Üldiselt on ringristmikud parema läbilaskevõimega kui foorjuhitavad ristmikud. Ajaline erinevus sõltub vasakpöörde mahust ristmikul ning liiklusvoolust üldiselt. (Otkovic, Dadic, 2009)

Austraalias, Inglismaal ning Ameerika Ühendriikides on kasutusele võetud erilised andurid, et luua lisavõimalusi ringile pääsemiseks, parandamaks niimoodi liigse järjekorra teket ning ebaühtlaste voogude paremat jaotumist. Niimoodi võimaldatakse ringristmiku parem toimimine, ilma et seda peaks ümber ehitama mõneks muuks, näiteks foorjuhitavaks ristmikuks. Andurid on paigaldatud ringristmiku äärde ning neid kasutatakse ainult vajadusel või tiptunnil. Joonisel 1.9 on piltlikult näha, kuidas mainitud lahendus enne ringristmikku toimib. Kõige pealt on kontrollala, mis mõõdab olukorda ringristmikul, saades signaale järjekorra andurilt ringil. Kui seal on piisavalt läbilaskvusvaru, siis toimib kõik tavapäraselt, kui mitte, siis süttib valgusfooris punane tuli, mis keelab edasi sõita ja ringile siseneda. (Akçelik, 2011)



Joonis 1.9 Mõõtesignaali toimimine:

Controlling approach – piirkond, mis saab signaale järjekorradetektoriga.

Metered approach – seal asub valgusfoor kollase ja punase tulega, mis punase tule põledes keelab edasi sõitmast. Allikas: Akçelik, 2011

Ringristmiku läbilaskvust on võimalik hinnata kolme mudeli järgi (Fortuijn, 2009):

1. Konfliktmudelid

Need on tuntud kui empiirilised mudelid. Vahekord siseneva maksimaalse voo ning ringleva voo vahel on hinnatud läbilaskevõime vaatluste põhjal.

Plussid on, et mõõtmistulemused, mis on saadud küllastunud faasis on koheselt kasutatavad ning pseudokonfliktide mõju saab arvesse võtta. Miinused on, et siseneva ning ringil oleva liiklusvoo suhet, saab arvestada ainult siis, kui see on küllastunud ning ainult lihtsaid suhteid ringristmiku liikluse ning läbilaskvuse vahel saab kalibreerida. Ehk sobib rohkem üherajalistele ringristmikutele.

2. Ajavahemiku aktsepteerimise mudelid

Omavad samuti makroskoopilist struktuuri, kuid analüüs põhineb juhtide käitumisele vastavalt sisenemisel väiksemast liiklusvoost kuni suuremani. Kasutatav mitmerajalistel ringristmikel. Võtmenäitajad on siinkohal:

- Kriitiline intervall (nn ajaline tühik) ringristmikul ning ajakohane sisenemine, mis iseloomustavad juhi käitumist siseneval rajal.
- Minimaalne pikivahe eesliikujaga ringil, mis iseloomustab liiklejate käitumist ringil.

3. Simulatsiooni mudelid

Neid mudeleid iseloomustab samm-sammuline lähenemisviis ja mis põhinevad ka matemaatilisel algoritmil. Kasutatakse näiteks liiklusvoost lähtuvalt kui ka üksiksõidukit eraldi vaadates. Kasutatakse VISSIM tarkvara, milles on võimalik muuta parameetreid, et saavutada soovitud tulemus.

1.2.2 Liiklusohutus ringristmikel

2019. aastal toimus Eestis 1389 inimkannatanuga liiklusõnnetust, milles hukkus 52 ja sai vigastada 1716 inimest. Aastas oli vaid 19 päeva kui liikluses keegi vigastada ei saanud ja need päevad jäid enamjaolt sügis-talivsele perioodile. Kõige sagedamini saadakse viga või hukutakse sõiduautode omavahelistes kokkupõrgetes ning sõiduauto kokkupõrkel jalakäia või jalgratturiga. Enamik, 66% liiklusõnnetustest toimus asulates. (Maanteeamet, 2020)

2017. aastal kinnitas Vabariigi Valitsus liiklusohutuse programmi aastateks 2016-2025. Liiklusohutusprogrammiga määratakse järgneva kümnendi liiklusohutuse põhimõtted, millest riigi liiklusohutuse kujundamisel lähtutakse. Liiklusohutusprogramm aastateks 2016–2025 läheneb liiklusohutuse tagamisele terviklikult ning selle eesmärk on liiklussurmade ja raskesti vigastatute arvu vähendamine selliselt, et aastate 2023-2025 keskmisena ei hukuks liikluses mitte üle 40 inimese ja raskesti vigastatute arv ei ületaks 2023–2025 aastate keskmise väärtustena 330 inimest aastas.

Valdkond „Ohutu liikluskeskkond“ hõlmab ohutumat ja tõhusamat liikuvust, mis on sotsiaalselt vastuvõetav ja keskkonnasäästlik ning erinevate aastaegade liikluseripärasid arvestav. (Maanteeamet, 2017) Kui ringristmikke hakatakse rajama, siis eeliseks tuuakse tavaliselt sujuvam liiklus ning liiklusohutuse paranemine, mis ühtib „Ohutu keskkond“ valdkonna eesmärkidega. Samuti on ringristmikud keskkonnasõbralikumad kui see toimib sujuvalt, ilma oluliste läbilaskvusprobleemide ja pikkade ooteaegadeta.

Ringristmike peamised ohutusnõuded on järgmised (Lenters, 2004):

Disaini ohutusnõuded	Selle jaoks elemendid
<ul style="list-style-type: none">Juhid peavad saama aru, et nad lähenevad ringristmikule	<ul style="list-style-type: none">Geomeetriline paigutus, nähtavus ja vastavad viidad

<ul style="list-style-type: none"> • Liiklejate omavaheline hea nähtavus peab olema tagatud 	<ul style="list-style-type: none"> • Külg- ja ettepoole piisav nähtavus
<ul style="list-style-type: none"> • Arusaadavus kuidas ringristmikul käituda 	<ul style="list-style-type: none"> • Juhised, reamärgistused, valgustus, kergliiklejate ohutus
<ul style="list-style-type: none"> • Ruumi peab olema kõige suuremale sõidukale, mis ringristmikule võib sõita 	<ul style="list-style-type: none"> • Geomeetriline paigutus

Seega on ristmike ohutusnõuete peamiseks eesmärgiks luua olukord, kus me suudame parandada olusid, et luua liiklejatele paremad tingimused, arusaadavamad märgistused ning paremad lahendused probleemsemates kohtades, siis on võimalik vähendada ka liiklusõnnetuste arvu, eelkõige kaasa aidata võimaluste vähendamisele, et liiklejatel üldse oleks võimalus sattuda eluohtlikku situatsiooni.

Ringristmike tüüpilised ohusituatsioonid on järgmised: (Maanteeameti registreeritud inimkannatanutega liiklusõnnetuste statistika alusel):

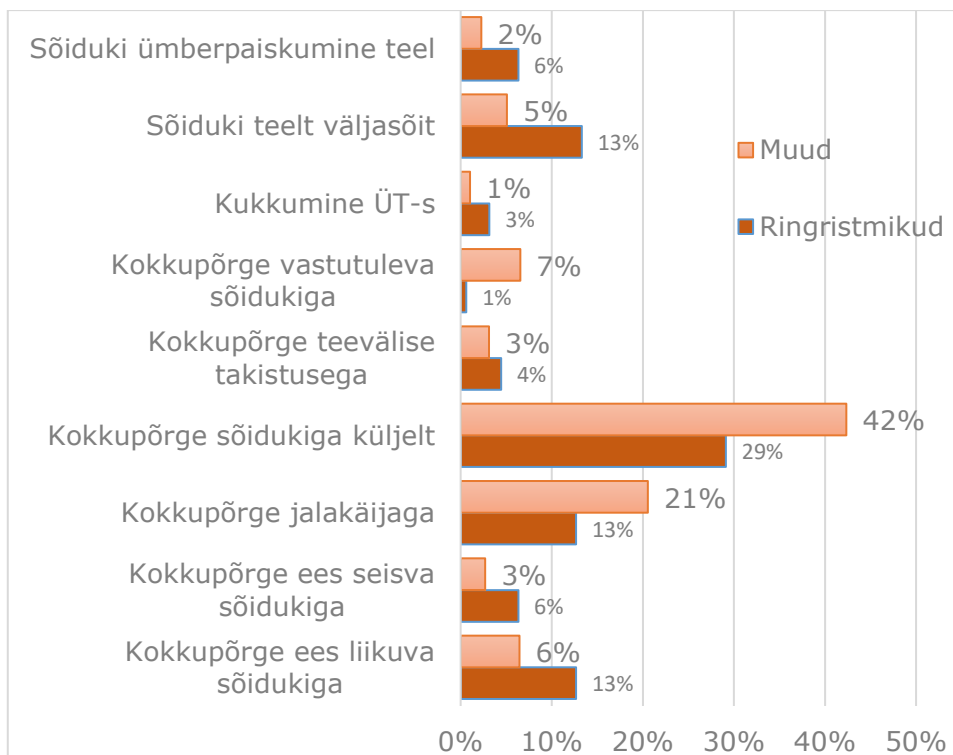
Ringristmikul toimub võrreldes teiste lahendustega enim

- sõiduki ümberpaiskumist teel,
- teelt väljasõite,
- kukkumisi ühistranspordis,
- kokkupõrkeid teeväliste takistustega
- kokkupõrkeid ees seisva ja liikuva sõidukaga.

Vähem toimub aga:

- kokkupõrkeid vastutuleva sõidukiga ja jalakäijatega
- külgekokkupõrkeid.

Vastavad andmed on toodud joonisel 1.10 kus on vaadeldud aastatel 2011-2019 toimunud liiklusõnnetusi. Ringristmikel oli neid registreeritud 158 ning muudel ristmikel kokku 12 539. (Maanteeamet, 2020)



Joonis 1.10. 2011-2019 toimunud inimkannatanutega liiklusõnnetuste võrdlus ringristmike ja muude ristmike vahel

Mitmed uuringud on näidanud, et ringristmike rajamine on vähendanud liiklusõnnetuste arvu. Näiteks Chevuri uuring andis tulemuseks, et liiklusõnnetused tervikuna vähenesid 40% ning liiklusõnnetusi, milles oli kannatanuid koguni 80% võrra. (Chevuri, 2018)

Taanis viidi läbi uuring, mis käsitles liiklusõnnetusi ristmikel enne ja pärast ringristmike rajamist. Ohutus oli paremini tagatud, kui kiiruseliimit oli kõrgem ringristmikule sisenedes. Kuna vasakpöörde ristumiskohtade arv suurenes, siis suurenes ka ohutus. Veel aitas ohutusele kaasa suurem keskne saar, vähemalt 2m ning kolmnurksed jaotussaared andsid parema efekti kui paralleelsed. Tulemusena vähenes liiklusõnnetuste arv 27%, vigastatute arv 60% ja vara kahju 25%. (Jensen, 2013)

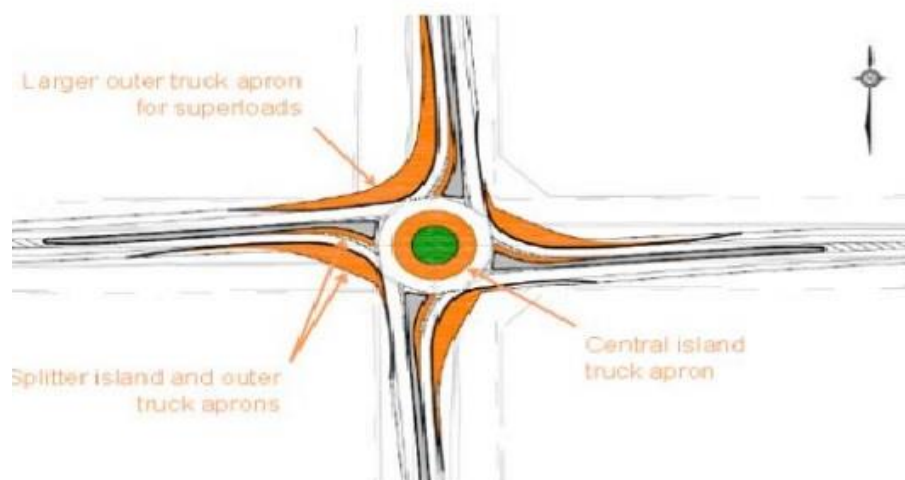
Mõõdukat kiirust peetakse laialdaselt üheks olulisemaks ringristmiku turvalisuse omaduseks. Kiirust on võimalik hästi seostada ringi parameetritega ning liiklusvooga, hinnates seeläbi ringi ohutust. Muutes sissesõidul raadiust väiksemaks, vähendab see ringile sisenevate ja seal liikuvate sõidukite kiirust ning seeläbi on võimalik vältida või vähendada kokkupõrkeid. (Rubio-Martin, Jurado-Pina, Pardillo-Mayora, 2015)

Kui ringristmikul suudetakse luua liikluskeskkond, kus on hea ja mõistetav tehniline lahendus ja soovitud vastav kiirus, siis parandatakse järgmisi liiklusohutus väljundeid (Transportation Research Board, 2010):

- Sisenejatel on rohkem aega, et hinnata seal juba olevate autode kiirust ja seeläbi teha turvalisem valik;
- suureneb tõenäosus, et kergliiklejat märgatakse ja seega on tema liikumine ringristmikul ohutum;
- on võimalik ennetada enda vea või teise liikleja poolt tehtud vea suurust ja sellest koheselt õppida, tegu parandada;
- vähendada liiklusõnnetuste arvu.

Ringristmikud Ameerika Ühendriikides on sihipäraselt planeeritud nii, et liiklejate kiirus oleks võimalikult madal, koos kitsaste teedega, mille ääres omakorda äärekivid ning kitsas pöörderaadius. Problemaatiline on selline lahendus veo- ja ülegabariidilistele autodele. Lahenduseks kasutatakse kesket saart võimalikult otstarbekalt ära, ilma, et tehtaks järelandmisi ohutuse ja ringristmiku efektiivse toimimise arvelt. Joonisel 1.11 illustratiivselt väja toodud. Võimalik on parandada suuremate sõidukate kasutust ringteedel järgnevate lahendustega (Gazzarri, Pratelli, Souleyrette, Russell):

- eraldi disainitakse laiade sõidukite jaoks nn ülesõiduvöönd (kate) , minimaalse kaldega, laiusega 4m või rohkem ja äärekivid on vastava sõidukiga üle sõidetavad;
- lubada taolistel sõidukitel ületada keskjoont enne ringile sisenemist, vasakpöörde lubamine vastassuunast ja seejärel suunata tagasi õigesse ritta;
- rajada eraldi parempöörde rajad.



Joonis 1.11 Rekade ja ülegabariitsete sõidukite paremaks manööverdamiseks mõeldud lahendused. Allikas: Gazzarri, Pratelli, Souleyrette, Russell

Sõidukite kiirused sõltuvad nii ristmiku geometriast (ringi diameetrist) kui ka liiklussagedusest. Väikese ja keskmise diameetriga ringidel tuleks arvestada raskesõidukite kiirusega mitte üle 10 km/h, sest suure liikluskoormusega ajal reeglina tuleb peatuda stoppjoonel ja sõiduk ei suuda kiirust saavutada piisavalt kiiresti. Suurema ringi diameetri korral on raskesõidukite kiirus ringil ka suurem.

Ringi negatiivne kalle võib põhjustada talvise libeduse tõttu ringilt väljasõidu, eriti suurtel sõidukitel. Eestis on üldjuhul kitsendi kattekiivid paigaldatud liivalusele, mis aga ei pea vastu suurte sõidukite (veokid/bussid, mis vajavad pöörderaadiuse suurendamiseks sõitu kitsendile) poolt tekitatud dünaamilisele ja staatilisele liikluskoormusele, mille tulemuseks ongi kattekiivide kattest „välja kiskumine“ ja kitsendiala katte deformeerumine. Mis võib põhjustada liiklusõnnetusi. Mujal maailmas kasutatakse ringristmiku sõidutee kitsendi alusena (ehk alusena, kuhu „istutatakse“ kattekiivid) eranditult betooni, mis tagab kitsendi deformatsioonikindluse ning kivitkatte püsivuse. (Kaal, T. Kaal, Kendra, Eichfuss, Vainio, J. Vainio, Grünberg, 2018)

Lisaks on paljude ringristmike osaks või paiknevad nende lähedal ülekäigurajad kergliiklejatele, kes on vähemkaitstud liiklejate grupp ning nende jaoks on eriti oluline, millisel kiirusel ringristmikule lähenetakse või sealt väljutakse, sest mida väiksem on kiirus, seda tõenäolisem on võimalus vigastusteks. Kaasaegse auto juht ja kaasreisijad on sõidukis üsna hästi kaitstud ja väikese kiiruse juures suure tõenäosusega enamusel juhtudel ei saa üldse viga. Teisest küljest kui autole sõidetakse nõ tagant sisse, siis võivad vigastused tekkida ka kiirusel 15-20km/h. Kiiruste mõju õigeks hindamiseks on

vaja, et vähemalt järgnevad tegurid oleksid hinnatud. Neid tegureid peetakse potentsiaalselt kõige olulisemateks ohutust mõjutavateks faktoriteks (Rune, Peter, Astrid, 2004):

- Liiklejate arv, sest see mõjutab nii kiirust kui ka liiklusõnnetuste üldist arvu;
- millised grupid jagavad sarnast ala liiklemiseks, selle jagamine kergkliiklejatega tõstab tõenäoliselt õnnetuste kasvu;
- kiirusepiirang ja selle järgimine;
- sõidutee laius;
- radade arv. Mitmerajalisel ristmikul saab tekkida võimalus möödasõiduks, mis mõjutab omakorda kiirust;
- kesksaare olemasolu ja lahendus;
- tee kõverus ja tasasus. Liiklusõnnetuste arv kasvab kui on mitmeid kurve ja/või ebataasasust;
- pääsupunktide olemasolu. Mida rohkem neid on, seda suurem tõenäosus on liiklusõnnetuste tekkele.

1.3 Ringristmike eelised ja puudused

Ringristmikud parandavad liiklusohutust ning jaotavad hästi erinevatelt suundadelt tulevaid liiklusvoogusid, muutes liikluse sujuvamaks. Ooteajad on reeglina väiksemad kui foorreguleeritud ristmikel, kuid korduv pidurdamine ja ühe-kahe auto kaupa edasiliikumine on tavaline nähtus. (Kaal, Kaal, Kendra, Eichfuss, Vainio, Vainio, Grünberg, 2018) Ringristmikud on võrreldes foorjuhitud ristmikuga odavamad hoolduse mõttes. Kuid nende efektiivsus ning ohutus sõltuvad siiski mitmest tegurist, esiteks peavad sõidukijuhid tegema ringile lähenedes otsuse peatumiseks või ringil liikuvate sõidukite liikumiskiiruse ning –sageduse järgi hindama ristmikule väljasõitmise võimalust. Teiseks, ringristmikule lähenevad sõidukijuhid peavad arvestama ka jalakäijate ning kergkliiklejatega. (Mändmets, 2016)

Ringristmike eelised muud tüüpi ristmikuga võrreldes on: suurem ohutus, väiksemad ummikud ja sellest tulenevalt ka ooteajad, parem kiiruskäitumine ristmikel ja üldiselt ka sobivus linnapildis. (Chevuri, 2018) Veel saab eelisena ära tuua minimaalse hooldusvajaduse.

Ringristmikel on samas võrreldes foorjuhitavate ristmikega ka rida puudusi, mida aga sageli eiratakse – ette ennustamatud ooteajad tipptunnil, kergliiklejate ja jalgratturite liiklemise keerukus, palju tagant otsasõie, tehnoloogilised võimalused on piiratud, samuti ka läbilaskvust määrav, seega limiteeritud sõiduradade arv. (Al-Madani, M. Saad, 2009)

Tavalisel neljajarulisel ristmikul on 24 konfliktpunkti. Üherajalisel ringristmikul on tavaliselt ainult neli konfliktpunkti ja seega võib teoreetiliselt eeldada väiksemat õnnetuste riski. Kõige tõsisemad õnnetused fooriga reguleeritavatel ristmikel juhtuvad tavaliselt siis, kui esineb konfliktide ajaliseks eristamiseks paigaldatud fooritule nõuete eiramine (nt kokkupõrge punase tule eiramise tõttu, ka sõiduki ning jalakäija kokkupõrge). Seetõttu on üherajalise ringristmiku rajamise tulemusena saavutatavat liiklusohutuslikku efekti siiski peetud efektiivsemaks kui foorjuhtimise rakendamist samal eesmärgil. (Maanteeamet, 2007)

Ringristmike eelised ja puudused kergliiklejate, ohutuse ja toimimise vaateväljast on esitatud järgmiselt (Transportation Reaserch Board, 2010):

EELISED	PUUDUSED
KERGLIIKLEJAD	
<ul style="list-style-type: none"> Jalakäijad peavad ületama ainult ühe sõidusuuna korruga. Jalgratturid saavad valida sobiliku lahenduse ringristmiku ületamiseks, vastavalt kogemustele ja oskustele. 	<ul style="list-style-type: none"> Võib tekkida olukord, kus jalakäijad ei saa ületada neile sobivates kohtades teed, kui sõidukid on teeületuse võimalused blokeerinud. Jalgrattatee paigutus võib tekitada segadust.
OHUTUS	

<ul style="list-style-type: none"> • Liiklusõnnetuste vähenemine kõikide liiklejaliikide osas, väiksema kiiruse ja nõ vigade paranduse võimalikkuse tõttu. • Vähem konfliktpunkte ja eelkõige riskantse vasakpöörde ära jäämisest tingitud ohutuse tõus. 	<ul style="list-style-type: none"> • Võib tuua kaasa rohkem nn ühe sõiduki õnnetusi ja otsasõite ringielementidele. • Mitmerajalised ringristmikud on nähtavuse tõttu ohtlikumad ning väga palju tähelepanelikkust nõudvad, valimaks õiget sõidurada ja jälgimaks kergliiklejaid.
<p>TOIMIMINE</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Väiksemad ummikud ja viivitused tavatundidel. • Võimaldab kasutada vähem sõidurada ristumiskohtades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ei võimalda eelist spetsiaalsetele sõiduvahenditele nagu näiteks päästeteenistuse sõidukid, ühissõidukid, jms. • Võrdne õigus kõikidest suundadest võib piirata oluliselt suure liiklusedusega liiklusuuna läbilaskevõimet.

Ringristmiku puhul on parema ohutustaseme põhjused üldiselt järgmised (Maanteeamet, 2015):

- Ringristmikel on vähem konfliktpunkte võrreldes tavaristmikega;
- samuti ei eksisteeri ringristmikul suurema riskiastmega konflikte, nagu näiteks ristumised 90° nurga all ja kokkupõrked vasakpöörde sooritamisel;
- üherajalised ringristmikud on paremate ohutusnäitajatega kui mitmerajalised, kuna neil on vähem potentsiaalseid konfliktpunkte ja samas on jalakäijate ülekäigumaad lühemad;
- madalamad liikumiskiirused annavad juhtidele rohkem aega reageerimiseks potentsiaalsete konfliktide korral, mis aitab kaasa ringristmike ohutusnäitajate paranemisele;
- kuna enamus liiklejaid liigub ringil suhteliselt sarnastel kiirustel, on tavaliselt ka õnnetuste raskusaste väiksem võrreldes teiste ristmikutüüpidega;

- jalakäijad peavad ringristmikul ületama ainult ühe liiklusuuna korraga iga ristmikuharu juures. Lisaks sellele on ringristmikul liiklevate sõidukite kiirused tavaliselt väiksemad, mis suurendab jalakäijate ohutust.

Eestis on eelisena väljatoodud löikumiskonfliktide puudumine ning puudustena suure maa-ala vajadus, põimumispiirkondades on kiirused ja läbilaskvus piiratud ning nõuab kõrvaltee läbivliikluse liiklusrežiimi muutust. (Majandus- ja taristuministri määrus 106, 2015)

2. METOODIKA

2.1 Valimi moodustamine

Antud töö eesmärgiks on välja selgitada, kas juba rajatud ringristmike toimimine on ootuspärane, arvestades liiklusohutust, võrreldes mõne muu lahendusega ja milliste parameetritega ringristmikud täidavad seatud eesmärgi kõige sihtotstarbekamalt, vältimaks liiklusõnnetuste teket ning seeläbi kannatatud kahju. Lisaks oli eesmärgiks uurida liiklusõnnetuste rohkeid ringristmikke ja pakkuda välja võimalusi seal liiklusõnnetuste vähendamiseks.

Selleks, et seda eesmärki saavutada, oli vaja andmeid liiklusõnnetuste kohta enne ja pärast ringristmiku rajamist ja liiklusohutikel ringristmikel, viia läbi vaatlus kõikidel ringristmikel nende toimimise hindamiseks ja liiklusõnnetuste vähendamise ettepaneku tegemisteks.

Liiklusõnnetusterohkemate ringristmike valimi koostas autor Maanteeameti 2012-2020 liiklusõnnetuste statistika põhjal, kus on registreeritud liiklusõnnetused, milles on olnud inimkannatanuid. Selleks tuli selekteerida tulemused tee elemendi: *Ringristmik* järgi. Kokku leiti baasist 158 juhtumit aastatel 2012-2020.

Edasine valimi teostamine oli sihipärane ning see moodustati 7 ringristmiku alusel, millel oli toimunud enim inimkannatanutega liiklusõnnetusi. Nendel ringristmikel viis autor läbi vaatluse ning liiklusõnnetuste analüüsi. Valimi moodustasid nn Haabersti (Ehitajate tee-Paldiski maantee), Akadeemia tee-Ehitajate tee-Sõpruse puiestee ning Vana-Kuuli-Narva mnt ringristmikud Tallinnas, Jüri jaotusring Harjumaal, Riia mnt ringristmik Tartus, Tartu-Viljandi-Kilingi-Nõmme-Kalevi-Riia mnt ringristmik Viljandis ning Aia-Karja-Kuninga-Vanapargi tänavate ringristmik Pärnus.

Võrdlevasse analüüsi läbiviimiseks koostas autor lisavalimi, kuhu kuulusid ringristmikud, mis on rajatud hiljem kui 2012. aastal ning mille kohta oli võimalik leida ringristmikule eelnenud ristmikulahendus või määrata ringristmikud eelnevast valimist, kus on teostatud rekonstrueerimistöid. Esimese sammuna uuris autor esmase valimi ringristmiku ehitusaastat. Kui see oli rajatud või ümberehitus toimunud hiljem kui 2012.a., siis võeti ringristmik valimisse, kui mitte, siis jäeti välja. Eelnevast valimist sobisid Haabersti ringristmik ja Tartu-Viljandi-Kilingi-Nõmme-Kalevi-Riia mnt ringristmikud. Lisaks võttis autor valimisse Jüri jaotusringi, millel on läbiviidud rekonstrueerimistööd ning ringi on ehitatud suuremaks. Ülejäänud ringristmikud määras

autor valimisse sihipäraselt vaadates läbi Maanteeameti liiklusõnnetuste andmed, kus on olnud inimkannatanuid, otsides ringristmikke, mis on ehitatud hiljem kui 2012. aastal ning nii sobisid valimisse lisaks eelpool mainituile veel järgmised ringristmikud:

- Pärnu-Rakvere-Sõmeru Paides,
- Pikk-Kohtu-Smuuli Kuressaares,
- Tallinna Ringtee Keilas,
- Tammiku-Kukruse-Jõhvi-Sompa ringristmik Ida-Virumaal
- Rakvere-Uus ja Rakvere-Pargi-Puru-Kaare turboringristmikud Jõhvis.

2.2 Ristmike tüübi võrdlev analüüs

Selgitamaks, kas ringristmike rajamine on olnud liiklusohutuslikus aspektist otstarbekas, viis autor läbi võrdleva analüüsi ringristmiku ning sellele eelneva lahendi ohutusnäitajate vahel. Selleks uuris autor erinevaid ringristmikke, mis on rajatud hilisemal perioodil kui 2012 ning võrdles seda seal olnud eelneva lahendusega, viies läbi liiklusõnnetuste analüüsi. Ringristmike rajamise aasta väljaselgitamiseks kasutas autor kõige rohkem *Google maps* pildigalerii lahendust, kui selleks võimalus oli, et leida määratlus kunas võis muutus toimuda. *Google maps* pildigaleriis on võimalik *street view* rakenduse abil vaadata valitud koha fotot ning kui pilte on tehtud *street views* rohkem kui ühel aastal, siis on võimalik valida vastava aasta tänavavaade. Lisaks kasutas autor Maa-ameti katastrikaarti, märkides kaardile soovitud asukoha, oli võimalik teostada päring, kust oli võimalik välja lugeda lähiaadress. Lähiaadressi järgi suundus autor ehtisregistrisse, kust soovis leida vastavale aadressile antud ehitusloa järgi ringristmiku eeldatavat valmimisaega. Võrdlevasse analüüsi sai autor lisada 9 ringristmikku:

1. Haabersti (Tallinna Ehitajate tee-Paldiski mnt) ringristmik. Joonistel kasutatud tähistust Haabersti ning võrdlus toimub 2012-2018 august ning 2018 september – 2019 vahel.
2. Jüri jaotusring. Joonistel tähistatud: Jüri. Võrdlus 2012-2015 ning 2016-2019 aastate vahel.
3. Pärnu-Rakvere-Sõmeru ringristmik. Joonistel tähistatud: Paide. Võrdlus aastate 2012-2016 ja 2017-2019 vahel.
4. Pikk-Kohtu-Smuuli ringristmik. Joonistel tähistatud: Kuressaare. Võrdlus 2012-2013 ning 2014-2019.
5. Tallinna Ringtee Keilas. Joonistel tähistatud: Keila. Võrdlus toimub 2012-2015 ning 2016-2019 vahel.
6. Tammiku-Kukruse-Jõhvi-Sompa ringristmik. Tähistus: Tammiku. Võrdluses 2012-2014 ja 2015-2019 aastad.

7. Rakvere-Uus ringristmik. Tähstus: Jõhvi 1. Võrreldakse 2012-2013 ning 2014-2019 aastaid.
8. Rakvere-Pargi-Puru-Kaare ringristmik, tähistatud: Jõhvi 2. Võrdluses 2012-2013 ja 2014-2019 aastatel toimunud liiklusõnnetused.
9. Tartu-Viljandi-Kilingi-Nõmme-Kalevi-Riia mnt ringristmik, tähistatud: Viljandi. Võrdluses 2012-2017 ning 2018-2019 liiklusõnnetused ja nende kahjud.

Võrdlevas analüüsis toob autor välja liiklusõnnetuste arvu aastas enne ringristmiku rajamist ning pärast. Lisaks võrreldakse olukordi liikluskahju arvestuses, mis tekkis ühe liiklusõnnetuse kohta keskmiselt varem ning pärast ringristmiku rajamist. Kahju suurust vaadeldakse rahaliselt ning see on kahjusumma, mis on tekkinud liiklusõnnetuse käigus ning mis on esitatud kindlustusele väljamaksmiseks. Nii on võimalik kindlaks teha, kas ringristmiku rajamine on ennast liiklusohutuse aspektist - vähendada liiklusõnnetuste arvu ja seeläbi liiklusohutlike olukordi liiklejatele - ära tasunud. Lisaks antakse ülevaade üksikisikule tekkinud võimalikest kahjudest rahalises määratluses.

Varasematest uuringutest on välja tulnud, et liiklusõnnetuste koguarv on pärast ringristmiku rajamist märkimisväärselt vähenenud ning seda kõikidel ringristmike tüüpidel. Kõige enam on vähenenud surmaga lõppevate liiklusõnnetuste arv, tõusnud on aga asjakahjuga lõppevate õnnetuste arv, mille mõju pole siiski märkimisväärne.

Tulemused näitavad, et enim on muutused toimunud võrreldes „Anna teed“ märgiga olevatel ristmikel ning maakohtades võrreldes linnadega. Selle põhjuseks võib olla, et nn liiklusohutuslik efekt on suurem seal, kus varem, enne ringristmiku rajamist olid kiirused suuremad. Vastavalt Jorgensenide 2002 aasta uuringule on liiklusõnnetuste maht suurem seal, kus kiirusepiirang on vähenenud märkimisväärselt. Samas ei tule välja ühtegi seost kui väiksemaid kiirusepiiranguid vähendada. (Jorgensen, Jorgensen, 2002)

Detailsemad uuringud näitavad, et riigiti ei ole siiski leitud märkimisväärsed erisusi. Samuti ei ole leitud olulist seost liiklusõnnetuste arvu ning ringi diameetri vahel. (Elvik, Høy, Vaa, Sorensen, 2009)

2.3. Liiklusohutuse muutus ringristmikel

Selleks, et hinnata üldist liiklusõnnetuste olukorda, kasutas autor Eesti Liikluskindlustuse Fondi statistikat liiklusõnnetuste kohta, valides vastava perioodi enne ringristmiku rajamist ning pärast. Eesti Liikluskindlustuse Fondi registreeritud kindlustusjuhtumeid analüüsi valimisse valides tuli määratleda ka valitud kohtades ka ristmiku piirid. Selleks määratles autor ristmiku alana ala kuni ringristmikule eelneva ja järgneva ülekäigurajani või selle puudumisel ringristmiku algust tähistavast märgist kuni väljasõiduni. Eelneva ristmiku puhul võttis autor arvesse sarnase maa-ala, et tulemused oleksid võrreldavad.

Eesti Liikluskindlustuse Fondi andmeid analüüsis autor järgnevate tunnuste järgi: liiklusõnnetuse liik, kahjum liiklusõnnetusest, kuu ja kellaeg, millal liiklusõnnetus aset leidis.

Liiklusõnnetuse registreeritud liigid saavad olla järgnevad:

- tagant otsasõit (pikikokkupõrge);
- külgekokkupõrge, reavahetusest tingitult või möödasõidust;
- ristuvatel sõidusuundadel kokkupõrge;
- muu, näiteks tagurdamine ringil, ringristmiku objekti kahjustamine, liikuva sõiduki eseme äratulemine või teelt välja sõit;
- kokkupõrge kergliiklejaga;
- kokkupõrge vastassuunas liikujaga.

Kellaajaliselt lahterdas autor tekkeajad kahetunnistesse vahemikesse: alates kella 00:00 kuni 23:59.

Liiklusõnnetusi võrreldi Eesti Statistikaandmete põhjal Eestis juhtunud liiklusõnnetustega aastatel 2012-2019, mis on toodud joonisel 2.1 ning autor koostas Eesti Liikluskindlustuse Fondi andmetel liiklusõnnetuste põhjal samuti tabeli, kus on kajastatud liiklusõnnetused aastatel 2012-2019 ning need on toodud joonisel 2.2.

Liiklusõnnetused										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Kasvavalt kokku	1 347	1 492	1 383	1 364	1 413	1 376	1 468	1 406	1 469	1 406
Jaanuar	91	96	105	86	92	95	107	87	110	90
Veebruar	88	73	81	58	72	86	87	110	66	55
Märts	74	70	83	86	83	84	65	73	73	94
Aprill	72	84	89	95	108	108	120	86	97	111
Mai	133	125	131	126	126	123	157	126	185	130
Juuni	141	157	141	148	138	113	145	133	162	174
Juuli	153	154	151	129	170	171	136	160	184	154
August	145	165	134	148	157	160	165	145	151	149
September	100	139	125	121	143	133	137	162	121	146
Oktoober	125	152	121	120	105	97	116	98	110	96
November	122	119	108	121	101	94	116	114	102	110
Detsember	103	158	114	126	118	112	117	112	108	97

Joonis 2.1 Statistikaameti liiklusõnnetuste arv aastatel 2010-2019, kus on olnud kannatanuid

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Kokku
jaanuar	2067	2540	2421	2372	3396	2658	2567	3416	21437
veebruar	2316	2264	1819	2108	2315	2555	2809	2538	18724
märts	1960	2799	2047	2248	2412	2557	2744	2869	19636
aprill	2031	2193	2128	2376	2294	2508	2504	2589	18623
mai	2122	2305	2339	2420	2754	2750	3005	2665	20360
juuni	2231	2183	2205	2440	2503	2717	2620	2650	19549
juuli	2122	2113	2418	2608	2428	2573	2634	2571	19467
august	2126	2282	2465	2564	2644	2666	2469	2605	19821
september	2149	2298	2492	2404	2657	2807	2641	2738	20186
oktoober	2647	2370	2568	2487	2501	2938	2794	2774	21079
november	2358	2433	2403	2458	3050	2738	2624	2782	20846
detsember	3107	2342	2773	2643	2773	2747	2799	2721	21905
Kokku	27236	28122	28078	29128	31727	32214	32210	32918	241633

Joonis 2.2 Kõik registreeritud liiklusõnnetused Eesti Liikluskindlustuse Fondi andmetel aastatel 2012-2019

Antud peatükis kasutatakse ja analüüsitakse andmed, mis ringristmike projekteerimise nõuete järgi peaksid neile vastama ning, milliseid kiiruseid ja erinõudeid rakendada, need on toodud joonisel 2.3. (Maanteeamet, 2007)

Projekteerimise parameetrid	Miniring	Linnas väike	Linnas Üherajaline tavaring	Linnas kaheajaline e. tavaring	Maantee üherajaline tavaring	Maantee kaheajaline tavaring
Soovituslik maksimaalne sisenemiskiirus	25 km/h	25 km/h	35 km/h	40 km/h	40 km/h	50 km/h
Sõiduradade arv sisenemisel	1	1	1	2	1	2
Tüüpiline ringi välisdiameeter*	13 m- 25 m	25-30 m	30-40 m	45-55 m	35-40m	55-60m
Ohutussaared	Tõstetud, kui võimalik ja ülekäigukohal löige	Tõstetud, löige ülekäigul	Ülestõstetud, löige ülekäigul	Ülestõstetud löige ülekäigul	Tõstetud ja pikendatud, koos löikega ülekäigukohal	Tõstetud ja pikendatud, koos löikega ülekäigukohalt
Tüüpiline läbilaskvustase 4- harulisel ringristmikul (sõidukit/ööpäevas)	10 000	15 000	20 000		20 000	
* eeldusel, et on 90° sisenemised ja mitte rohkem kui 4 haru						

Joonis 2.3 Ringristmike soovituslikud parameetrid linnades ja maanteedel. Allikas: Maanteeamet, 2007

Ringristmikud, kus on toimunud inimkannatanutega liiklusõnnetusi ning mida autor eraldi analüüsis on järgnevad:

- Tallinnas Akadeemia tee-Ehitajate tee-Sõpruse puiestee,
- Haabersti
- Vana-Kuuli-Narva mnt ringristmik.

Lisaks on valitud käsitlemiseks:

- Jüri jaotusring Harjumaal;
- Aia - Karja - Kuninga - Vanapargi ringristmik Pärnus;
- Tartus Riia ringristmik
- Tartu-Viljandi-Kilingi-Nõmme-Kalevi-Riia mnt ringristmik Viljandis.

Lisaks vaatles autor võrdluses kasutatavaid ringristmikke:

- Pärnu-Rakvere-Sõmeru ringristmik Paides,
- Pikk-Kohtu-Smuuli Kuressaares,
- Tallinna Ringtee Keilas,
- Tammiku-Kukruse-Jõhvi-Sompa ringristmik Ida-Virumaal
- Rakvere-Uus ja Rakvere-Pargi-Puru-Kaare ringristmikud Jõhvis.

Järgnevalt on kirjeldatud valitud ringristmikke liiklustehnilisi omadusi.

Akadeemia tee-Ehitajate tee-Sõpruse puiestee, edaspidi **TTÜ ringristmik** ehitati eeldatavasti 1970ndatel ja see on üks selliseid ringristmikke, mis on sisuliselt muutmata kujul püsinud sellisena tänaseni. TTÜ ringristmik on mitmerajaline, kaheksa sissesõidu

ning kuue väljasõiduga ringristmik. Joonisel 2.4 on ringristmik väljatoodud. Selle ringristmiku kohta esitab autor andmed ilma võrdluset. Ringristmikul kehtib kiirusepiirang 50km/h.



Joonis 2.4 Akadeemia tee- Ehitajate tee- Sõpruse puiestee ringristmik. Allikas: Niilus, 2017

Haabersti ringristmiku kohta esitab autor andmed võrdluse kujul, sest tavapärasest ringristmikust foorjuhitavaks turboringristmikuks muudeti ringristmik 2018. aasta augustis. Selle ringristmiku kohta on võimalik esitada enne 2018. aasta augusti liiklusõnnetuste statistika ning võrrelda seda 1,5 aasta töös olnud ümberehitatud ringristmiku liiklusõnnetus juhtumitega. Varasemalt oli Haabersti ringristmik ühetasandiline, mitmerajaline ringristmik, omades 9 sissesõitu ning 7 väljasõitu. Pärast ümberehitustöid on ringristmikul 17 sissesõitu ning 8 väljasõitu, lisaks viadukt, kust saab otse ülesõita Paldiski maantee suunas. Joonisel 2.5 on Haabersti ringristmik välja toodud enne ning pärast ümberehitustöid. Ringil kehtib kiirusepiirang 50km/h.



Joonis 2.5 Haabersti ringristmik eelnevalt. Allikas: Niilus, 2017. Ja paremal Haabersti ringristmik pärast ümberehitustöid. Allikas: K-Projekt AS

Vana-Kuuli-Narva mnt ringristmik on miniring. Joonisel 2.6 on väljatoodud. Kolme sissesõidu ning kolme väljasõiduga ringristmikul on kiirusepiiranguks 50km/h. Andmed esitatakse ilma võrdlusteta.



Joonis 2.6 Vana-Kuuli-Narva mnt ringristmik. Allikas: Google maps, 2020.

Jüri jaotusring oli varem kahe sõidurajaga Jüri suunal väljavenitatud ring, mida läbis Tallinna ringtee-suunaline liiklus ning lisaks Tallinna-Tartu-Võru-Luhamaa ja Tallinna ringtee suunaline pöördeliiklus. Kõikidelt harudelt tuli ringile peale ning väljus üks sõidurada. Liiklus on reguleeritud ringliikluse põhimõttel, ringil liiklejaile on „Anna teed“ märkidega antud eesõigus. Jaotusringi ületavate Tallinna-Tartu-Võru-Luhamaa mnt viaduktide ning kõrghaljastuse tõttu oli nähtavus kohati piiratud. Kiirusepiirangut jaotusringi piirkonnas polnud rakendatud. Ringile siseneti võrdlemisi suurel kiirusel. Põimumised toimusid ringil suurel kiirusel ning sagedased olid külgekokkupõrked. (Maanteeamet, 2015)

Aastal 2015 hakati tegema ümberkorraldustöid liikluse sujuvamaks ja ohutumaks muutmiseks ning 2016 tööd valmisid. Joonisel 2.7 on toodud Jüri jaotusring enne ehitustöid ja pärast. Praegult 2020. aastal on Jüri mitmerajalisel ringristmikul 7 sissesõitu, 2 turbolahendust sõitmaks Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maanteelt Tallinna poolt tulles Keila suunas ning Jürist tulles pöörata koheselt Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maanteele Tallinna suunas, ilma, et peaks ringile sisenema. Väljasõite on ringilt 6. Ringil kehtib kiirusepiirang 50 km/h.



Joonis 2.7 Jüri jaotusring enne 2015. aastal alustatud ehitustöid ning pärast tööde valmimist
Allikas: Maanteeamet, 2015.

Aia - Karja - Kuninga - Vanapargi ringristmik Pärnus on ehitatud linnavolikogu liikme Eino Jüri Laarmanni idee käigus muuta ohtlik viiesuunaline ristmik ringristmikuks ning niimoodi muuta ohtlik ristmik ohutumaks. Joonisel 2.8 on kujutatud ringristmiku lahendus. Tegemist on üherajalise, viie sissepääsu ning viie väljapääsuga ristmikuga, lisaks on üks turbolahendus, Aia tänavalt saab koheselt, ilma ringile sisenemata, sõita Karja tänavale. Kehtib linnas kehtestatud liikluspiirang 50 km/h. Ringi ees on liiklusmärk *Anna teed* ning ringteed tähistav märk, puudub suunaviit infoga, millistele tänavatele ringristmikult sõita saab.



Joonis 2.8 Aia - Karja - Kuninga – Vanapargi ringristmik Pärnus. Allikas: Google maps, 2020.

Riia ringristmik Tartus on mitmerajaline, kaheksa sissepääsu ning kaheksa väljapääsuga ringristmik. Joonisel 2.9 on Riia ringristmik väljatoodud. Ringristmiku ees on liiklusmärk, millisel rajal liikuda ringil, et suunduda sobivasse suunda. On välja toodud ka näiteks kohad, kuhu saab sõita: Tallinn, Valga, kesklinn. Enne ringi kiirusepiirangut ei ole, seega kehtib linnas sõitmiseks piirkiirus 50 km/h. Andmed ringristmiku kohta esitatakse ilma võrdluseta.



Joonis 2.9 Riia ringristmik Tartus. Allikas: <https://www.tuur.ee/riia-ring-eesti-ohklikuim-liiklussolm/>

Tartu-Viljandi-Kilingi-Nõmme-Kalevi-Riia mnt ringristmik Viljandis oli kuni aastani 2017 „Anna teed“ märgiga reguleeritud ristmik, kus Tartu-Viljandi-Kilingi-Nõmme maanteed mööda linna sisenedes tuli anda teed Riia maanteelt kesklinna suunas liikuvale sõidukile. Joonisel 2.10 on väljatoodud ristmik enne ning 2017. aasta lõpul valminud ringristmik. Kiirusepiirang mõlema ristmiku puhul oli ja on 50km/h. Ehitatud ringristmik on miniringristmik nelja sisse- ning nelja väljasõiduga. Keskse saarel on raskeveokitele mõeldud ülesõidukoht, et pikendada raadiust, ringristmikult pole võimalik otse üle sõita. Andmeid esitab autor 2012-2017 ning 2018-2019 võrdluses.



Joonis 2.10 Tartu-Viljandi-Kilingi-Nõmme-Kalevi-Riia mnt ringristmik Viljandis paremal ning eelnev lahendus vasakul. Allikas: Google maps, 2020.

Pärnu-Rakvere-Sõmeru ringtee Paides on ehitatud 2017. aastal ning enne oli seal „Anna teed“ liiklusmärgiga reguleeritud ristmik. Joonisel 2.11 kujutatud. Tegemist on üherajalise ringristmikuga, millel on neli sissesõitu ning neli väljasõitu. 50 m ja 400 m enne ringristmikku on suunaviit, millel on kujutatud ringristmiku sõidusuunad asukohtade nimetustega. Kehtib kiirusepiirang 70 km/h. Võrdlevas analüüsis esitab autor andmed 2012-2016 ning 2017-2019 liiklusõnnetuste ning neist saadud kahjude järgi. Ringristmiku diameetriks on 44m.



Joonis 2.11 Pärnu-Rakvere-Sõmeru ringtee Paides, eelnev lahendus vasakul ning paremal ringristmik. Allikas: Google maps, 2020.

Pikk-Kohtu-Smuuli ringristmik Kuressaares avati 2014. aastal. Varasemalt oli seal „Anna teed“ liiklusmärgiga reguleeritud ristmik. Ringristmik on üherajaline, nelja sisse- ja väljasõiduga, puuduvad enne ringristmikku juhatavad suunaviidad. Kiirusepiirang on linnasisene piirkiirus 50 km/h. Joonisel 2.12 on ringristmik ning eelnev lahendus kujutatud. Ringristmiku diameetriks on 30 m.



Joonis 2.12 Pikk-Kohtu-Smuuli ringristmik Kuressaares enne ning pärast. Allikas: Google maps, 2020.

Tallinna Ringtee ringristmik Keilas on võrdluses aastatel 2012-2015 ning 2016-2019. Varasema peatee ning kõrvaltee ristumise asemel on nüüd ringristmik, mis on mitmerajaline, seitsme sissepääsu ning kuue väljapääsuga (joonis 2.13). Sisemiste radade eraldamiseks on kasutatud punast teemärgistust, millest on võimalik üle sõita, pole tõstetud ja ei takista rajavahetust. 50 m enne ringristmikku on informatsioon, millisest rajast, kuhu on võimalik liikuda. Kehtib kiirusepiirang 50 km/h. Ringristmiku diameetrik on 47 m.



Joonis 2.13 Tallinna Ringtee Keilas paremal ning sellele eelnev lahendus. Allikas: Google maps, 2020.

Tammiku-Kukruse-Jõhvi-Sompa ringristmik asub Ida-Virumaal ning võiks tagada hea liikluse juhtimise Kohtla-Järve suunas Tallinn-Narva maanteele, ilma, et peaks sõitma läbi Jõhvi linna. Tegemist on üherajalise ringristmikuga, millel on neli sisse- ja väljasõitu ja mille diameeter on 42 m. Enne ringristmikku ühtegi kiirusepiirangut ei ole, seega kehtib maanteel olev kiirusepiirang 90 km/h. Üks kilomeeter enne ringristmikku on olemas viidad, mis annavad teada ringristmiku olemusest. Joonisel 2.14 on kujutatud eelnev ristmik ning ringristmik. Varasemalt oli seal ühes suunas „STOP“ märgiga reguleeritud ristmik.



Joonis 2.14. Tammiku-Kukruse-Jõhvi-Sompa eelnev ning ringristmiku lahendus. Allikas: Google maps, 2020.

Rakvere-Uus ning Rakvere-Pargi-Puru-Kaare turboringristmikud Jõhvis on Jõhvi liiklussõlme osad, mis avati liikluseks 2014. aastal. Rakvere-Pargi-Puru-Kaare asemel oli varasemalt „Peatee“ ning „Anna teed“ märgiga reguleeritud ristmik. Kujutatud joonisel 2.15 koos uue lahendusega. Rakvere-Uus läbis linna ning võimaldas parempöörded. Ristmikele omaseid ohtlikke vasakpöörded polnud võimalik sooritada. Joonisel 2.16 on Rakvere-Uus eelmine ja praegune lahend väljatoodud.



Joonis 2.15 Rakvere-Pargi-Puru-Kaare eelnev ristmikulahendus ning ringristmik. Allikas: Google maps, 2020.



Joonis 2.16 Rakvere-Uus enne ja pärast lahendus Jõhvis. Allikas: Google maps, 2020.

Mõlemad turboringristmikud on nüüd mitmerajalised, seitsme sisse- ning kuue väljasõiduga. Sisemised rajad on punase teekatte märgistuse ja äärekividega eraldatud, et radadevahetus oleks näiliselt võimatu. Mõlema ringristmiku diameetrik on 42 m ning

kehtib kiirusepiirang 50km/h. Viidad informatsiooniga, kuidas ringristmikul liigelda on olemas 50m enne ringristmikku ning ringristmikule sõites.

3. TULEMUSED JA JÄRELDUSED

3.1 Tulemused ja analüüs

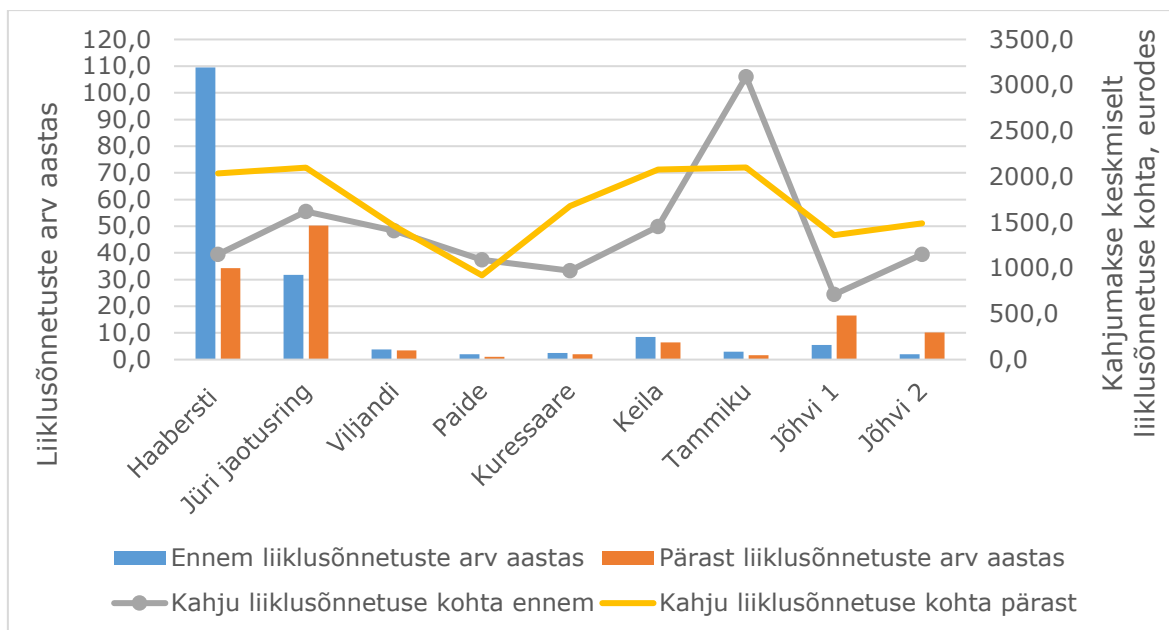
Kokku analüüsis autor Eesti Liikluskindlustuse andmete põhjal seitsmel ringristmikul aastatel 2012-2019 toimud 2527 liiklusõnnetust. Kõikide ringristmike kohta on edastatud info eraldi. Võrdleva analüüsi käigus uuris autor 9 ringristmikku ja sellele eelnevat ristmikku, kokku 1433 liiklusõnnetusega.

Kõikide töös kasutatavate ringristmike kohta saab esitada üldistatud andmed nende peamiste parameetrite kohta, mis tulid välja vaatluse ja andmeanalüüsi käigus:

Ringristmiku tüüp	Kiiruspiirang enne ringristmikku	Ringristmiku diameeter	Liiklusõnnetuste koguarv	Ringristmikud
Miniring	50km/h	25-30m	55	Viljandi, Vana-Kuuli
Üherajaline	50km/h Paide 70km/h Tammiku 90km/h	30-45m	133	Aia, Kuressaare, Paide, Tammiku
Mitmerajaline	50km/h	50-380m	1653	Keila, TTÜ, Jüri, Riia
Turboringristmik	50km/h	40-70m	968	Haabersti, Jõhvi 1 ja Jõhvi 2

Seega toimub kõige rohkem liiklusõnnetusi mitmerajalistel ringristmikel, mille diameeter on suurem kui 40 m (maksimaalne 380 m!), vaadeldud ringristmike puhul. Kõige turvalisemad on selle töö kontekstis miniringid, diameetriga kuni 30 m ning kiirusepiiranguga kuni 50 km/h.

Autor uuris liiklusõnnetuste arvu aastas, rahalist kahju liiklusõnnetuse kohta keskmiselt ning liiklusõnnetuste liike eelmise ristmiku lahenduse ning ringristmiku võrdluses. Saadud tulemused on esitatud järgnevalt. Tulemused liiklusõnnetuste arvu ning kahjude suuruse kohta on toodud joonisel 3.1.



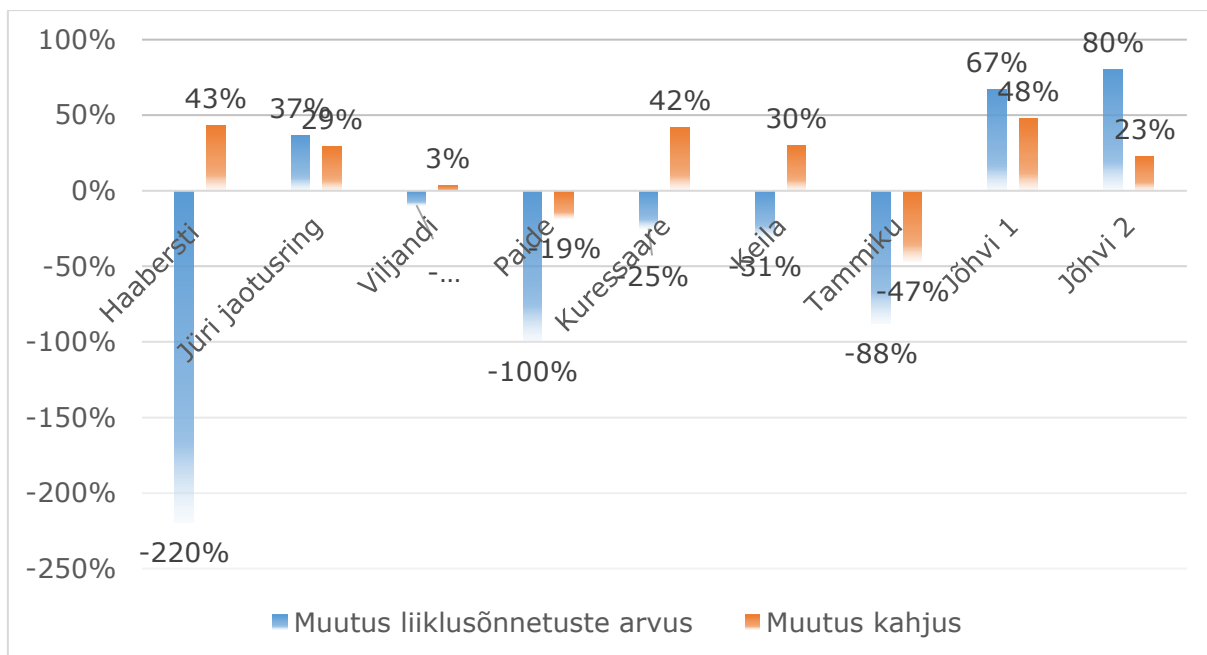
Joonis 3.1 Ringristmike võrdlus eelnevate lahendustega

On näha, et vaadeldud ristmikel, välja arvatud Jüri jaotusring ning Jõhvi turboringristmikud, on ristmiku uus lahendus toonud kaasa positiivse tulemi liiklusõnnetuste arvu vähenemise näol, samas kahjud, mis liiklusõnnetuse kohta makstakse, on enamikes kohtades kasvanud. Protsentuaalne erinevus on ära toodud joonisel 3.2.

Enim on paranenud olukord liiklusõnnetuste arvu osas Haabersti ringristmikul, kus varasemalt toimus üle 100 õnnetuse aastas ning viimasel kahel aastal on toimunud veidi üle 30 liiklusõnnetuse. Haabersti ringristmiku analüüs on toodud lisaks ka joonistel 3.8-3.11.

Vastupidine muutus on toimunud Jõhvi liiklussõlmel olevatel turboringristmikel, kus liiklusõnnetuste arv on kahekordistunud ning ka Jüri jaotusringil. Jüri jaotusringi analüüs on lisaks toodud joonistel 3.13-3.19.

Kõige parem on olukord Pärnu-Rakvere-Sõmeru ning Tammiku-Kukruse-Jõhvi-Sompa ringristmikutel, kus on vähenenud nii liiklusõnnetuste koguarv kui ka kahjumaksed liiklusõnnetuste kohta keskmiselt.

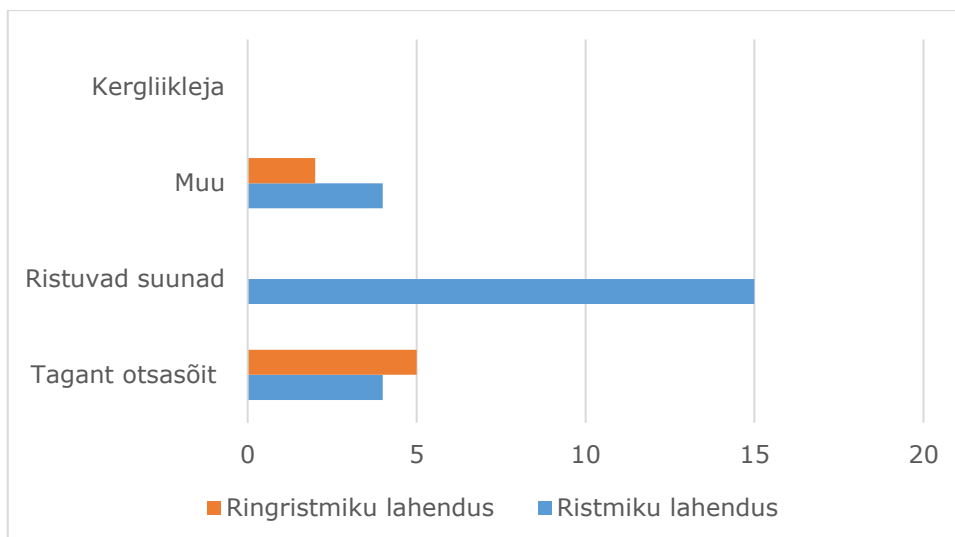


Joonis 3.2 Muutused eelneva ristmiku ning ringristmiku võrdluses

3.1.1. Liiklusohutuse muutused erinevat tüüpi ringristmike rajamisel

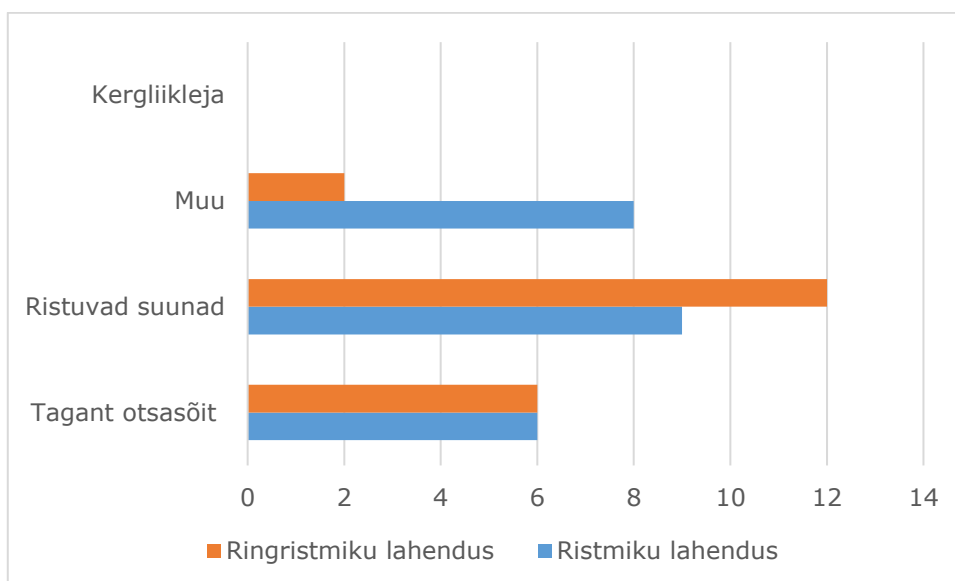
Käesolevas peatükis on toodud välja liiklusohutuse muutused neil ristmikel, kus enne ringristmiku rajamist oli tegemist mingit muud tüüpi ristmikuga. Eraldi on käsitletud miniringristmikke, ühe- ja mitmerajalisi ringristmikke ning turboringristmikke.

Joonisel 3.3 on toodud liiklusõnnetuste liigid ristmiku ning miniringi võrdluses. On näha, et enim toimub miniringil tagant otsasõite ning vaadeldud ringristmikul pole toimunud pärast ringristmiku rajamist ühtegi õnnetust ristuvatel suundadel.

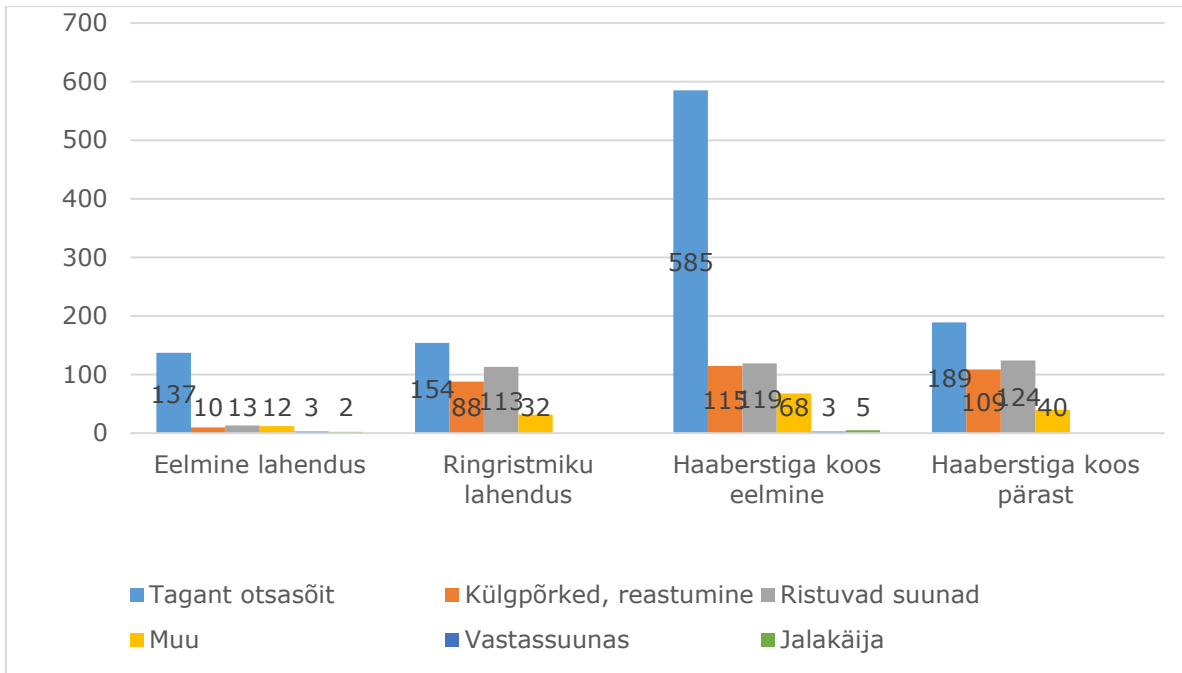


Joonis 3.3 Miniringide liiklusõnnetuste liigi võrdlus ristmiku lahendustega

Joonisel 3.4 on väljatoodud liiklusõnnetuste liigi võrdlus üherajalise ringristmiku ning eelneva ristmiku vahel. Ringristmikel on toimunud rohkem õnnetusi ristuvatel teedel ning eelneva lahendi puhul toimus rohkem õnnetusi, mis kategoriseerisid liigi: MUU alla. Joonisel 3.5 on sama toodud mitmerajaliste ringristmike võrdluses ja joonisel 3.6 eraldi veel kahe Jõhvi turboringristmiku võrdlus eelnevate lahenditega. Neist tulemustest saab järeldada, et kõik liiklusõnnetuste arv sisuliselt kõikide liikide lõikes on pärast ringristmiku rajamist kasvanud, välja arvatud kokkupõrked vastassuunas sõitva sõidukiga ning kokkupõrked kergliiklejatega, mida ringristmikel pole registreeritud.

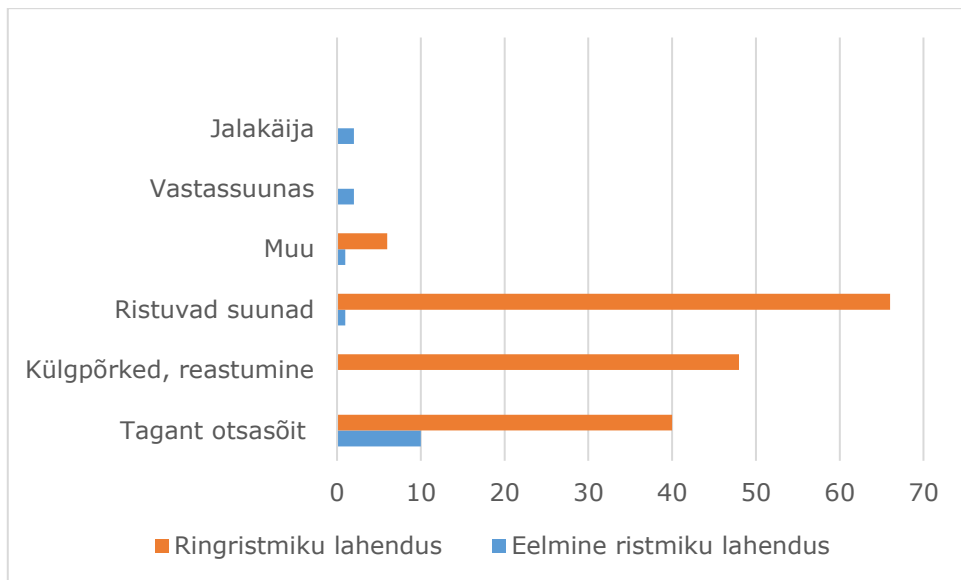


Joonis 3.4 Ristmike ja üherajaliste ringristmike liiklusõnnetuste liikide võrdlus



Joonis 3.5 Eelneva ristmiku ning mitmerajalise ringristmiku liiklusõnnetuste liikide võrdlus

Nende tulemuste põhjal saab järeldada, et ringristmikel toimub varasemast enim pikikokkupõrkeid ning kokkupõrkeid ristuvatel suundadel, samas ei ole vaadeldava perioodi võrdluses toimunud kokkupõrkeid vastassuunas liikuva sõidukiga ja kokkupõrkeid kergliiklejatega.

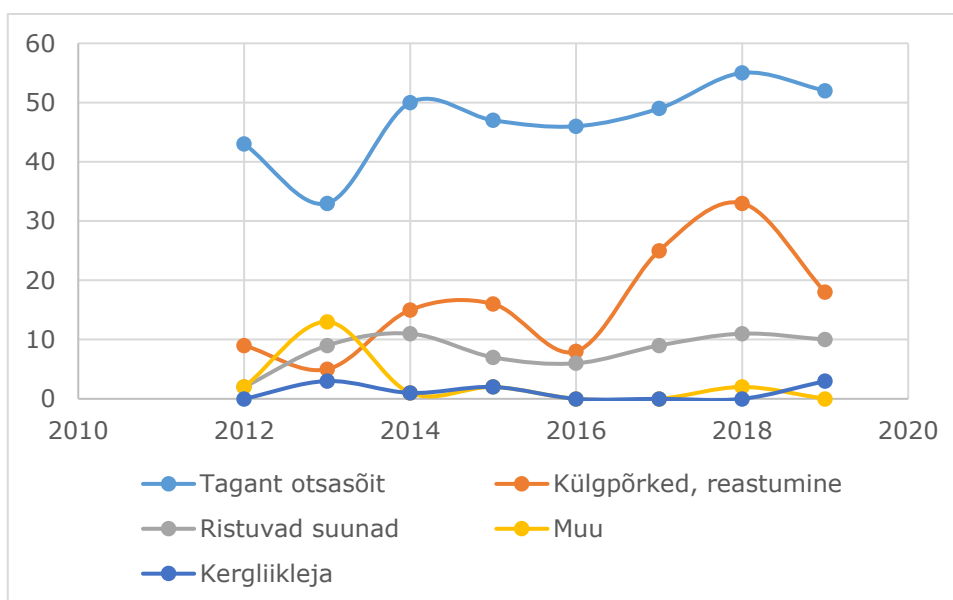


Joonis 3.6 Eelneva ristmiku ning turboringristmike liiklusõnnetuste liikide võrdlus, Jõhvi turboringristmike näitel

3.1.2 Liiklusohutuse muutus olemasolevatel ringristmikel

Käesolevas peatükis käsitletakse liiklusohutuse muutusi mõnedel valitud ringristmikel. Nendeks on käesolevas töös valitud TTÜ ringristmik (Tallinnas Ehitajate tee- Sõpruse pst-Akadeemia tee ristmik), Haabersti ringristmik (Ehitajate tee-Paldiski mnt- Kadaka tee ristmik Tallinnas), Vana-Kuuli -Narva maantee ringristmik Tallinnas, Jüri ringristmik (Tallinna ringtee-Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa maantee liiklussõlme osa), Aia - Karja - Kuninga - Vanapargi ringristmik Pärnus, Riia ringristmik Tartus, Tartu-Viljandi-Kilingi-Nõmme-Kalevi-Riia mnt ringristmik Viljandis.

TTÜ ringristmik. Liiklusõnnetuste arv TTÜ ringil ei näita aasta aastalt paranemist, stabiilselt registreeritakse keskmiselt 75 liiklusõnnetusjuhtumit aastas. Joonisel 3.7 on välja toodud liiklusõnnetusjuhtumid ning nende liigid aastate lõikes.

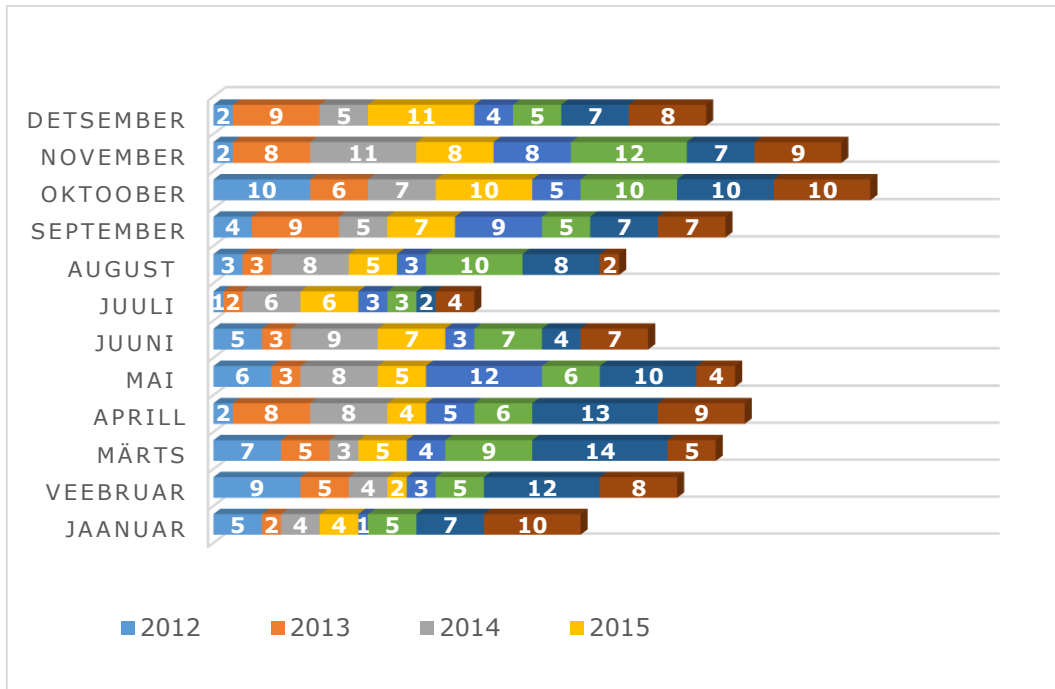


Joonis 3.7 Liiklusõnnetuste kogu arv ja liigid TTÜ ringil

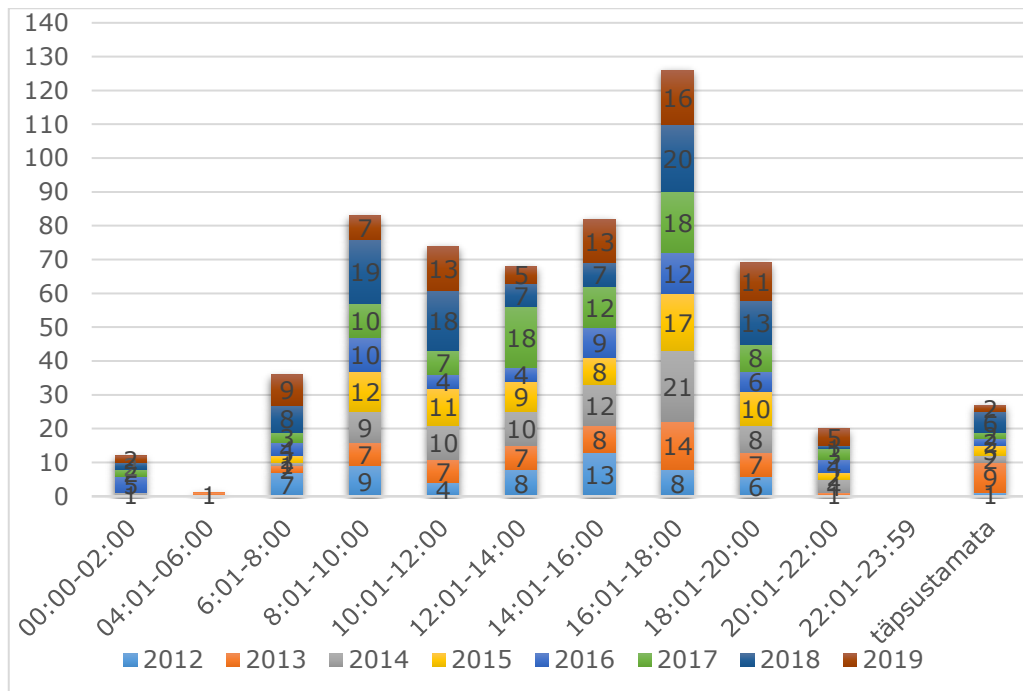
2018. aastal ületas õnnetusjuhtumite arv 100 piiri, kokku toimus 101 registreeritud kindlustusjuhtumit. Kõige rohkem toimub tagant otsasõite (pikikokkupõrkeid). Varasema info põhjal on teada, et TTÜ ringristmikul ei ole toimunud vaadeldava ajaperioodi jooksul olulisi muudatusi liikluskorralduses.

Kui kogu Eestis on juhtunud aastatel 2012-2019 241 633 liiklusõnnetust, siis TTÜ ringristmikul on neist juhtunud 598 ehk 0,25%. Andmeanalüüsi käigus selgus, et TTÜ ringil on kõige suurem tõenäosus sattuda liiklusohutlikku olukorda oktoobris või novembris, õhtusel tippajal kella 16:00st kuni 18:00ni. Igal aastal on igas kuus toimunud vähemalt üks liiklusõnnetus. Selle kohased tulemused on toodud joonistel 3.8

ja 3.9. Suurimad kahjunõuded näitavad samuti, et oktoobris-novembris on ohutuslik olukord TTÜ ringristmikul kõige kriitilisem. Kõige vähem liiklusõnnetusi juhtub juunis-juulis-augustis ning jaanuaris, kuigi jaanuar on viimase kahe aasta jooksul näidanud pigem tõusutrendi. Ühtegi õnnetust ei ole registreeritud ajavahemikus kell 22:01-23:59 ning 2:01-04:00.



Joonis 3.8 TTÜ ringil liiklusõnnetuste sesoonsus



Joonis 3.9 Õnnetusjuhtumite kellaajaline jagunemine TTÜ ringil

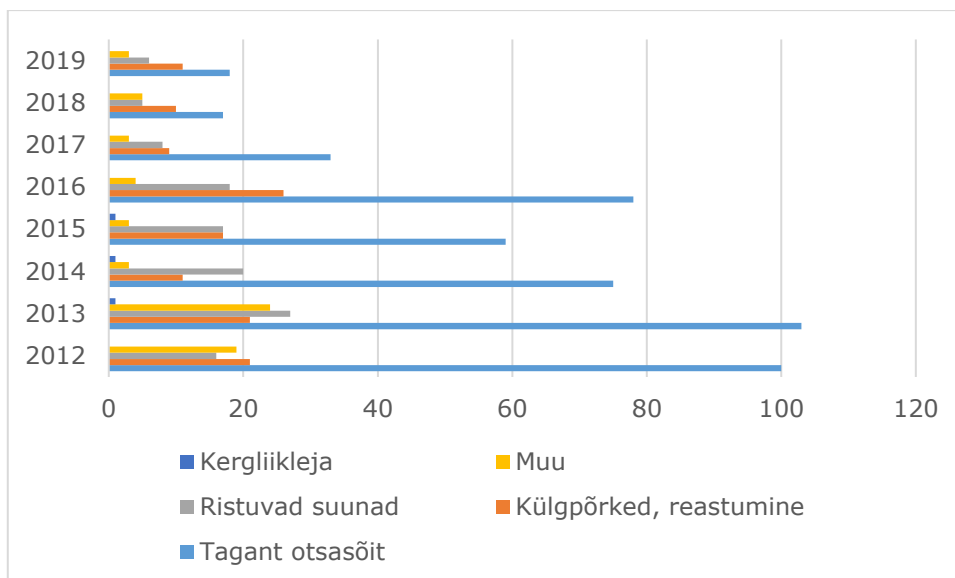
Kõige suuremat rahalist kahju kannatatakse kokkupõrkel, mis toimub ristuvatel teedel. Aastatel 2012-2019 ühtegi õnnetust inimhukunuga lõppenud ei ole, küll on registreeritud kümme liiklusõnnetust, milles kokku kümme inimest on saanud vigastada.

Kokku on kindlustusjuhtumitena registreeritud kümme kokkupõrget kergliiklejaga, kolm neist eelmisel, 2019. aastal. Kõige rohkem kindlustushüviti maksti välja jalakäija vigastamise eest 2014. aastal novembris (8132 €), samas kui asjakahju eest on suurim kahjuhüvitis makstud 2018.a. oktoobris summas 23 231 €. Tegemist oli kokkupõrkega ristuvatel teel oleva sõidukiga. Vastavalt Liikluskindlustuse Fondi joonisele 3.10 on võimalik väljatuaa kõige problemaatilised kohad sellel ringristmikul, milleks on sisse- ja väljasõitude põimumispunktid.



Joonis 3.10 Akadeemia tee – Sõpruse Puiestee – Ehitajate tee ringristmiku kindlustussüsteemis registreeritud liiklusõnnetused aastatel 2012-2019. Allikas: Eesti Liikluskindlustuse Fond, 2020.

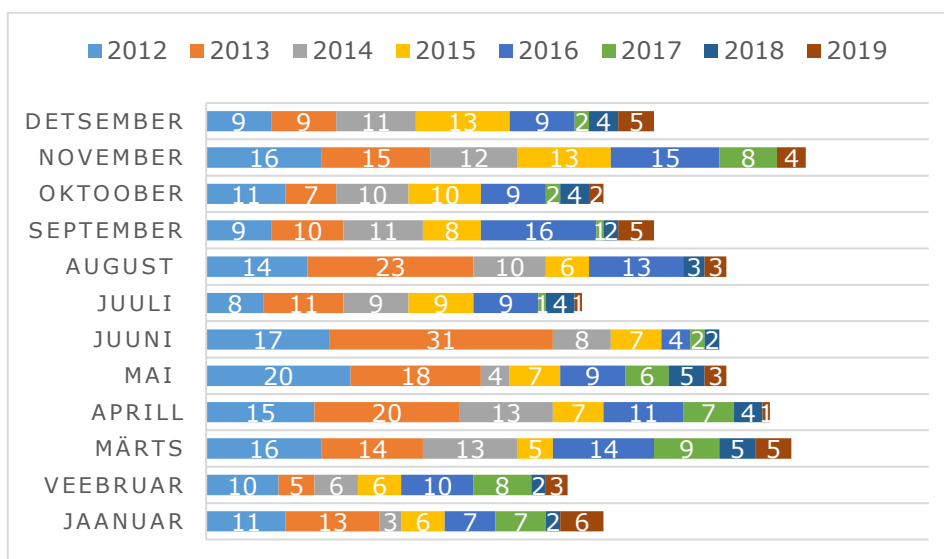
Haabersti ringristmiku rekonstrueerimistööid foorjuhtimisega ringristmikuks hakati tegema 2017. aasta maikuus. Ringristmik uuel kujul sai valmis ja hakkas täiesmahus tööle 2018. aasta augustis. Andmeanalüüsist selgub, et aastal 2013 registreeriti sellel ringil vaadatud perioodi jooksul kõige rohkem liiklusõnnetusi – 176 tk ning edasi on see arv vähenenud. 2016. aastal oli liiklusõnnetuste arv vana lahenduse puhul 126, kuid uue foorristmiku toimimise ajal on liiklusõnnetuste arv muljet avaldavalt vähenenud. Aastatel 2018-2019 oli see vastavalt 37 ja 38. Kõik tulemused on toodud joonisel 3.11.



Joonis 3.11 Juhtumite arv Haabersti ringristmikul aastatel 2012-2019

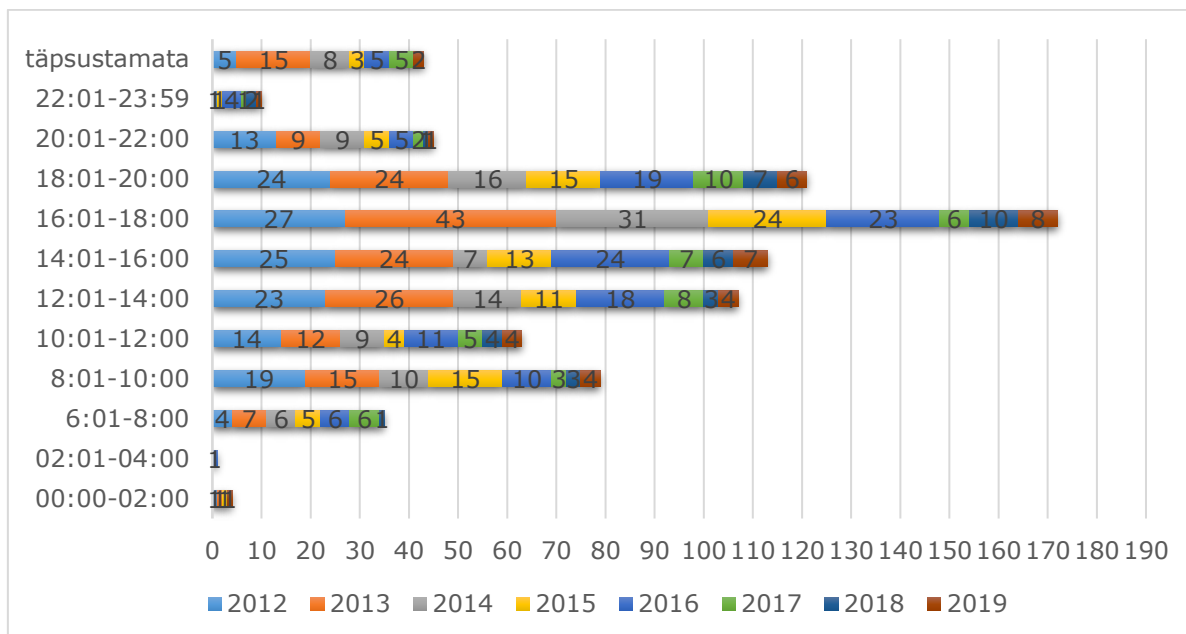
Tähelepanu tuleks aga pöörata asjaolule, et liiklusõnnetuste koguarv on küll vähenenud, aga ühe liiklusõnnetusjuhtumi kahju on siiski tõusnud, saavutades 2019. aastal oma tippu 1965 € juhtumi kohta keskmiselt, olles olnud näiteks aastal 2012 898 €.

Sarnaselt TTÜ ringile on kõige rohkem tagant otsasõite ja kõige rohkem kannatatakse kahju ristuvatel teedel juhtuvates õnnetustes. 2017. aasta augustis ei toimunud esmakordselt mitte ühtegi õnnetust kuus ja kui muidu on november kõige õnnetuste rohkem, siis aastal 2018 ei toimunud selles kuus mitte ühtegi registreeritud liiklusõnnetust ringristmikul. Sesoonsuse kohta on info toodud joonisel 3.12.



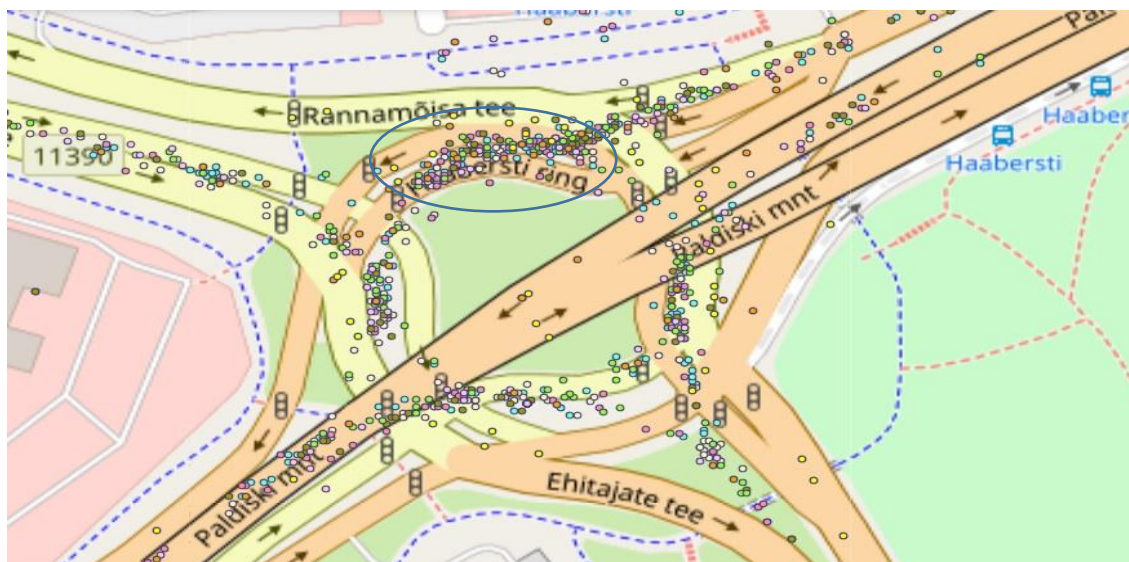
Joonis 3.12 Sesoonsus Haabersti ringristmikul aastatel 2012-2019, kuude lõikes

Kõige suurem tõenäosus liiklusõnnetusse sattuda on märtsis ja novembris, kõige väiksem tõenäosus veebruaris ja juulis. Õnnetuste ajaline toimumisaeg pole muutunud pärast ringristmiku ümberehitamist ning kõige rohkem õnnetusi toimub ajavahemikul 16:01-18:00. Aastate jooksul pole ühtegi õnnetust juhtunud 03:00-6:00. Joonisel 3.13 on kellaajaline liiklusõnnetuste jaotus välja toodud.



Joonis 3.13 Kellaajaline jaotus Haabersti ringil

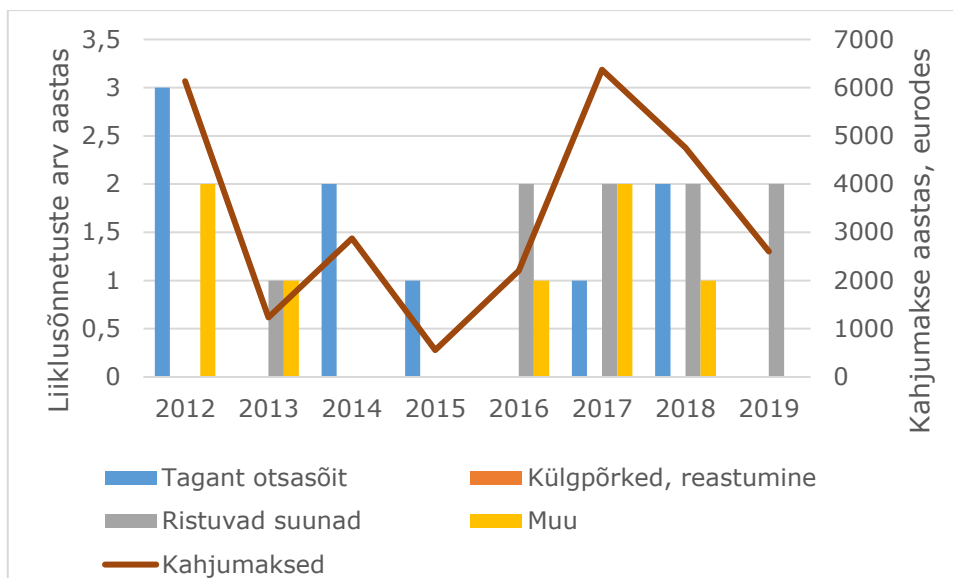
Aastatel 2012-2019 on kõikidest liiklusõnnetustest juhtunud Haabersti ringristmikul 0,33%. Inimhukkunuga liiklusõnnetusi juhtunud ei ole, küll aga on registreeritud 12 inimkannatanuga liiklusõnnetust, kus 24 osalenu seas on saanud kannatada 13 inimest. Kõige suurem kahju on väljamakstud jaanuaris 2016. aastal juhtunud õnnetuse pärast, kus kokkupõrkel ristuvale teele oleva autoga tuvastati asjakahju 18 686 €. Kõige problemaatilisem on Haabersti ringil sõitmine Paldiski maanteelt tulles. Joonisel 3.14 on see koht Eesti Liikluskindlustuse Fondi andmete järgi väljatoodud.



Joonis 3.14 Haabersti ringristmiku kindlustuses registreeritud liiklusõnnetused aastatel 2012-2019. Allikas: Eesti Liikluskindlustuse Fond, 2020.

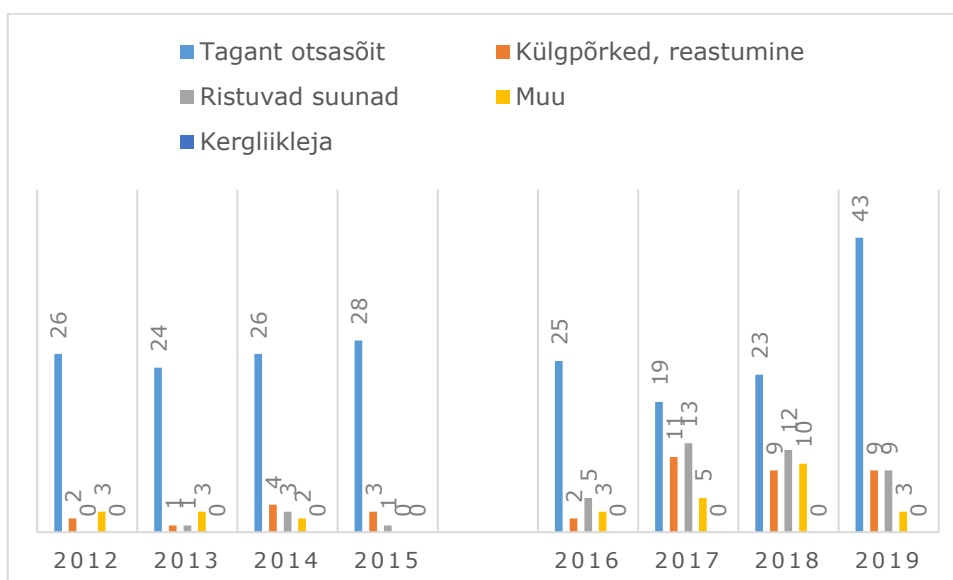
Vana-Kuuli-Narva maantee ringristmikul on toimunud aastatel 2017-2018 kaks liiklusõnnetust, kus mõlemas osales kaks sõidukit ning 2017. aastal sai vigastada kolme inimese osaluses kaks inimest ning 2018. aastal kahe inimese osaluses üks inimene.

Liikluskindlustuse Fondi andmetel on aastatel 2012-2019 toimunud seal 25 liiklusõnnetust. Ringil toimunud õnnetustest on võrdselt toimunud tagant otsa sõite ning kokkupõrkeid ristuvatel teedel olevate liiklejatega, registreeritud ei ole ühtegi külkkokkupõrget. Joonisel 3.15 on väljatoodud Vana-Kuuli-Narva mnt ringristmiku õnnetusjuhtumid ja kahjumaksed. Kahjumaksed juhtumite kohta on väga suured. 25 õnnetusest toimus kuus aprillikuus ning kolm märtsis ja septembris. Ajaliselt tiptund välja ei joonistu. See võib olla tingitud sellest, et kaheksa juhtumit on täpsustamata ajaga.



Joonis 3.15 Vana-Kuuli-Narva mnt ringristmiku liiklusõnnetusjuhtumid ja kahjumaksed

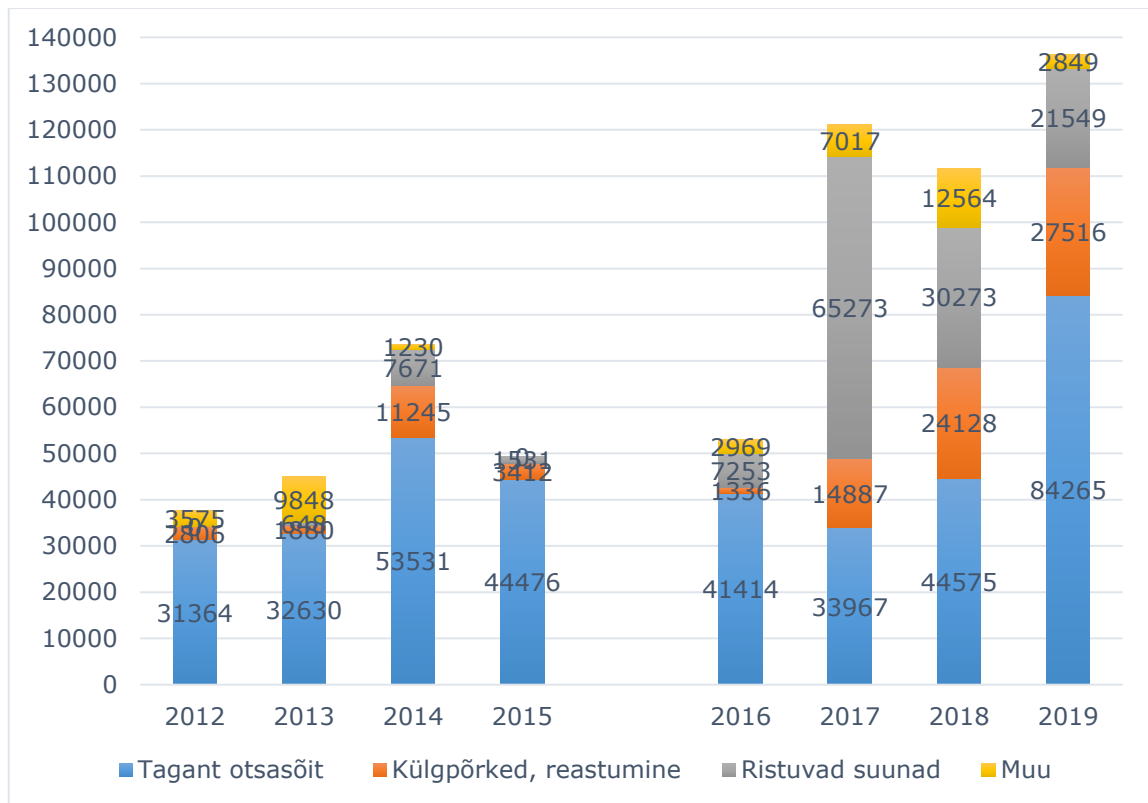
Jüri jaotusringi kohta on võimalik edastada võrdlevaid andmeid kuna 2015. aastal alustati ehitustöid, mis pidid muutma ringi sujuvamaks ja ohutumaks liiklejatele. Vaadeldud andmete põhjal on alates 2016. aastast liiklusõnnetuste kogu arv kasvanud ning eelmisel, 2019. aastal oli see vaadeldavate aastate kõige suurem, 64 liiklusõnnetust aastas. Kõik tulemused on ära toodud joonisel 3.16. Kergliiklejatega kokkupuuteid ei ole olnud ning kõige sagedamini sõidetakse ringil tagant teisele liiklejale sisse. Jooniselt saab välja lugeda, et alates 2017. aastast võrreldes aastatega 2012-2015 on kasvanud ka külgekõkupõrked ning ristuvatel suundadel toimunud õnnetused.



Joonis 3.16 Liiklusõnnetused Jüri jaotusringil

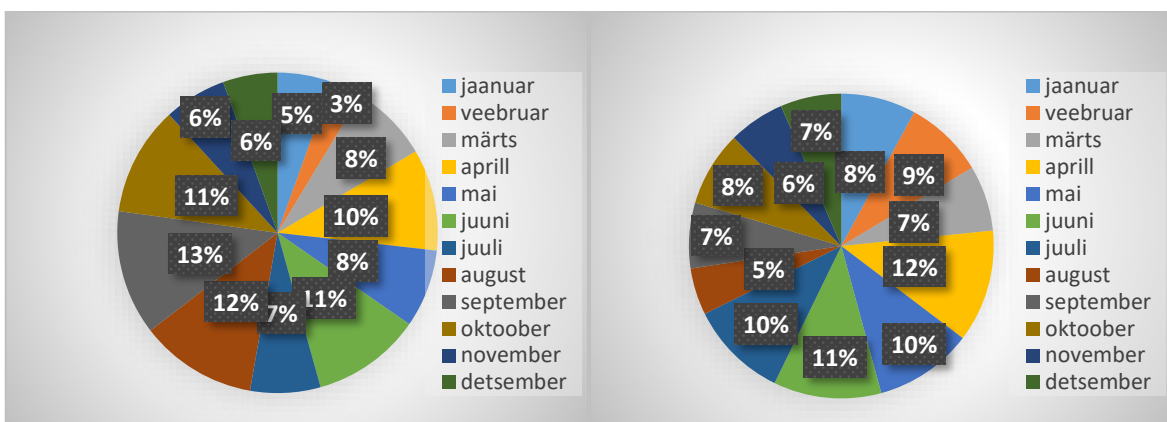
Samuti on kasvanud kahjuväljamaksed. Kahe aasta võrdluses näiteks maksti 2017. aastal üle 50% rohkem kahjusid välja kui 2016. aastal. Aastate lõikes pole võimalik

väljatuu, millise liiklusõnnetuse korral kõige rohkem keskmiselt õnnetuse peale materjaalset kahju kannatatakse. Kahjumaksed on väljatoodud joonisel 3.17.

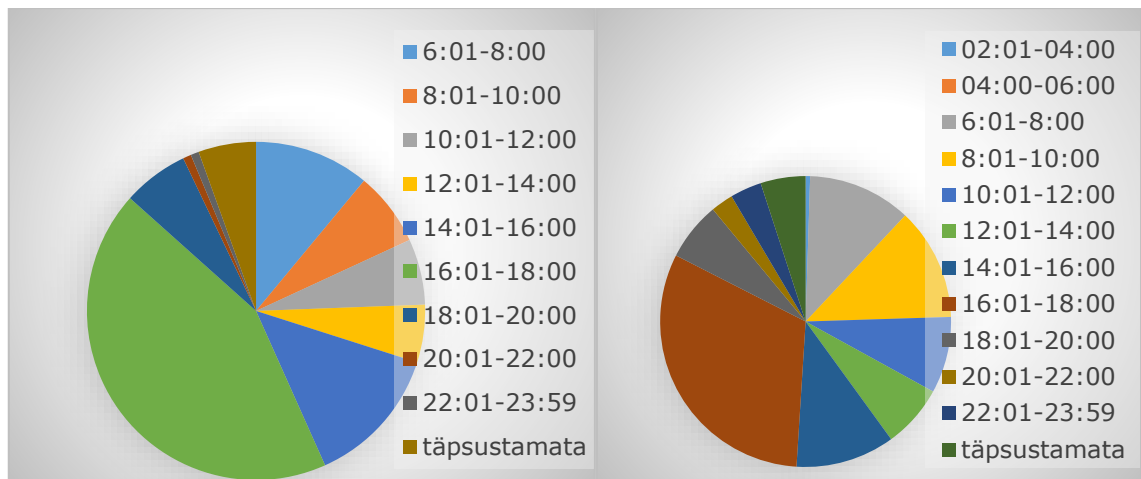


Joonis 3.17 Kahjumaksed Jüri jaotusringil

Kui eelnevalt toimus enim liiklusõnnetusi august-oktoober, siis pärast on toimunud enim liiklusõnnetusi aprill-juuli. Kellaajaliselt pole midagi muutunud, kõige rohkem toimub õnnetusi 16:01-18:00 vahemikus. Sesoonsus on toodud joonistel 3.18 ja 3.19 ning kellaajaliselt on liiklusõnnetused näidatud joonistel 3.20 ja 3.21.



Joonised 3.18 ja 3.19 Sesoonsus Jüri jaotusringil



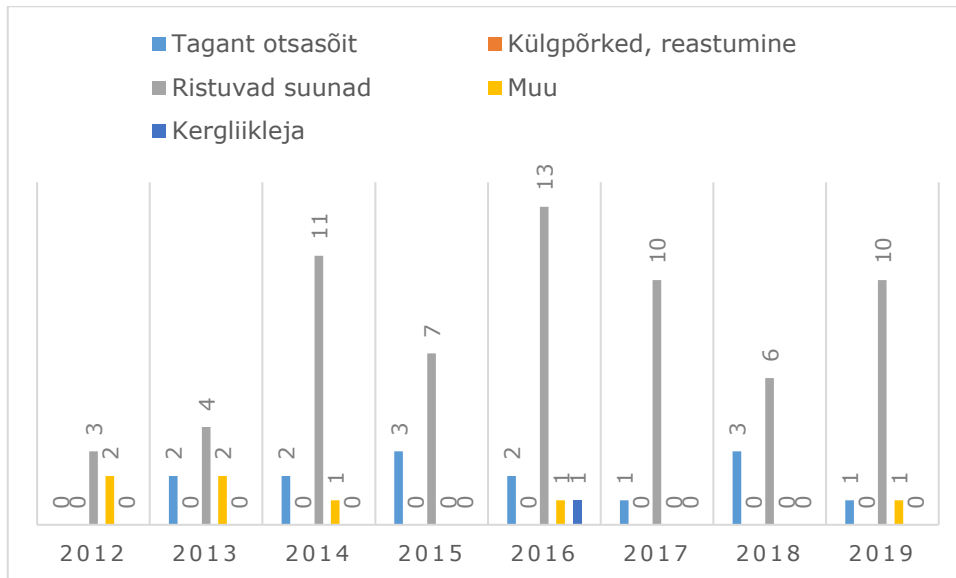
Joonised 3.20 ja 3.21 Liiklusõnnetuste toimumise ajad Jüri jaotusringil

Eesti Liikluskindlustuse Fondi kaardi järgi joonisel 3.22 on ära toodud kõige problemaatilisemad kohad Jüri jaotusringil, milleks on põimumispunktid ning Jüri aleviku poole väljasõit. Hukkunuid Jüri jaotusringil aastatel 2012-2019 ei ole olnud, kokku on Maanteeameti info põhjal vigastanutega lõppenud liiklusõnnetusi üheksa, neist neli toimus eelmisel 2019. aastal kui kaheksa sõiduki, üheksa inimese osalusel sai vigastada kokku kuus inimest.



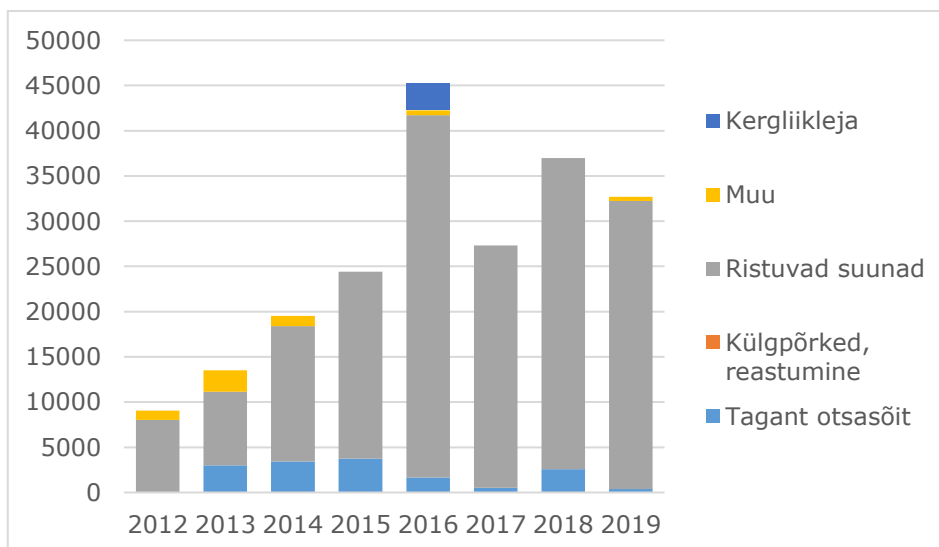
Joonis 3.22 Liiklusõnnetusjuhtumid Jüri jaotusringil aastatel 2012-2019. Allikas: Eesti Liikluskindlustuse Fond, 2020.

Aia - Karja - Kuninga – Vanapargi ringristmikul Pärnus on toimunud aastatel 2012-2019 86 registreeritud liiklusõnnetust. Külgkoppõrked üherajalisele ringristmikule omaselt puuduvad, aga kõikidest õnnetustest 64 ehk 74% on toimunud kokkupõrkel ristuvatel teedel. Kõik õnnetusjuhtumid on ära toodud joonisel 3.23.



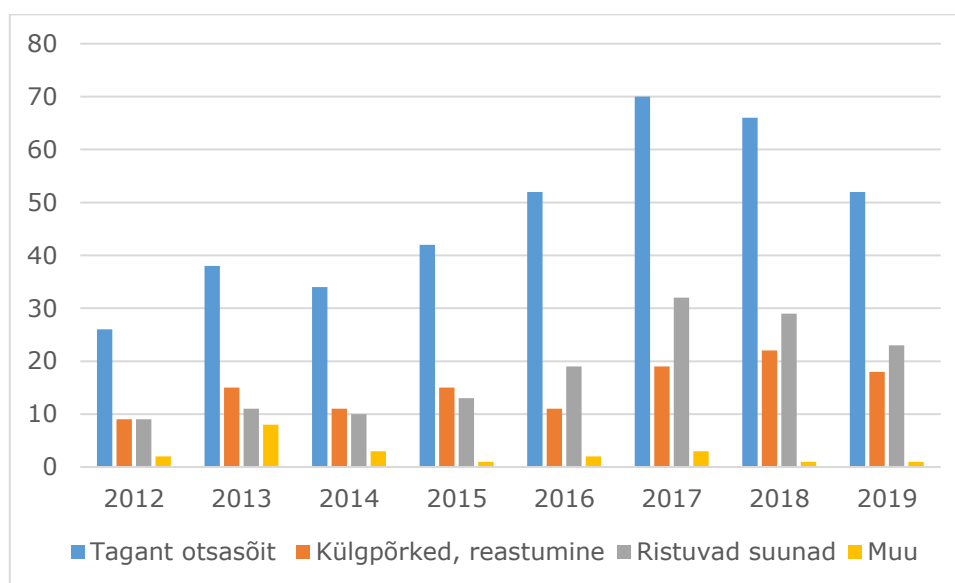
Joonis 3.23 Liiklusõnnetusjuhtumid Aia ringristmikul

Ka sellel ringristmikul on juhtumi kohta väga kõrge väljamakse määr olles keskmiselt 2426 € juhtumi kohta. Välja tuleb tuua, et aastal 2018. oli see juhtumi kohta 4108 €. Kõik kahjud on ära toodud joonisel 3.24. Enim liiklusõnnetusi on vaadeldaval perioodil toimunud pigem külmaladel kuudel – jaanuar, oktoober ja detsember. Ning kellaaegaliselt toimub Pärnus enim õnnetusi enne lõunat või lõunast, tervelt 43% kõikidest toimunud õnnetustest leidis aset ajavahemikus 6:01-12:00.



Joonis 3.24 Kahjunõuded Aia ringristmikul

Riia ringristmik Tartus on hetkel Eestis kõige ohtlikum ringristmik, viimastel aastatel toimub seal kõige rohkem liiklusõnnetusi ning makstakse välja kõige rohkem kahjutasusid. Keskmiselt on juhtunud aastatel 2012-2019 83 liiklusõnnetust aastas ning välja on makstud ühe õnnetusjuhtumi kohta 4221€. Liiklusõnnetuste kogu arv on kasvanud aasta-aastalt ja moodustab 0,28% kõikidest liiklusõnnetustest aastatel 2012-2019. Enim liiklusõnnetusi on juhtunud aastatel 2017-2018 vastavalt 124 ja 118 ning langedes eelmisel aastal 94ni, olles aga aastal 2012 46. Kõik liiklusõnnetusjuhtumid on väljatoodud joonisel 3.25. Kõige rohkem toimub tagant otsa sõite ning aasta-aastal on kasvanud kokkupõrked ristuvatelt suundadelt.



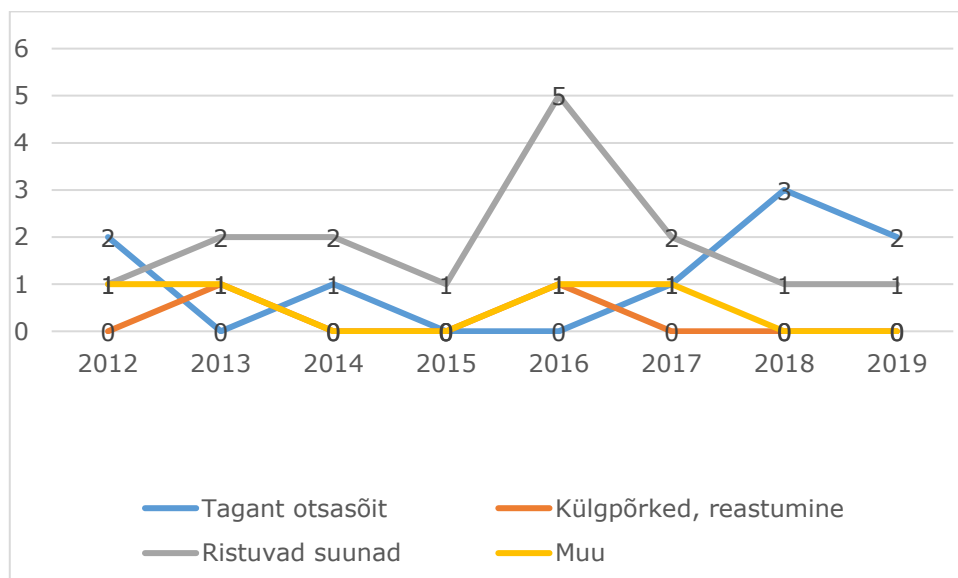
Joonis 3.25 Liiklusõnnetusjuhtumid Riia ringil

Enim liiklusõnnetusi on toimunud detsembrikuus, 80 juhtumit aastate peale, kõige vähem veebruar-märts vastavalt 39 ja 40 juhtumit aastate lõikes, teised kuud on sarnaste näitajatega, mingeid eripärasusi välja tuua pole võimalik. 61% kõikidest liiklusõnnetustest aastatel 2012-2019 on aset leidnud vahemikus 12:01-18:00. Enim liiklusõnnetusi juhtub Tallinna poolt Ringtee tänavalt ringteele sisenemisel ning kesklinna poolt Tallinna poole väljumisel. Joonisel 3.26 on väljatoodud Riia ringristmiku problemaatilised kohad.



Joonis 3.26 Riia ringistmiku problemaatilised kohad. Allikas: Eesti Liikluskindlustuse Fond, 2020.

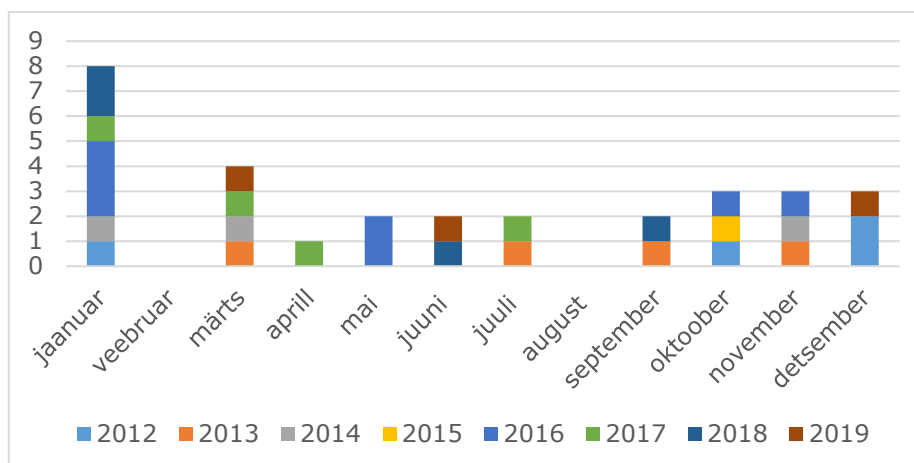
Tartu-Viljandi-Kilingi-Nõmme-Kalevi-Riia mnt ringristmikul Viljandis on kokku perioodil 2012-2019 toimunud 30 liiklusõnnetust, keskmiselt neli juhtumit aastas. Aastatel 2012-2017 toimus 23 liiklusõnnetust ning 2018-2019 seitse. Kahe aasta jooksul ei saa öelda, et liiklusõnnetuste arv oleks vähenenud ringristmiku ehitamisega võrreldes eelneva ristmikuga. Kui varasemalt oli probleemiks kokkupõrked ristuvatelt suundadelt, siis nüüd toimub rohkem tagant otsa sõite. Joonisel 3.27 on väljatoodud õnnetusjuhtumite ülevaade.



Joonis 3.27 Liiklusõnnetusjuhtumid Viljandi Tartu-Viljandi-Nõmme-alevi Riia mnt ringristmikul

Enim liiklusõnnetusi on toimunud jaanuarikuu, 27% kõikidest liiklusõnnetustest. Mitte ühtegi õnnetust ei ole registreeritud vaadeldaval perioodil veebruaris ja augustis.

Ainukese eripärana saab välja tuua, et kui aastatel 2012-2017 ei toimunud juunis mitte ühtegi õnnetust, siis 2018-2019 on mõlemal aastal selles kuus juhtunud üks õnnetus. Joonisel 3.28 on väljatoodud sesoonsus sellel ringristmikul. Kõikidest liiklusõnnetustest 47% leiavad aset ajavahemikul 12:01-16:00. Kellaajalist eripära eelneva ristmiku ning ringristmiku vahel välja ei tule.



Joonis 3.28 Liiklusõnnetuste toimumise sesoonsus Viljandi ringristmikul

3.2 Järeldused ja ettepanekud

Töö algset ideed - teha võrdlus algse ristmikulahenduse ning ringristmiku ehitamisest alates juhtunud muutuste kohta - oli võimalik rakendada vähesel määral puuduliku informatsiooni kättesaadavuse tõttu. Teada on, et ringristmikud on rajatud, kuid puudub täpne informatsioon millisel ajal seda täpselt tehti.

Võrdlevast analüüsist selgub, et enamike ringristmike lahendused täidavad neile seatud eesmärki muuta liiklus ohutumaks, vähendada liiklusõnnetuste koguarvu neis kohtades ning seeläbi muuta väiksemaks tõenäosus inimkannatanutega või -hukkunutega lõppevate liiklusõnnetuste toimumisele.

Kõige paremaks uuritavatest osutus olukord Pärnu-Rakvere-Sõmeru ning Tammiku-Kukruse-Jõhvi-Sompa ringristmikutel, kus on vähenenud nii liiklusõnnetuste koguarv kui ka kahjumaksed liiklusõnnetuste kohta keskmiselt. Mõlemal ristmikul toimus varem, enne ringristmiku rajamist, enim külgkokkupõrkeid ristmiku ületamisel ja Pärnu-Rakvere-Sõmeru ringristmikul ka pikikokkupõrkeid. Kui Pärnu-Rakvere-Sõmeru ristmiku muutus pole nii suur, siis Tammiku-Kukruse-Jõhvi-Sompa ringristmiku lahendus on toonud kaasa liiklusõnnetuste vähenemise pea poole võrra, mis annab alust

arvata, et „Stop“-märgiga reguleeritud ristmik ei sobinud sinna ning seda märki eirati, mis tõi kaasa kokkupõrked. Lisaks on see linnaväline ringristmik, millel oli varasemalt kiirusepiirang 90km/h ning see jäi muutmata ka ringristmiku rajamisel. See kinnitab Jorgenseni uurimust, et kiirusepiirangu märkimisväärne muutmine ei pruugi tuua kaasa liiklusõnnetuste arvu vähenemist automaatselt, kui ei rakendata muid meetmeid.

Siiski ei kinnita käesoleva töö tulemused, et ainuüksi ringristmiku rajamine mõjutaks ohutustaset automaatselt. Näiteks vastupidine muutus on toimunud Jõhvi liiklussõlmes olevatel turboringristmikel, kus liiklusõnnetuste arv on kahekordistunud. Turboringristmikud asuvad ühel 500 m teelõigul ning mõlema ringristmiku lahendused on kaasa toonud liiklusõnnetuste arvu kasvu. Seal, kus nüüd on Rakvere-Uus ringristmik oli varem neljarajaline sirge teelõik, kust polnud võimalik sooritada ristmikule omast ohtlikku vasakpöoret, võimalik oli teel sõita ainult otse või pöörata paremale. Taoline olukord minimaliseeris liiklusõnnetuste tekke võimalikkuse. Samas, aga toimus sellel lõigul kokkupõrkeid jalakäijatega ning laupkokkupõrkeid, mis võis olla ringristmiku ehitamise ajendiks. Jalakäijate olukorra parandamiseks oleks autori arvates sealses kohas mõistlikum olnud kasutada näiteks liikluse rahustamismeetmeid, et kindlustada juhtide reageerimine jalakäijate suhtes kiiruse alandamise abil ning tagada kergliiklejatele turvalisem ülekäik ning parandada valgustust antud teelõigul.

Rakvere-Pargi-Puru-Kaare turboringristmiku asemel oli varem kuue konfliktpunktiga ristmik, kus kõrvalteelt tulev liikleja pidi andma teed peateel liikuvale sõidukile. Liiklusõnnetuste maht ei olnud suur. Turboringristmikul on konfliktpunkte nüüd kaheksa ning liiklusõnnetuste arv on kasvanud. Liiklusohutuse aspektist vaadatuna ei ole turboringristmike lahendus seega ennast õigustanud. Põhjus võib olla liikluslahenduse arusaamatuses liiklejatele, sest sisenemisel on vaja kohe õige rada valida, hilisem reavahetus on küll keelatud, kuid praktikas võimalik ning just see näib olevat suure kahjuga liiklusõnnetuste tekke põhjuseks.

Nimetatud ringristmikud Jõhvis ei ole liiklejate poolt omaks võetud ja autori arvates on suurimaks probleemiks vanad harjumused ja tavad ringristmikel liiklemiseks, mis võimaldavad vahetada radu vastavalt soovile. Nüüd aga on vaja otsustada rajavalik enne ringile sõitmist. Lisaks on seal probleemiks ristuvatel suundadel juhtuvad liiklusõnnetused, mis viitavad samuti juhtide vääratele otsustele liiklussituatsioonides ning liigsele kiirusele nii ringile sõitmisel kui ka seal olles.

Võimalikuks lahenduseks - kui sooviti suurendada läbilaskvust ning liiklust sujuvamaks muuta - oleks olnud ühe turboringristmiku rajamine antud teelõigul. Siiski, ka

olemasolevat lahendust saab muuta paremaks lisamärgistust kasutades, näiteks joonistada nooled turboringristmikule, et liiklejaile oleks selge, kuhu ta valitud rajas sõita saab. Lisaks on võimalik vähendada kiirust juba enne ringristmikku, et harjutada juhte uue olukorraga.

Käesolevast tööst selgus, et miniringid on antud uuringu tulemustel kõige turvalisemad. Samas on sageli võimalik siseneda neile poole kiiremini kui projekteerimisel soovitatav piirkiirus 25 km/h. Kiiruste alandamisega oleks võimalik ära hoida nii mõnedki tagant otsasõidud, samas ringristmikule sisenetakse ettevaatusega ning juhid suudavad hinnata sisenemiseks vaja minevat ruumi õigesti. Vaadeldud ringristmikel tuli välja, et kokkupõrkeid ristuvatel suundadel on miniringidel vähe.

Teistele ringidele on võimalik siseneda samuti kiiremini, kui soovituslik piirkiirus ette näeb. Näiteks, kuigi Jüri ringil on kiirusepiirang paigaldatud vastavalt juhiste, siis on see oma gabariitidelt ülisuur, mis võib tekitada juhtidel tunde, et nad ei asu ringristmikul ning neil on võimalus sõita antud ringil kiiremini kui liikluskord seda ette näeb.

Analüüsist selgub, et ringristmike ehitamine on üldiselt täitnud eesmärgi vähendada liiklusõnnetuste arvu. On oluline märkida, et vaadeldavatel ringristmikel ei ole toimunud ühtegi hukkunuga liiklusõnnetust ning inimkannatanutega lõppevad väga vähesed liiklusõnnetused, samuti on vähenenud ringristmike ehitamisel kokkupõrked kergliiklejaga.

Vaatluse käigus kogutud info põhjal ning liiklusõnnetuste arvu järgi on kõige problemaatilisemad ringristmikud mitmerajalised ringristmikud ning turboringid, mille diameeter on suurem kui 40 meetrit ning kiirusepiirang 50 km/h või enam. Konfliktpunkte on mitmerajalistel ning suurema diameetriga ringristmikel rohkem, seepärast toimub seal ka enam liiklusõnnetusi. Lisaks on väga sageli puudulik enne ringristmikke paigaldatud info, missuguse ringristmikuga on tegemist, millistest sõiduradadest ja kuhu on võimalik liigelda, et seeläbi saaks juhid varasemalt langetada otsuseid, et jääks ära ohtlikud reavahetused ja kiirmanöövrid, mis võivad põhjustada suuremat kahju.

Üks probleemsemad ringristmikke vaadeldute hulgas on Jüri ringristmik. Analüüsi käigus selgus, et enne ümberkorraldustöid puudus Jüri jaotusringil kiirusepiirang, kuid õnnetusjuhtumeid oli isegi vähem. Mõneti kinnitab see Jorgensenide uuringutulemusi. Jüri jaotusring on just selliseks näiteks, kus kiirusepiirangu märkimisväärset vähenemisel liiklusõnnetuste arv ei vähene. Õnnetusjuhtumite analüüsist on näha, et

pärast rekonstrueerimist on suurenenud külgkokkupõrked, mis viitab sellele, et ringil teostatakse palju möödumisi, sageli ületades lubatud kiirust ja sellest tulenevalt toimuvad ka kokkupõrked. Nagu juba mainitud, siis Jüri jaotusring ei pruugi liiklejaile enam mõjuda ringristmikuna ning selle peamist funktsiooni - alandada enne sisenemist kiirust - reaalselt ei toimu. Ka ristmiku asukoht põhimaamaanteed ristumiskohas ning tööstusrajooni lähistel mõjutab tulemust, sest seda ristmikku läbivad paljud erinevat liiki sõidukid, sealhulgas on palju raskeveokeid.

Olukorra lahendamiseks saaks autori arvates läheneda kahel viisil. Esimese võimalusena kaotada ära kiirusepiirang, mis varasemate uuringute tulemustele tuginedes, võis olla rohkemate liiklusõnnetuste tekke põhjuseks. Kiirusepiirangu puudumine ei pruugi tähendada kohe juhtide selle kuritarvitamist vaid võib muuta neid ettevaatlikumaks ja tähelepanelikumaks. Teise võimalusena jätta kiirusepiirang kehtima nii nagu hetkel on, aga muuta sissesõidutee kitsamaks, et juhid kindlasti saaksid aru, et tegemist on ringristmikuga ning poleks nii lihtsalt võimalik luua situatsiooni, kus tekib hoopis peatee/kõrvaltee režiimina toimiv ringristmik.

Väga problemaatiline on ka TTÜ ringristmik Tallinnas Ehitajate-Akadeemia tee-Sõpruse pst. ristmikul. TTÜ ringil puudub lisainformatsioon, mis aitaks kaasa mõistmaks ringi toimimist. Viidad liiklemiseks ringil on nähtavad alles ringil olles ning ei ole seega abiks õige sisenemistee valimisel väljumiseks kõige ohutumal viisil. Praegune lahendus, kus mitmel siseneval harul on kaks sõidurada, kuid väljumine toimub ühest sõidurajast sunnib paljusid juhte ringil teostama sõiduraja vahetuse, kuid selle manöövri puhul on nähtavus piiratud. Liikluse kasvu tulemusena on ring aegunud ning vajaks uudsemat lahendust, et aasta aastalt kasvavaid liiklusõnnetusi vähendada. Sellel ringil tuleb tähelepanu pöörata ka kergliiklejatele, kellele on vaja enne sisenemist ringile ning sealt väljumisel teed anda. Seega kasutavad seda territooriumi väga mitmed liiklejagrupid. Reaalsed sõidukiirused ringil on suured, vaatamata piirkiirusele 50 km/h ning vajavad kindlasti vähendamist, et viia võimaliku kokkupõrke tagajärjed kergliiklejaga väiksema riskitasemeni. Liiklusõnnetusi juhtub enam ka seetõttu, et selles piirkonnas asuvad koolid, lasteaiad ja ühissõidukipeatused, mis toob kaasa suure kergliikluse aktiivsuse.

Ettepanekuna saab esitada vajaduse rekonstrueerida ringristmik põhjalikult, arvestades just ülaltoodud aspekte. Variantidena tuleks kaaluda kas turboringristmikku, lahendades selle ohutusnõudeid arvesse võttes või fooridega reguleeritud ristmiku varianti. Lõplik tulemus peaks selguma variantide võrdluses.

TTÜ ringristmiku puhul, mis on hetkel üks kõige liiklusõnnetuste rohkem vaadelduist, oleks odavam lahendusena võimalus liiklusõnnetuste tekke ennetamiseks kasutada ka anduriga foorlahendust, mida kasutatakse Ameerika Ühendriikides, Austraalias ning Inglismaal. TTÜ ringristmiku puhul oleks seda lihtsam teha, sest tiptund on selgemalt väljajoonistunud ning kasutatavaid segmente samuti vähem. Vähendamaks juhtide kiirust ringristmikele sõiduks oleks ühe võimalusena võimalik muuta sissesõidu raadiust, mida väiksem see on, seda aeglasemalt peavad juhid ringristmikule liikuma. Tegelikult polegi vaja füüsiliselt raadiust vähendada vaid tekitada piltlikult väiksem sissesõidu tee näiteks kasutades ruumi tajumise võtteid, markeerides tänavaservasid, mis muudab näiliselt sissesõidutee kitsamaks.

Haabersti ringil on pärast ümberkorraldustöid foorjuhitavaks turboringristmikuks toimunud märkimisväärne kahanemine liiklusõnnetuste arvus. Küll aga on kasvanud ühe juhtumi kohta makstav kahjunõude summa. Kahjunõude suurenemine võib olla tingitud ka võimalusest liiklusvahendit ringil rohkemates kohtades vigastada ehk sattuda rohkem nn ühesõiduki õnnetustesse.

Aia-Karja-Kuninga-Vanapargi ringristmikul Pärnus on võimalik eraldi välja tuua sesoonsusest lähtuv ülevaade, kus kõige rohkem liiklusõnnetusi on juhtunud jaanuaris, oktoobris ja detsembris. Pärnu on Eesti suvepealinn ja võiks arvata, et kui liikluses on rohkem juhte, siis toimub ka rohkem liiklusõnnetusi, kuid selliselt seal see välja ei kujune. On huvitav, et enamik õnnetusi, 43% leiab aset ennelõunasel ajal, mis annab alust arvata, et juhtumites osalejad on eelkõige Pärnu linna elanikud, kes lähevad tööle või lõunapausile. Ühe võimalusena tuleks ülevaadata ringile suunduvad sõidurajad, hea tava kohaselt on ringristmikule suunduvaid sõiduradu neli, Aia-Karja-Kuninga-Vanapargi ringristmikul aga viis, mida üherealise ringristmiku jaoks võib olla palju. Lisaks saab olemasolevat ringristmikku parandada parema märgistusega.

Riia ringristmik on hetkel Eestis kõige liiklusõnnetusrohkem paik. Aasta-aastalt on tõusnud kõik liiklusõnnetuse liigid ning välja makstakse suuremahulisi kahjunõudeid. On selge, et antud ringristmik on vananenud ning ei suuda teenindada sinna suunduvaid liiklusvooge. Välja pole võimalik tuua kindlaid kuid, millal liiklusõnnetused aset leiavad ning kellaajaliselt toimuvad seal samuti varahommikust kuni õhtutundideni õnnetused, saavutades oma tipu 12:00-18:00 ning rahunedes 22:00-06:00. Lahenduseks oleks ristmiku rekonstrueerimine kas kahetasandiliseks ristmikuks, kuid kuna tegemist on Haabersti ringristmikule sarnaste parameetritega ringristmikuga, siis võib kaaluda varianti ehitada ristmik ümber foorjuhitavaks turboringristmikuks, mis Haabersti ringristmikul on andnud soovitud tulemust.

Antud tööle põhinedes saab välja tuua, nagu ka teistes riikides läbiviidud uuringud kinnitavad, et ringristmiku rajamine on reeglina toonud kaasa liiklusõnnetuste vähenemise tähelepanuväärsel määral ning seda peaaegu kõikidel ringristmike tüüpidel. Tõusnud on aga asjakahjuga lõppevate õnnetuste arv ning seda nii rajatud ringristmikel kui ka olemasolevatel vaadeldud ringristmikel. Tulemused näitavad, et enim on muutused toimunud varasemalt „Stop“ märgiga oleva ristmiku ning foorjuhitava turboringristmiku võrdluses. Teoriast selgus, et ringristmikel toimub enim pikkikokkupõrkeid ning muu liigituse alla käivaid liiklusõnnetusi. Vaadeldud ringristmikud kinnitasid pikkikokkupõrkega lõppevate liiklusõnnetuste arvu suurenemist ja külgekokkupõrgete arvu vähenemist, kuid samas tuli uuringust siiski välja, et toimub palju ka liiklusõnnetusi liituvatel harudel ehk ringile sisenemise konfliktpunktis. Põhjuseks võib olla liigne kiirus ringile sisenemiseks, arusaamatus ringristmiku lahendusest või lihtsalt juhtide hooletus. Töös analüüsitud ringristmikest toimub enim liiklusõnnetusi mitmerajalistel ringristmikel, mis omavad selle töö raames ka kõige rohkem konfliktpunkte.

KOKKUVÕTE

Eestis toimub enim liiklusõnnetusi kahel ringristmikul ning makstakse välja suuremahulisi kindlustusmakseid. Igal aastal ehitatakse ringristmikke nii linnadesse kui ka maanteedele juurde, toodes põhjenduseks parema liiklusohutuse ja läbilaskevõime saavutamise.

Käesolev lõputöö sai kirjutatud eesmärgiga teha kindlaks ringristmike toimimise efektiivsus võrreldes eelneva ristmiku lahendusega ning võimalusel tuua välja selle ringristmiku omapära, mis toob kaasa oodatud tulemuse. Lisaks uuris autor ringristmikke, kus toimub enim liiklusõnnetusi, et mõista, miks need on kõige liiklusohhtlikumad kohad. Eesmärgi saavutamiseks kasutas autor kvantitatiivset uurimismeetodi analüüsid liiklusõnnetusjuhtumeid ja teostas võrdleva analüüsi. Lisaks viis läbi vaatluse ringristmikel. Õnnetusjuhtumeid uuriti Maanteeameti ning Eesti Liikluskindlustuse fondi andmete järgi liiklusõnnetuste arvu, kahju ning liigi järgi ristmikul enne ning pärast ringristmiku rajamist. Tulemuste võrdlemiseks püstitas autor kaks uurimisküsimust:

1. Kas ja kuidas on ringristmiku rajamine mõjutanud liiklusõnnetuste toimumist, nii nende raskusastet kui ka arvulisust?
2. Milliste parameetrite ja muude omapäradega ringristmikel toimub enim liiklusõnnetusi ja mis võib olla selle põhjuseks?

Töö lõplik versioon ei vasta töö alguses püstitatud eesmärgile, sest info ringristmike rajamise aastate kohta on vähesel määral leitav või puudulik, mis raskendas lisada andmeid võrdlusesse. Saadud tulemuste puhul saab aga väita, et ringristmiku muutmine foorjuhitavaks on toonud kaasa suurel määral liiklusõnnetuste vähenemise varem paljude liiklusõnnetustega ringristmikul ning ringristmiku rajamine tavalise ristmiku asemele on samuti toonud kaasa liiklusõnnetuste vähenemise. Samas kui mõlemal juhul on kahjunõuded suurenenud. Vaadeldud ringristmike võrdluses on ringristmike rajamisega suurenenud tagant otsasõidu ja ristuvatel teedele kokkupõrgete arv, samas kui vähenenud on kergliiklejaga kokkupõrked. Enim toimub liiklusõnnetusi mitmerajalistel ringristmikel, kus konfliktpunktide arv on suurem, ringi diameeter alates 40m ning kiiruspiirang 50km/h. Lisaks puudub enamikel sellistel ringristmikel teabeinformatsioon enne ringristmikule sisenemist, mis rada, millises suunas väljumiseks õige on.

Kuna ringristmikud liiklusohutuse aspektis, vähendada liiklusõnnetuste arvu ning seeläbi minimaliseerides inimkannatanutega lõppevaid juhtumeid, täidavad oma eesmärgi, siis pakub autor välja proovida muuta ringristmikud veel efektiivsemaks viies madalamale

ka rahalise ja emotsionaalse kahju tekke võimalused. Selleks võtta kasutusele lisainformatsiooni teabetahvlid enne ringristmikule sisenemist, et näidata, mis rada tuleks valida soovitud suunas liikumiseks. Liiklusõnnetuste rohkematel ringristmikel proovida peamise liiklusvoolu peatamiseks ühe foori kasutuselevõttu, mis arvestab ringil toimuvaga ja tipptunniga, vähendades seeläbi konfliktpunktide arvu ja tekitades rohkem ruumi kõrvalt tulevale liiklusvoole sisenemiseks. Lisaks vähendada linnasisestel ringristmikel kiiruseid vastavalt ringi parameetritele ning kergliiklejate olemasolule. Linnavälistel ringristmikel tõsta kiirust vastavalt ringiparameetritele, et välistada olukord, kus suuremõõtmelisel ringristmikul tekib võimalus ja tahtmine juhtidel teostada veel suuremal kiirusel möödasõite. Või tekitada ringile sisenemiseks näiliselt väiksem raadius, veendumaks, et enne ringile sisenemist on sõidukate kiirus viidud minimaalseks ja seeläbi liiklusõnnetuse tekke võimalus ja kahjude suurus samuti.

Käesolev töö ei täitnud peamist eesmärki näidata ringristmike ning tava ristmike võrdlusel saadud tulemusi, kuid näitas, et ümberkorraldustööd ringristmikel ning ringristmike üldine rajamine täidab oma üldist eesmärki muuta liiklus ohutumaks ja turvalisemaks liiklejatele.

SUMMARY

In Estonia most traffic accidents happen in two roundabouts therefore insurance claims are high. To explain better traffic safety and traffic flow, every year new roundabouts are been build to cities and towns.

The aim of this dissertation to understand the effectiveness of roundabouts compared with the previous one and to highlight the speciality which will bring the expected results. In addition the author explored roundabouts where there is the most traffic accidents and why there are most accidents. To achieve the results the quantity research method was used to analyse traffic road accidents and comparative analysis was done. Also the author conducted an observation on all roundabouts. Traffic road accidents were explored by comparing the number of accidents, the damage and type of accident before and after roundabout was built, using details from Road Administration and Estonian Motor Insurance Bureau. To compare the result, the author set two research questions:

1. If and how have new roundabouts impacted traffic accidents, the type and the amount of accidents?
2. Which specific roundabouts have more traffic accidents and what can be the cause of it?

The final version of the work does not match the aim set at the beginning of the work because there is lack of information or none at all when roundabouts where build over the years. Therefore it was difficult to compare results. However result provided it highlights that traffic system roundabouts have resulted in low number of traffic accidents also having roundabouts instead of cross road has also resulted in less traffic accidents. Yet in both occasions the insurance claims have increased. Having more roundabouts however have caused more traffic accidents where car damage is caused in the back and intersecting roads but number of accidents with light road users such as pedestrian have reduced. Most traffic accidents have happened on multiway rounabouts where conflict points are higher, road diameter from 40m and speed limit 50 km/h. Addition most of these rounabouts are missing traffic signs before the ring to provide information of which lane to use to exit the road.

Because the purpose of the traffic safety in roundabouts to reduce traffic accidents and to minimise the number of incidents with casualties, does fulfil the aim the author purposes to try to change the roundabouts more effective which should reduce the financial and emotional damage. Therefore, to put in use the traffic information signs before entering the ring roads which displays the lane wished to be driven to. The

roundabouts where more traffic accidents occur to try one- way traffic light which takes into consideration what's happening at the roundabout on rush hour therefore reduce the number of conflict points and create more space to enter for ongoing traffic. Also in cities to reduce the speed accordingly to the roundabout parameter and for the light road users. Outskirt of city to boost the speed accordingly to the roundabout parameter to void the situation where drivers have the opportunity and want to boost the speed to overtake. Also can try to reduce visually the entry radius and thereby make sure that the speed, possibility of a traffic accidents and damage are minimal.

This work did not achieve the main aim to demonstrate the results of comparison of ring and cross roads however did demonstrate that restructuring works on roundabouts and establishing does meet the main purpose to make the traffic more safer for drivers and light road users.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

Al-Madani, H. M. N., Saad, M. (2009). *Analysis of roundabout capacity under high demand flows*. WIT Transactions on The Built Environment.

Akcelik, R. (2011). Roundabout Metering Signals: Capacity, Performance and Timing. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 16 (2011) 686-696. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877042811010342?token=6501EB47A3EF4DB397A1513055FB448B970CBDF311A7EB8943AA7C219180C5908E849434BE7CDBFDBA68DE298BB55E16> (25.04.2020)

Bie, J., Lo, H. K., Wong, S. C. (2010). Capacity evaluation of multi-lane traffic roundabout. *Journal of advanced transportation* 44: 245-255. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/atr.124> (02.05.2020)

Chevuri, P. K. (2018). Trucks at Roundabouts: A Synthesis Study. *Journal of Transportation Technologies*, 2018, 8, 65-74. https://www.scirp.org/pdf/JTTs_2018010914380502.pdf. (12.03.2020)

Elvik, R., Christensen, P., Helene Amundsen, A. (2004) Speed and road accidents: an evaluation of the power model. *Aalborg University*. https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/316398068/Speed_and_road_accidents_PhD.pdf (01.04.2020)

Elvik, R., Høy, A., Vaa, T., Sørensen, M. (2009). *The Handbook of Road Safety Measures*. Emerald Group Publishing Limited.

Fortuijn, L. G. H. (2009). Turbo Roundabouts: Estimation of Capacity. *Sage journals*. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.3141/2130-11> (26.04.2020)

Gazzarri, A., Pratelli, A., Souleyrette, R. R., Russell E. R. Unconventional roundabout geometries for large vehicles or space constraints. <https://pdfs.semanticscholar.org/f146/dcca0919d173f23896bbdd3e30d5c88e6b46.pdf> (15.03.2020)

Jensen, S. U. (2013). Safety Effects of Converting Intersections to Roundabouts. *Sage journals*. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.3141/2389-03> (04.04.2020)

Jorgensen, E., Jorgensen, N.O. (2002). *Trafiksikkerhed i rundkørsler i Danmark. Rapport 235 2002*. København, Vejdirektoratet.

Kaal, L., Kaal, T., Kendra, A., Eichfuss, R., Vainio, V., Vainio, J., Grünberg, K. (2018). Ringristmike konstruktsioonilised tüüplahendused. *ERC Konsultatsiooni OÜ*. https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/ringristmikud_erc-14-2018_lisadeta.pdf (11.03.2020)

Lenter, M. S. (2004). Innovative Intersection and Interchange designs. *SRM Associates*. <http://conf.tacatc.ca/english/resourcecentre/readingroom/conference/conf2004/docs/s12/lenters.pdf> (01.04.2020)

Liiklusmärkide ja teemärgiste tähendused ning nõuded fooridele. (2018). Riigiteataja.

Lindenmann, H. P. (2006). Capacity of Small Roundabouts with Two-Lane Entries. *Sage journals*. https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0361198106198800115?casa_token=8p7Z9TZ8B84AAAAA:beAbUxf6lzbTBAFYBP68k5I-UECd58rr-oxdqEi2i3wtF7Z3PBVKUPRGYwvweJGYAknRB9tsi-5BXg (24.04.2020)

Maanteeamet. (2019). Lühiülevaade liiklusohutuse olukorrast 2019. aastal. <https://www.mnt.ee/et/ametist/liiklusaasta-2019/liiklusaasta-ulevaade-2019> (04.04.2020)

Maanteeamet. (2007). Ringristmike kasutuspraktika analüüs ja soovitused nende rajamiseks. *Inseneribüroo Stratum*. <https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/ringseletuskiri.pdf> (30.03.2020)

Maanteede jätkusuutlik ja ohutu projekteerimine, käsiraamat. (2015). DHV Environment and Transportation.

Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. (2017). Liiklusohutusprogramm 2016-2025. *Maanteeamet*. <https://www.mnt.ee/et/liikleja/liiklusohutusprogramm-2016-2025> (01.03.2020)

Majandus- ja taristuministri 5. augusti 2015. a määrus nr 106 „Tee projekteerimise normid“. (2015). Riigiteataja.

Mauro, R. (2010). *Calculation of roundabouts*. Springer Heidelberg Dordrecht London New York.

Mei, K. (2019). Liikluskindlustuse statistika 2018. aasta. *Eesti Liikluskindlustuse Fond*. https://www.lkf.ee/sites/default/files/LKmajandustulemuste_kvarteesitus_2018_4Q_0.pdf?869 (11.03.2020)

Merron, G., Allister, M. Mini roundabouts, good practise guidance. *County Surveyors Society and Department for Transport*. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/561491/mini-roundabouts-report.pdf (11.03.2020)

Mändmets, K. (2016). Ringristmike ülevaade ja kasutajasõbralike lahenduste analüüs Eesti põhimaanteedel. http://eprints.tktk.ee/2409/1/2016_mandmets_kai_loputoo.pdf. (12.03.2020)

National Cooperative Highway Research Program. (2010). *Roundabouts: An Informational Guide*. Teine trükk. Transportation Research Board.

Niilus, R. (2018). *Ringle õigesti!* Jeppe Auto OÜ

Otkovic, I.I., Dadic, I. (2009). Comparison of Delays at Signal-Controlled Intersection and Roundabout. *Science in Traffic and Transport*. <https://hrcak.srce.hr/82130> (04.05.2020)

Romandi, I., Raadik, K., Lõhmus, D. (2015) Põrguvälja liiklussõlm ja Jüri jaotusring. Tehniline projekt. *Ramboll Eesti OÜ*. https://www.mnt.ee/sites/default/files/construction_files/2014_0027_seletuskiri.pdf (04.04.2020)

Rom, R. (2014). Juhendmaterjalide kogumik liikluse rahustamise abinõudest asulas. *Maanteeamet*. https://www.mnt.ee/sites/default/files/content-editors/Failid/Liiklusohutus/juhendmaterjalide_kogumik_liikluse_rahustamise_abinoud_est_asulas_30-03-2015.pdf. (30.03.2020)

Roundabouts: an informational guide. (2000). U.S Department of Transportation. Kittelson & Associates, Inc.

Rubio-Martin, J. L., Jurado-Pina, R., Pardillo-Mayora, J. M. (2015) Heuristic procedure for the optimization of speed consistency in the geometric design of single-lane roundabouts. *Canadian Journal of Civil Engineering* (42/1)

Silva, A. B., Mariano, P., Silva, J. P. (2015) *Performance assessment of turbo-roundabouts in corridors*. Elsevier B.V.

Tollazzi, T. (2015). *Alternative Types of Roundabouts*. Springer Tracts on Transportation and Traffic.

Tollazzi, T., Mauro, R., Guerrieri, M., Renecelj, M. (2015). Comparative Analysis of Four New Alternative Types of Roundabouts: "Turbo", "Flower", "Target" and "Four-Flyover" Roundabout. *Creative Commons Attribution* 60(1).
<https://pp.bme.hu/ci/article/view/7468/6849> (30.03.2020)

Tollazzi, T. (1999). Reduction of the roundabouts capacity due to a strong stream of pedestrians and/or cyclists. *Science in Traffic Preliminary Communication*.
<http://traffic.fpz.hr/index.php/PROMTT/article/view/1125/969> (25.04.2020)

Tollazzi, T., Renecelj, M. (2014). Modern and alternative types of roundabouts – state of the art. *Environmental Engineering*.
http://enviro2014.vgtu.lt/Articles/3/137_Tollazzi.pdf (29.03.2020)

Wilson, C., Dilgir, R., Zein, S. R. (2006). *Safety Risk Management in Large Diameter Modern Roundabout Applications*. Transportation Association of Canada (TAC).