



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

ILMAOLUDE MÕJU INIMKAHJUDEGA
LIIKLUSÕNNETUSTE TOIMUMISELE EESTIS 2014-2018

THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON TRAFFIC ACCIDENTS WITH
HUMAN CASUALTIES IN ESTONIA 2014-2018

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Triinu Uiboleht

Üliõpilaskood: 176915 EALM

Juhendaja: Dago Antov

Transpordiplaneerimise professor

Tallinn 2019

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.

“.....” mai 2019

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” mai 2019

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....” mai 2019

Kaitsmiskomisjoni esimees:

/ nimi ja allkiri /

TTÜ Mehaanika ja tööstustehnika instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Triinu Uiboleht, 176915 EALM

Õppekava, peeriala: EALM02/14 - Logistika (transpordi planeerimine)

Juhendaja: Dago Antov, Tallinna Tehnikaülikooli Mehaanika ja tööstustehnika instituudi transpordi planeerimise professor, dago.antov@taltech.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Ilmaolude mõju inimkahjudega liiklusõnnetuste toimumisele Eestis 2014-2018

(inglise keeles) The Influence of Weather Conditions on Traffic Accidents with Human Casualties in Estonia 2014-2018

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Teha kindlaks, kas ja kuidas ilmaolud mõjutavad liiklusõnnetuste, neis hukkunute ja vigastatute arvu
2. Leida aastatel 2014-2018 juhtunud inimkahjudega liiklusõnnetuste analüüsi tulemusena ilmaolude mõju statistiline tugevus liiklusõnnetuste toimumisele.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Töö teoreetilise osa koostamine	20.04.2019
2.	Töö metoodilise osa koostamine	01.05.2019
3.	Töö empiirilise osa koostamine	13.05.2019
4.	Töö valmisolek 80%, lõputöö teema deklareerimine ÕIS-is, töö eelkaitsmine	13.05.2019
5.	Töö valmisolek 100%. Töö esitamine instituuti elektrooniliselt ning paber kandjal köidetuna	27.05.2019
6.	Lõputöö kaitsmine	03.- 04.06.2019

Töö keel: Eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg: "27" mai 2019.a

Üliõpilane: Triinu Uiboleht

..... "....." mai 2019.a

/allkiri/

Juhendaja: Dago Antov

..... "....." mai 2019.a

/allkiri/

SISUKORD

EESSÕNA	5
SISSEJUHATUS	6
1. TEOREETILINE TEEMAKÄSITLUS	8
1.1 Ülevaade liiklusohutusest maailmas ja Euroopas	8
1.2 Riiklik liiklusohutusprogramm	9
1.3 Ülevaade Eesti liiklusõnnetuste statistikast	11
1.4 Ülevaade Eesti ilmaandmetest 2014-2018	15
1.5 Ülevaade varasemalt teostatud uurimustest	18
2. METOODIKA	25
2.1 Metoodika valiku põhimõtted	25
2.2 Metoodika aluseks oleva andmestiku iseloomustus	30
2.3 Andmekorje	33
2.4 Andmetöötlusviisid ja -vahendid	35
2.5 Töö tulemuste valideerimine	40
3. ILMAOLUDE JA LIIKLUSÕNNETUSTE ANALÜÜSI TULEMUSED	42
3.1 Tulemuste esitamine ja analüüs	42
3.2 Prognoosi ja riskinäitajate kriteeriumite koostamine	58
3.3 Järeldused ja ettepanekud seoses uurimuse tulemustega	60
KOKKUVÕTE	65
SUMMARY	68
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	71
LISAD	76
LISA 1 Teeilmajaamad	76
LISA 2 Ilmaolude esinemine kuude kaupa 2014-2018	77
LISA 3 Õhutemperatuuride võrdlus keskmisega kuude kaupa 2014-2018	80
LISA 4 Õhutemperatuuride, hukkunute ja sademete esitamine kuude kaupa 2014-2018	82
LISA 5 Õhutemperatuuride, vigastatute ja sademete esitamine kuude kaupa 2014-2018	83
LISA 6 Temperatuuri, sademete, hukkunute ja vigastatute andmed kuude kaupa 2014-2018	84
LISA 7 Hukkunute aegrida 2014-2018 andmete põhjal	89
LISA 8 Sademete aegrida 2014-2018 andmete põhjal	90
LISA 9 Hukkunute arvu prognoos 2014-2018 andmete põhjal	91
LISA 10 Sademete prognoos 2014-2018 andmete põhjal	92

EESSÕNA

Käesoleva lõputöö pealkirjaks on „Ilmaolude mõju inimkahjudega liiklusõnnetuste toimumisele Eestis 2014-2018“. Antud lõputöö teema on algselt Maanteeameti liiklusohutuse osakonna ekspertide poolt sõnastatud. Töö eesmärgiks on kindlaks teha, kas ja kuidas mõjutavad ilmaolud liiklusõnnetuste, neis hukkunute ja vigastatute arvu ning leida statistiliselt selle mõju tugevus aastatel 2014-2018 toimunud liiklusõnnetuste analüüsi tulemusena.

Töö analüüsiga seotud põhilised algandmed pärinevad Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogust ning Teede Tehnokeskus AS-i teeilmajaamade fikseeritud ilmaandmetest. Täiendavalt tehti päring andmete osas ka Riigi Ilmateenistusele. Analüüsi aluseks olevaks ajaperioodiks on aastad 2014-2018. Kokku analüüsiti üle 30 000 000 andmerea.

Sooviksin tänada järgnevaid isikuid ja asutusi, kes olid väga suureks abiks käesoleva magistri lõputöö koostamisel ning muuhulgas abistasid andmete ning konsultatsioonidega:

Dago Antov (juhendaja) – Tallinna Tehnikaülikool, Maria Pashkevich - Maanteeamet, Tanel Jairus – Teede Tehnokeskus AS, Heret Knjazeva (retsensent) - Maanteeamet, Riigi Ilmateenistus, Statistikaamet.

Märksõnad: liiklusohutus, liiklusõnnetused, ilmaolud, inimkahjud, magistritöö

SISSEJUHATUS

Käesolev magistritöö käsitleb ilmaolude mõju liiklusõnnetuste toimumisele ning õnnetustega kaasnenud inimkahjude suurusele. Liiklusõnnetuste toimumine ning nende tagajärjel hukkunud ja vigastatud inimesed mõjutavad ühiskonda ning toovad kaasa sotsiaalmajanduslikke kulusid. Seetõttu on oluline toimunud liiklusõnnetusi analüüsida ning neid ennetada, sest enamik liiklussurmades on tõenäoliselt võimalik ära hoida. Ilmaoludel (näiteks suvised kuumad ilmad, tihe vihmased sügisel) võib liiklusõnnetuste toimumisele olla oluline mõju. Antud lõputöö uurimisprobleemiks on asjaolu, et hetkel puudub tõestatud seos Eesti ilmaolude ning liiklusõnnetuste toimumise vahel ning teadmine, kui suurel määral avaldavad ilmaolud liiklusõnnetuste toimumisele mõju. Teisiti sõnastatult ei ole teada, kui palju ilmaolud reaalselt mõjutavad inimkahjudega liiklusõnnetuste toimumist. Eestis ei ole varem tehtud sarnast suuremahulist statistilist uuringut ilmaolude ja liiklusõnnetuste kohta. Maanteeamet toetub hetkel liiklusõnnetuste ilmaolude mõjude osas eelkõige eksperthinnangutele.

Töö uurimisprobleemiks on asjaolu, et puudub tõestatud seos Eesti ilmaolude ja liiklusõnnetuste toimumise vahel ning teadmine, kui suurel määral avaldavad ilmaolud liiklusõnnetuste toimumisele mõju. Selleks, et vähendada ilmaoludega seotud liiklusõnnetusi, on oluline mõista, kuidas ja kui palju avaldavad ilmaolud mõju liiklusõnnetuste toimumisele ning kuidas suureneb sellest tulenevalt inimkahjude tõenäosus.

Töö eesmärgiks on kindlaks teha, kas ja kuidas mõjutavad ilmaolud liiklusõnnetuste, neis hukkunute ja vigastatute arvu ning leida statistiliselt selle mõju tugevus aastatel 2014-2018 toimunud liiklusõnnetuste analüüsi tulemusena. Uuringu tulemusel saab näiteks öelda, palju liiklusõnnetusi ning toovad kaasa keskmisest soojemad, külmemad ja vihmased ilmad ning kuidas mõjutavad need hukkamise ja vigastuse riski.

Töoga seotud uurimisküsimused on seega järgnevad:

- Kas on olemas statistiline seos liiklusõnnetuste toimumise, neis hukkunute ja vigastatute arvu ning ilmaolude vahel?
- Kuidas mõjutavad ilmaolud liiklusõnnetuste toimumist ning nendes hukkamise ja vigastuse riski?
- Millised ilmaolud toovad kaasa suurema riski liiklusõnnetuste toimumisel?

Lõputöö eesmärgist lähtudes seatakse järgmised hüpoteesid:

- Keerulistest ilmaoludest tulenevalt suureneb liiklusõnnetuste toimumise tõenäosus.
- Keerulistest ilmaoludest tulenevalt suureneb liiklusõnnetuses hukkumise või vigastuse risk.

Keerulised ilmaolud on antud lõputöö kontekstis tavapärasest erinevad ilmaolud, mis võivad suurendada liiklusõnnetuse toimumise riski.

Uurimismeetodiks on statistiline andmeanalüüs. Liiklusõnnetuste ja ilmaolude seoste leidmiseks kasutatakse Microsoft Exceli, JDemetra+ ja ArcGIS programmi.

Analüüsitavaks andmestikuks on 7 125 inimkahjuga liiklusõnnetust viimase viie aasta kohta (2014-2018). Täiendavalt on analüüsi aluseks Teede Tehnokeskus AS-i teeilmajaamade ilmaandmed 88 teeilmajaama kohta, mis tähendab ligikaudu 30 000 000 andmerida. Eeltoodust tulenevalt võib öelda, et tegemist on suuremahulise andmeanalüüsiga.

Töö koosneb kolmest põhilisest osast. Esiteks antakse teoreetiline ülevaade liiklusõnnetuste ning ilmaoludega seonduvast olukorrast ja statistikast, teemakohastest uurimustest ning selgitatakse täiendavalt uurimisprobleemi tausta. Töö teises osas ehk metoodika peatükis antakse ülevaade uurimuse metoodikast. Eelkõige on metoodika peatüki eesmärk kirjeldada metoodika valiku põhimõtteid, analüüsi aluseks olevat andmestikku, andmekorjet, andmetöötlusviise ja -vahendeid ning töö tulemuste valideerimist. Töö kolmandas osas esitatakse tulemused uuringu analüüsist ja lisatakse autori omapoolne tõlgendus töö tulemustele. Samuti koostatakse ilmaandmete kohta prognoos ning riskide alusel koostatud kriteeriumite tabel. Täiendavalt tehakse konkreetsetele osapooltele ettepanekud seoses uurimuse tulemustega.

1. TEOREETILINE TEEMAKÄSITLUS

Järgnevas peatükis antakse lõputöö metoodika ja empiirilise osa koostamise aluseks olev teoreetiline taust. Tutvustatakse teemaga seotud mõisteid ning varem koostatud asjakohaseid uurimusi. Samuti antakse ülevaade liiklusohutuse olukorrast erinevatel tasanditel – maailmas, Euroopas ning Eestis. Lisaks antakse ülevaade ilmaolude ja liiklusõnnetuste vahelisest seosest olemasoleva teoreetilise teadusliku kirjanduse ja varem läbiviidud uuringute põhjal. Teoreetilise teemakäsitluse peatüki lõpus esitatakse uurimusküsimused ning püstitatakse töö metoodika ja empiirilise osa aluseks olevad hüpoteesid.

1.1 Ülevaade liiklusohutusest maailmas ja Euroopas

Liiklusõnnetustel on ebasoodne mõju nii inimesele kui ka ühiskonnale, mille tagajärjeks on inimeste vigastused ja varakahjustused, pikenenud sõiduajad ja ummikutest põhjustatud heitgaasid [1]. Liiklusõnnetustes hukub igal aastal üle 1,3 miljoni inimese ning see on maailmas kümnes peamine surmapõhjus. Vanusegruppide alusel on liiklusõnnetustes hukumine 15–29-aastaste seas peamine surmapõhjus. Liiklusõnnetustes vigastada saanud inimeste arv jääb vahemikku 20-50 miljonit. Umbes pooled liiklussurmades on seotud kergliiklejatega ehk eelkõige jalakäijate ja jalgratturitega. [2] Liiklusõnnetus on antud töö kontekstis ja tulenevalt liiklusseaduse määratlusest juhtum, kus liikleja saab vigastada, hukub või tekib varaline kahju ning juhtum on seotud vähemalt ühe sõiduki teel liikumise või selle väljasõiduga teelt [3].

Liiklusõnnetusi võib toimumise sageduse tõttu pidada igapäevasteks sündmusteks, kuid need on prognoositavad ja seetõttu ka ennetatavad. Lisaks liikleja lähedaste põhjustatud leinale ja kannatustele on liiklusõnnetused nende mõjudest tulenevalt olulise tähtsusega probleem rahva tervise ja arengu seisukohalt ning nendel on märkimisväärsed tervishoiu- ja sotsiaalmajanduslikud kulud. Märkimisväärsed majanduslikke kahjusid ei kanna ainult otseselt kannatada saanud liiklejad ja nende lähedased, vaid ka riik tervikuna. [18]

Euroopa tasandil on koostatud poliitikasuunised liiklusohutuse valdkonnas aastateks 2011–2020. Euroopa Liidu liiklusohutuse eesmärgiks on vähendada liiklusõnnetuste ohvrite arvu 50% võrra aastaks 2020. Selle eesmärgi täitmiseks püütakse riikliku koostöö tulemuse ning vastavate meetmetega muuta liiklejate käitumine, sõidukid ning infrastruktuur ohutumaks. Selleks

kasutatakse parimate praktikate vahetamise, teadusuuringute, teadlikkuse tõstmise kampaaniate ning ka õigusliku reguleerimise vahendeid. Ühe Euroopa Liidus kokku lepitud meetmena on sõnastatud, et tuleks tõhustada vahendeid liiklusõnnetustega seotud asjakohaste andmete korjeks ja nende analüüsimiseks, parandada liiklusohutusealaste edusammude järelevalvet Euroopa Liidu liikmesriikides ning esitada täpseid andmeid uute liiklusohutust käsitlevate meetmete väljaarendamiseks. [4]

2015. aastal täiendati säästva arengu ülemaailmse tegevuskava 2030. aasta üldisi eesmärke liiklusohutuse valdkonnas. Ühe täiendusena seati eesmärk vähendada liiklussurmade ja vigastuste arvu 50% võrra aastaks 2020. [2] Sellest tulenevalt võib öelda, et üheks transpordi valdkonna oluliseks eesmärgiks, kuid ka lahendatavaks probleemiks on liiklusõnnetustes vigastatud ja hukkunud inimeste arvu vähendamine.

Käesoleva lõputöö eesmärkide saavutamiseks analüüsitakse Eestis toimunud liiklusõnnetuste andmeid aastatel 2014-2018 ning õnnetuste andmete põhjal koostatakse analüüs, kriteeriumid ning prognoos, mida võib pidada üheks kaudseks meetmeks liiklusõnnetuste ennetamisel. Sellest tulenevalt võib öelda, et antud lõputöö eesmärk on muuhulgas kooskõlas Euroopa Liidu tasandil liiklusohutuse parandamiseks kokku lepitud olulise eesmärgiga.

1.2 Riiklik liiklusohutusprogramm

Lisaks ülemaailmsetele eesmärkidele ning Euroopa Liidu tasandil kokku lepitud suundadele on Eestis liiklusohutuse keskseks dokumendiks riiklik liiklusohutusprogramm. Vabariigi Valitsus võttis 17.02.2017 vastu korralduse number 54 „Transpordi arengukava 2014–2020“ rakendusplaani aastateks 2014–2017 lisa „Liiklusohutusprogramm 2016–2025“ heakskiitmine“ ning sellega seoses hakkas Eestis kehtima riiklik liiklusohutusprogramm. [5]

Liiklusohutusprogramm koostatakse „Transpordi arengukava 2014–2020“ kolmanda alaeesmärgi ehk liikluskahjude vähendamise ja liiklusseaduse § 5 „Rahvuslik liiklusohutusprogramm“ alusel. Liiklusohutusprogramm koostati perioodiks 2016–2025 ja on jätkuks dokumendile „Eesti rahvuslik liiklusohutusprogrammi 2003–2015“. Liiklusohutusprogramm arvestab eelnenud perioodil seatud eesmärkide täitmist ja omandatud praktilisi kogemusi, tuginedes edukamate riikide parimale praktikale. [6]

Liiklusohutusprogrammi eesmärke viivad ellu ministriumid ja seotud allasutused, kes tegelevad liikluseohutust suurendavate lahenduste väljatöötamise ja nende rakendamisega liikluskeskkonda. Lisaks eeltoodud asutustele teostavad liiklusprogrammi tegevusi kohalikud omavalitsused ja teised ametkonnad, kes koolitavad liiklejaid ja kujundavad nende hoiakuid ning liiklusharjumusi. [3]

Liiklusohutuse valdkonnas on Euroopa Komisjoni eesmärgiks vähendada liikluses hukkunute arvu 2050. aastaks nullini ja liiklussurmade arvu 2020. aastaks poole võrra võrreldes 2010. aastaga [6]. Andmetena saab välja tuua, et 2010. aastal toimus Eestis Maanteeameti andmetel 1 347 liiklusõnnetust, milles hukkus 79 ja viga sai 1 720 inimest [7]. Seega aastaks 2020 on seatud Eestis liiklusõnnetustes hukkunud inimeste arvuliseks eesmärgiks maksimaalselt 40.

Eesti jagab liiklusohutuse valdkonnas Euroopa Komisjoni poolt sõnastatud seisukohti ja panustab nende elluviimisesse ametkondlikel tasemetel. Liiklusohutus hõlmab väga mitmeid eluvaldkondi ning osapooli. Liiklusohutuse jätkuv suurendamine eeldab osapoolt pidevat, süsteemset ja koordineeritud tegutsemist. Eesmärgini on võimalik jõuda, kui liiklusohutuse põhimõtted, üldised alused ja tegevused on kokku lepitud ning seejärel edukalt ellu viidud. Liiklusohutusprogrammi eesmärk on meetmete efektiivsem rakendamine liiklusohutuse järjepidevaks tõhustamiseks ning liiklusõnnetuses hukkuvate ja raskelt vigastada saavate inimeste arvu vähendamise. [6]

Liiklusohutusprogrammist tulenevalt on Eesti üle võtnud ka nullvisiooni põhimõtted. Nullvisioon pärineb Rootsist. Nimelt võttis Rootsi parlament (*Riksdag*) 1997. aastal vastu maantee liiklusohutuse nullvisiooni. Varsti pärast seda sätestas Rootsi parlament transpordisüsteemi üldised transpordipoliitika eesmärgid ja rakendas nullvisiooni põhimõtet kõikide transpordiliikide suhtes. Algse sõnastuse järgi on nullvisiooni pikaajaliseks eesmärgiks, et ühtegi liiklejat ei tohi liikluses surma ega tõsiselt vigastada saada. Transpordisüsteemi disain, funktsioon ja kasutamine kohandatakse vastavalt selle eesmärgi saavutamiseks vajalikele standarditele. Nullvisiooni puhul on vastutus liiklusohutuse eest jagatud transpordisüsteemide kasutajate ja loojate vahel. Süsteemi loojateks on näiteks autotööstus, seaduse loojad ja infrastruktuuri omanikud. Isegi kui transpordisüsteemi kasutajad ei järgi eeskirju, peavad süsteemi kujundajad võtma täiendavaid meetmeid surmade ja raskete vigastuste ärahoidmiseks vajalikul määral. [8]

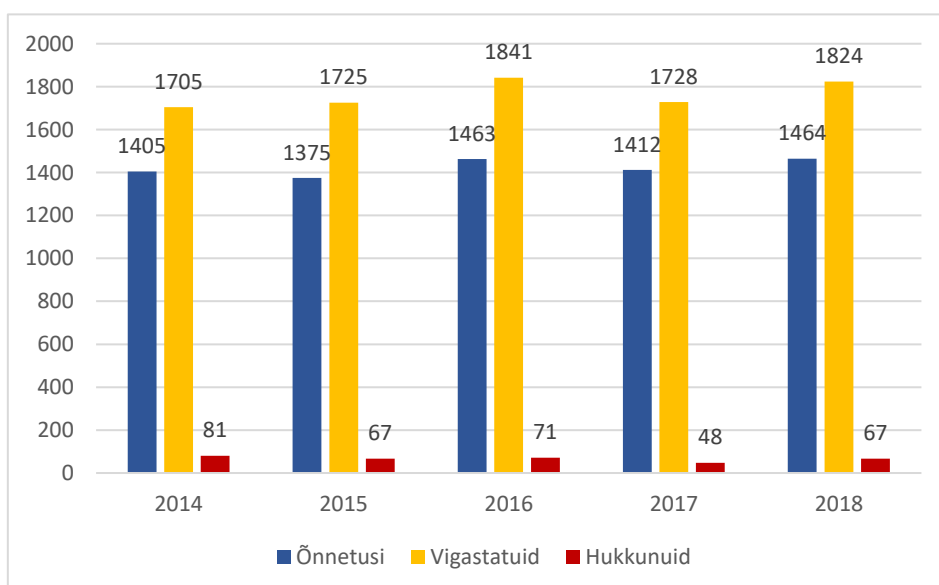
Nullvisiooni filosoofia tugineb neljale põhimõttele. Esimeseks oluliseks põhimõtteks on eetika, mille järgi on kõige olulisem inimese elu ning tervis. Liikleja elu ja tervis on tähtsamad kui mobiilsus ja teeliikluse toimimise eesmärgid. Teise põhimõttena on nimetatud vastutusahelat, mis tähendab, et süsteemi ohutuse eest vastutajad peavad tagama selle kavandamise, elluviimise ning haldamise eest vastutavad isikud ja ametkonnad. Liiklejate vastutus seisneb eelkõige kehtestatud liiklusreeglite täitmises. Kolmas oluline põhimõte on ohutusfilosoofia, mille järgi inimesed on

liiklejatena ekslikud. Transpordisüsteem peab olema võimeline vähendama liiklejate eksimise võimalusi ning tekkivaid kahjusid võimalikult suures ulatuses. Neljas oluline põhimõte on muutusi ajendavate mehhanismide loomine. Transpordisüsteemi kavandamise, elluviimise ja haldamise eest vastutavad isikud peavad looma eeldused liiklejate ohutuks liiklemiseks. Seetõttu peavad kõik osapooled olema valmis eelduste loomiseks, et saaks ühiselt ellu viia vajalikud muutused. [6]

Konkreetses magistritöö kontekstis rakendub nullvisiooni põhimõte järgmiselt: ilmaolud võivad olla transpordisüsteemi oluliseks mõjutajaks ning süsteemi loojatele ja haldajatele võib olla abiks teadmine, kui suurel määral mõjutavad ilmaolud liiklusõnnetuste toimumist ja nendest tulenevat inimkahjusid ning millised ilmaolud täpsemalt on suurima riskiga liiklusohutusele. Liikluskeskkonda on võimalik luua ja hooldada nii, et minimeerida ilmaolude mõju liiklusele.

1.3 Ülevaade Eesti liiklusõnnetuste statistikast

Maanteeamet koondab Eestis liiklusohutuse valdkondadega seonduvat statistikat. Põhilised valdkonnad on seotud autokoolide, sõidukite, liiklusõnnetuste, liiklussageduse ning tehnölevaatuse statistikaga [9]. Antud magistritöö kontekstis on oluline eelkõige liiklusõnnetustega seotud statistika, mida on võimalik kaudselt seostada ka sõidukite ja liiklussageduse statistikaga. Maanteeamet uuendab igapäevaselt Eestis toimunud liiklusõnnetuste kohta käivaid näitajaid ja statistikat, mis on esitatud aastate kaupa [9].



Joonis 1.1 Inimkahjud liiklusõnnetustes 2014-2018 Eestis
Allikas: [10], Autori koostatud (2019)

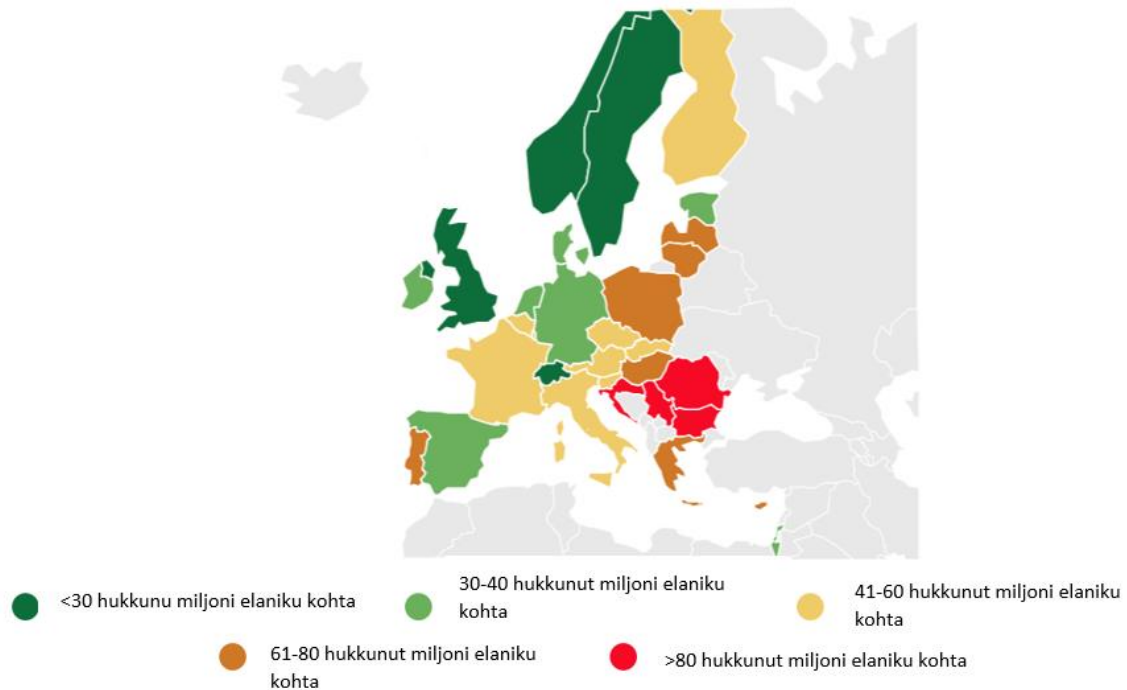
Eeltoodud jooniselt 1.1 on näha, et liiklusõnnetuste arv ning nendes vigastada saanud ning hukkunud inimeste arv on aastate kaupa erinev. Hukkunu on antud lõputöö kontekstis isik, kes suri pärast liiklusõnnetuses osalemist saadud vigastuse tagajärjel 30 päeva jooksul [11]. Vigastatu on aga antud töö kontekstis isik, kellele liiklusõnnetuses saadud vigastuse või tervisekahjustuse tõttu antakse meditsiinilist esmaabi, määratakse ambulatoorne või statsionaarne ravi [11]. 2017. aastal saavutati Eestis esmakordselt olukord, kus liiklusõnnetustes hukkunud inimeste arv oli alla 50 hukkunu. Liiklusõnnetuste arv on püsinud samal tasemel jäädes vahemikku 1 375 (2015. aastal) kuni 1 464 (2018. aastal). Samas on hukkunute ja vigastada saanud inimeste arv varieerunud rohkem. Kõige vähem hukkus inimesi 2017. aastal (48 inimest) ning kõige rohkem 2014. aastal (81 inimest). Kõige vähem sai inimesi vigastada 2014. aastal (1 705 inimest) ning kõige rohkem 2016. aastal (1 841 inimest). Liiklussurmade arvu vähenemine toob kaasa olukorra, kus iga üksiku üliraske õnnetuse osakaal suureneb. Mida vähem on õnnetusi absoluutarvult, seda suurem on ühe õnnetuse osakaal.

Liiklusõnnetuste koguvahemik kindlaks teha on keeruline. Maanteeameti liiklusohutuse osakonna ekspertidega toimunud arutelu põhjal saab öelda, et hukkunute toimunud liiklusõnnetuste kohta on juhtumite arv küllaltki kindlalt vastav tegelikkusele. Kõik vigastatutega liiklusõnnetused ei pruugi olla teada, sest kõigist juhtumitest politseid ei teavitata. Eesti Liikluskindlustuse Fondi andmetele põhinedes saab öelda, et näiteks 2018. aastal toimus Eestis ligikaudu 35 000 kindlustusjuhtumit [12]. Need hõlmavad juhtumeid, mis on seotud nii varakahjude kui ka inimkahjudega.

Peamised põhjused liiklusõnnetuste toimumiseks Eestis on viimase viie aasta liiklusõnnetuste põhjal vastavalt Maanteeameti liiklusohutuse osakonna ekspertidega toimunud arutelule järgnevad: olukorrale mittevastav kiirus, turvavarustuse puudumine, joove, kõrvalised tegevused ning juhi tervis. Põhjustest viimane on seotud ka inimeste vananemisega.

Järgnevalt on võrreldud Eesti liiklusohutuse taset Euroopa näitajatega. Igal aastal koostab Euroopa Transpordiohutuse Nõukogu (*European Transport Safety Council - ETSC*) PIN (liiklusohutuse tulemuslikkuse indeks) projekti raames tulemuslikkuse aruande, mis on poliitiline vahend, mis aitab Euroopa Liidu liikmesriikidel oma riigis liiklusohutust parandada. Viimane aruanne anti välja 2018. aasta juunis. Aruandes on esitatud programmiga liitunud riikide võrdlus. Aruandes on hinnatud ka Eesti liiklusohutuse olukorda võrdluses teiste riikidega. Euroopa Transpordiohutuse Nõukogu projekti aruandes on öeldud, et edusammude jätkumisel jõuab Eesti oma 2020. aasta eesmärgini ehk olukorrani, kus liiklusõnnetuste tulemusena ei hukku rohkem kui 40 inimest aastas. Eesti vähendas surmajuhtumeid 2017. aastal 32%, langedes 2016. aasta 71 surmast 48-ile. 2017. aastal hukkus Eesti maanteedel 36 inimest miljoni elaniku kohta, mis on oluliselt madalam Euroopa

Liidu maanteede suremuse keskmisest (50 hukkunut miljoni elaniku kohta). Tõsiste liiklusõnnetuste arv suurenes siiski 1% võrra, 2016. aastal 469-lt 2017. aastal 475-le. [13]

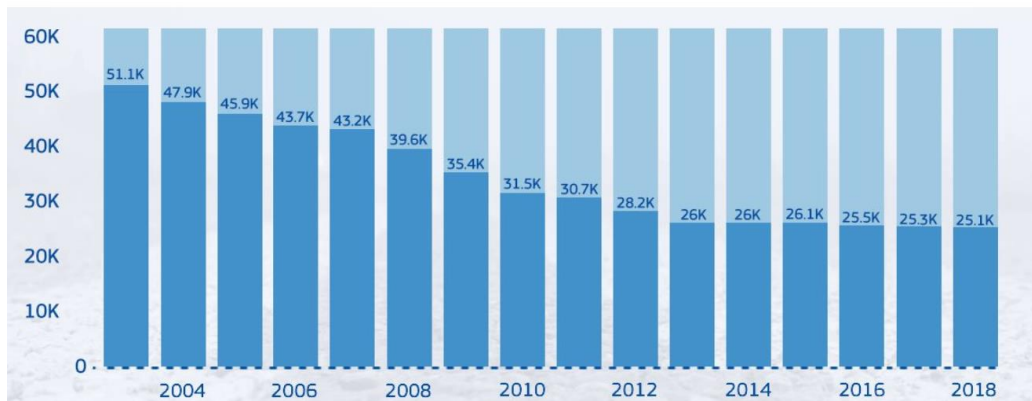


Joonis 1.2 Liiklusõnnetustes hukkunud inimeste arv riikide kaupa (miljonites)

Allikas:[14], Autori tõlgitud (2019)

Eeltoodud joonisel 1.2 on esitatud 2017. aasta andmed liiklusõnnetustes hukkunud inimeste kohta Euroopa Liidu riikides. Tasandades liiklusõnnetuste arvud miljoni inimese kohta, on võimalik tekitada riikide võrdlus ühtlasemal tasemel. Joonisel 1.2 on näha, et Eestis on 2017. aastal olnud 30-40 hukkunut miljoni elaniku kohta, mis on võrdluses Euroopa riikidega võrdlemisi hea näitaja. Eesti 2017. aasta liiklusõnnetustes hukkunute arv oli näiteks väiksem kui naaberriikides Soomes, Lätis ja Leedus [15]. Samas peab silmas pidama, et 2018. aastal suurenes Eestis liiklusõnnetustes hukkunute üldarv ehk kokku hukkus 67 inimest. Eesti Statistikaameti andmetel oli 2018. aastal Eesti rahvaarv 1 319 130 elanikku [16]. Kui tasandada liiklusõnnetustes hukkunud inimeste arv Eesti ametliku rahvaarvuga 2018. aasta kohta, siis tulemus peaks jääma joonisel olevasse kollasesse vahemikku ehk 41-60 hukkunut miljoni elaniku kohta.

Liiklusõnnetustes hukkunud EL-is 2003-2018



Joonis 1.3 Liiklusõnnetustes hukkunud Euroopa Liidus 2003-2018

Allikas: [17]

Euroopa Komisjoni liikuvuse ja transpordi peadirektoriaadi poolt on väljastatud andmestik Euroopa Liidu liikmesriikide liiklusõnnetustes hukkunud inimeste statistika kohta. Jooniselt 1.3 ilmneb, et kui 2003. aastal hukkus Euroopa teedel 51 100 inimest, siis 2018. aastal on vastav näitaja langenud poole võrra ehk 25 100-le.

Seoses liiklusõnnetuste statistikaga on oluline välja tuua ka liiklusõnnetuste sotsiaalmajandusliku kulu faktor. Nimelt maanteel toimunud liiklusõnnetused maksavad enamikule riikidele 1–3% nende sisemajanduse koguproduktist (SKP) [18]. Eestis oli SKP 2018. aastal Statistikaameti andmete järgi 26 miljardit eurot [19]. Tervisearengu Instituudi 2017. aasta andmetel põhineva analüüsis on esitatud transpordiga seotud õnnetuste kahjujuhtumid ja otsese ravikulud välise põhjuse korral. Transpordiga seotud õnnetuste ravikulud on hinnanguliselt 2,24 miljonit eurot. [20]

Liiklusõnnetuste kuluartiklite kategooriad on määratletud järgnevalt [59]:

1. Ravikulud, mis on eelkõige seotud ohvrite ravimise kuludega (sh haiglas viibimise, rehabilitatsiooni, ravimite ja kohanemise kulud);
2. Tootmiskaod, mis eelkõige tähendavad toodangu ja sissetuleku vähenemist, mis on põhjustatud vigastustest tulenevast ajutisest või püsivast puudest ning hukkunute puhul täieliku tootmise kaotuse tõttu;
3. Inimkahjud, mis on eelkõige seotud mittemateriaalsete kuludega (nt kannatused, valu, kurbus või elukvaliteedi vähenemisega seotud kulud);
4. Halduskulud, mis on eelkõige seotud politsei, pääste, kohtute ja kindlustusandjate halduskuludega;

5. Varaline kahju, mis on eelkõige seotud sõidukite, veoste, teede ja isikliku vara kahjustamisega.

Kuuenda kuluartikli kategooriana võib määratleda "muud kulud", mis puudutavad eelkõige liiklusõnnetustest põhjustatud ummikuid, sõidukite puudumist ja matusekulusid. Muud kulud on tavaliselt marginaalne osa liiklusõnnetuste kogumaksumusest. On öeldud, et suure sissetulekuga riikide puhul moodustavad viis põhikomponenti 98% õnnetuste kogukuludest. [59]

Täiendavalt on Eestis analüüsitud liiklusõnnetuste kogukahju elemente ning koostatud ka prognoos, mille järgi näiteks hukkunud inimesest tulenev liiklusõnnetuse kogukahju oli 2016. aastal perioodi hindade järgi ning riskiväärtust arvestades 2 052 542 eurot. Samas liiklusõnnetuses invaliidistunu kogukahju oli vastavalt 698 160 eurot ning vigastatu 26 782 eurot. Riskiväärtus tähendab vigastatu osalist või hukkunu täielikku ning lähedaste eluhüvede kaotust või vähenemist liiklusõnnetuse tulemusena. [22, 23]

1.4 Ülevaade Eesti ilmaandmetest 2014-2018

Järgmises alapeatükis antakse ülevaade Eesti ilmaandmete näitajatest, mis võivad mõjutada liiklusohutust.

Keskkonnaagentuur on Keskkonnaministeeriumi hallatav riigiasutus, mille tegevusvaldkonnaks on riikliku keskkonnaseire programmi täitmine, keskkonnavaldkonna riigisiseste ja rahvusvaheliste aruannete koostamine, keskkonnaseisundile hinnangute andmine, elutähtsate teenuste, sh ilmaprognoosi tagamine ning seirejaamade, -vahendite ja -seadmete pidamine ja uuendamine. [24] Keskkonnaagentuuri struktuuri kuulub Riigi Ilmateenistus [25]. Iga aasta koostab Keskkonnaagentuur „Eesti meteoroloogia aastaraamatu“, mis annab ülevaate Keskkonnaagentuuri meteoroloogilisest vaatlusvõrgust antud aastal, meteoroloogiliste mõõtmiste tulemustest, samuti kasutatud instrumentidest ja muudatustest mõõtmismetoodikas [26]. Nimetatud aastaraamatute põhjal koostab töö autor kokkuvõtte ilmastikust vahemikus 2014-2018. Tabel 1.1 „Ülevaade Eesti ilmastikust 2014-2018“ on autori koostatud, põhinedes Keskkonnaagentuuri aastaaruandes esitatud andmetel.

Tabel 1.1 Eesti ilmastiku näitajate ülevaade 2014-2018

	Keskmine õhu-temperatuur	Keskmine sajusumma	Keskmine arv päikese-paistelisi tunde	Kõige soojem kuu	Kõige külmem kuu	Kõige sajusem kuu	Kõige kuivem kuu
2014	7,1 °C	592 mm	2262 h	Juuli 19,6 °C	Jaauar -6,5 °C	August 125 mm	Aprill 17 mm
2015	7,6 °C	563 mm	2155,4 h	August 17,1 °C	Jaauar -0,8 °C	Juuli 81 mm	Oktoober 12 mm
2016	6,7 °C	696 mm	1828,7 h	Juuli 17,8 °C	Jaauar -7,7 °C	August 133 mm	Mai 16 mm
2017	6,5 °C	708 mm	1759 h	August 16,5 °C	Veebruar -2,5 °C	Oktoober 115 mm	Mai 15 mm
2018	7,1 °C	508 mm	2069,8 h	Juuli 19,9 °C	Veebruar -6,9 °C	September 84 mm	Mai 17 mm
Normaal näitaja	6,0 °C	672 mm	1765,8 h	Üldine näitaja puudub	Üldine näitaja puudub	Üldine näitaja puudub	Üldine näitaja puudub

Allikas: [26-30]. Tabel autori poolt koostatud (2019).

Kui võrrelda 2014.-2018. aasta Keskkonnaagentuuri aastaaruandeid, siis saab välja tuua sarnasusi aasta üldiste näitajate kohta. Huvitav on asjaolu, et viie aasta võrdluses on mitmeid kordi, kui on ületatud aastakümneid kestnud rekordid näiteks sajuse, sooja, kuiva ning päikselise ilma osas. Esiteks on kõik mainitud aastad olnud normist soojemad. Järjestikku on 2014. ja 2015. aasta kohta mainitud, et tegemist oli viimase poole sajandi kõige soojema aastaga. Aastad 2016-2018 olid normist soojemad. 2014. aasta suvekuude keskmiste andmete põhjal on öeldud, et tegemist oli tavaliselt soojema, kuid niiskema suvega. Samas olid 2014. aasta sügiskuu kõige kuivem alates 1961. aastast. Sama öeldakse 2015. aasta oktoobrikuu kohta. Kui 2015. aastal oli juulikuud aasta sajuseim kuu, siis 2017. aasta sügis on tervikuna olnud rekordiliselt sajune. 2016. ja 2018. aasta olid keskmisest päikesepaisetelisemad. Eriliste olukordadena on nimetatud 2016. aasta veebruaris Mandri-Eestis sadanud jäätuv vihm, mis muutis teed erakordselt libedaks. 2018. aasta kohta on Keskkonnaagentuuri aastaaruandes öeldud, et Eestis oli aasta tervikuna normist soojem ja päikesepaisetelisem. Sealjuures oli sademeid erakordselt vähe. Eesti keskmisena kestis kliimaatiline suvi 137 päeva (9. mai – 23. september 2018). Kliimaatiliseks suveks nimetatakse perioodi, mil ööpäeva keskmine õhutemperatuur on püsivalt üle +13 °C. Erilise faktorina saab välja tuua ka kuumalaine, mis kestis 8 päeva järjest ja tõi kaasa maksimumtemperatuurid üle 30 °C. Eraldi saab välja tuua ka 2018. aasta maikuu, mis oli 1961. aastast kõige soojem ning päikseliseim maikuu. [26-30]

Õhutemperatuuri kasv aasta palavaimatel kuudel sunnib inimest ja teda ümbritsevat keskkonda muutustega kohanema. Ka külmemate kuude äärmuslikult kõrged temperatuurid on ohtlikud erinevatele eluvaldkondadele. Viimaste aastakümnete jooksul on Eestis 30°C ja kõrgema õhutemperatuuriga kuumalainete korduvus tõusnud, seda eriti alates 1994. aastast. Palavad

perioodid on valdavalt juulis ja augustis. Eestis peetakse inimese tervisele eriti ohtlikuks ööpäeva maksimaalse õhutemperatuuri püsimist +30°C ja kõrgemal viie või enama ööpäeva vältel. Vihm koosneb tavaliselt mitmest erineva intensiivsusega osast. Soojal aastaajal sajab suurem osa vihmast sageli lühikese aja jooksul, vihma lõpposa on vähem intensiivne. Sademed liigitatakse nende agregaatoleku järgi vedelateks (vihm, hoogvihm, uduvihm, jäävihm), tahketeks (lumi, hooglumi, lume- ja jääkruubid, teraline lumi) ning segatüüpi (lumelõrts, hooglõrts). Kõikidel sademeliikidel eristatakse kolme erinevat saju intensiivsust: nõrka, keskmist ja tugevat. [32]

Riigi Ilmateenistus annab ilmaolude osas avalikkusele välja kolme astme hoiatusi. Esimese taseme hoiatus antakse, kui ilm võib olla ohtlik vaid teatud olukordades. Inimesed peavad arvestama asjaoluga, et nende igapäevane tegevus võib olla mõjutatud ilmast ning tuleb jälgida ilmaprognoosi. Teise taseme hoiatuse puhul on tegemist ohtliku ilmaga ning esineda võib normaalsest erinevaid ilmastikunähtusi. Inimesed peavad olema äärmiselt tähelepanelikud ning jälgima pidevalt edasist ilmaprognoosi. Tuleb arvestada ilmastikust tulenevate võimalike riskidega ning järgida vastutavate ametkondade poolt antud soovitusi. Kolmanda taseme puhul on tegemist eriti ohtliku ilmaga, kus suured kahjustused on tõenäolised, ilmaolud võivad pikaajalisel püsimisel viia loodusõnnetuseni. On oht inimese tervisele ja elule ning tuleb pidevalt jälgida edasisi arenguid. Vastutavate ametkondade käskusid ja soovitusi tuleb järgida ning valmistuda erakorralisteks meetmeteks. [33]

Tabel 1.2 Riigi Ilmateenistuse ilmakriteeriumid

Kriteerium	Tase 1	Tase 2	Tase 3
Tugev vihm	≥ 15 – 49 mm/12 h	50 mm ja enam/12 h	Ei ole kasutusel
Lumi/jää	Teede libedus: Lumesadu > 5 cm/6h (> 7 mm/6h 30% territooriumist); vihmasaju järel õhutemperatuuri kiire langus alla 0 °C; Jäävihm ≥ 3 mm/6h (30% territooriumist)	Tugev lumesadu või tuisk; Lumesadu 20 cm/12 h; (≥ 20 mm/12 h 30% territooriumist) Lumesadu 12 cm/12 h ja tuul puhanguti ≥ 15 m/s	Ei ole kasutusel
Madal temperatuur	Minimaalne õhutemperatuur - 30 °C ≥ 2 ja enama päeva jooksul (30% territooriumist)	Minimaalne õhutemperatuur - 30 °C ≥ 3 ja enama päeva jooksul (30% territooriumist)	Ei ole kasutusel
Kõrge temperatuur	Maksimaalne õhutemperatuur 30 °C ≥ 2 ja enama päeva jooksul (30% territooriumist)	Maksimaalne õhutemperatuur 30 °C ≥ 3 ja enama päeva jooksul (30% territooriumist)	Ei ole kasutusel
Tuulepuhangud	Puhangud ≥ 15 m/s sisemaal (30% territooriumil) Puhangud ≥ 20 m/s rannikul	Puhangud ≥ 25 m/s	Puhangud ≥ 33 m/s

Allikas: [26-30]. Tabel autori poolt koostatud (2019).

1.5 Ülevaade varasemalt teostatud uurimustest

Järgmises alapeatükis kirjeldatakse liiklusõnnetustega seotud ilmaolusid ning antakse ülevaade varasemalt teostatud teemakohastest uurimustest.

Toimunud liiklusõnnetuste arv aastas varieerub juhuslikkuse, liikuvuse ja liiklusohutusmeetmete muutuste ning ilmastikutingimuste tõttu. Liiklusõnnetustes hukkunud ja vigastada saanud inimeste arvu varieerumise mõistmiseks ja arusaama rakendamiseks liiklusohutuse ennetusmeetmetes on vajalik aru saada, kuidas iga individuaalne tegur on seotud liiklusõnnetuste ja neis kannatada saanud inimeste arvu muutumisega. Äärmuslikes ilmastikutingimustes toimuvate muutuste mõju peetakse liiklusohutuse taseme muutumise põhjuseks. Ilmastiku mõju mõistmine liiklusõnnetuste arvu kõikumistele on vajalik, kui eesmärgiks on usaldusväärselt hinnata ohutusmeetmete mõju. Lisaks on võimalik välja töötada või tõhustada ohutuspoliitikat, et vältida ilmastikutingimuste kahjulikku mõju liiklusohutusele. [34]

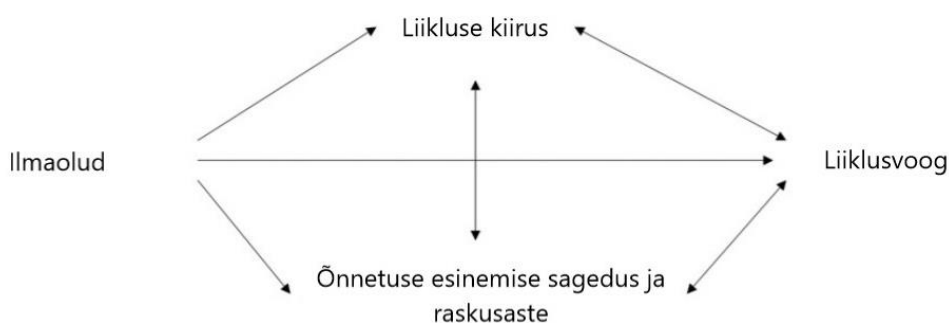
Arvatakse, et ilmastikutingimused mõjutavad erinevaid aspekte, mis võivad mõjutada liiklusohutust mitmel erineval viisil, ja on kokkuvõtlikult jagatud järgnevalt [34]:

1. otsus kas reisida või mitte;
2. transpordiliigi valik;
3. tee ja teiste liiklejate nähtavus (näiteks päikesevalguse peegeldamine märgadel teepindadel);
4. sõiduki kokkupuude ja haarduvus teega (võime pidurdada ja juhtida sõidukit);
5. autojuhi liikluskäitumise muutused, näiteks ettevaatlikum sõitmine.

Inimtegevusest tekitatud kasvuhoonegaaside heitkogused muudavad kliimat ja kliimamuutuse mõjud meteoroloogilistele tingimustele võivad omakorda mõjutada transpordisüsteemide toimimist ja transpordi infrastruktuuri elujõulisust [35]. Infrastruktuuri planeerimisel, kavandamisel ja haldamisel tuleb arvesse võtta kliimamuutusi ja nendega kohanemist. Varasemate liiklusõnnetuste analüüsi kaudu võib tekkida teadmine kohanemise ja toimetulekuvõime parandamiseks. [36]

Ilmastikutingimused mõjutavad kokkupõrke kiirust ja liiklusest põhjustatud ohtude mõju suurust. See mõju on kõige tugevam sademete (sealhulgas lume ja rahe), udu, madala päikese, tuule, jää moodustumise ja kuuma temperatuuri tingimustes. [37]

Sademed, pilvisus ja tuule kiirus vähendavad liikluse intensiivsust ning kõrged temperatuurid ja rahe suurendavad oluliselt liikluse intensiivsust. Belgias tehtud uuringus käsitletud liikluse intensiivsuse, ilmastikutingimuste ja liiklusohutuse seosed toetavad mõtet arendada riigi üldise ohutusstrateegia kõrval asukohapõhist liiklusohutuspoliitikat. [38] Uuringu põhjal ning seotud teoreetiliste materjalide põhjal koostati allolev joonis.



Joonis 1.4 Ilmaolude, liiklusesageduse, liikumiskiiruse ja liiklusohutuse seosed

Allikas: [38], Autori poolt tõlgitud (2019)

Joonisel 1.4 on kujutatud ilmaolude, liiklusesageduse, liikumiskiiruse ja liiklusohutuse seost. Näiteks kui sajab tugevat vihma, võivad autojuhid vähendada sõidukiirust. Võimalik on ka autode vähenemine, mis tuleneb reiside tühistamisest või edasi lükkamisest. Liiklusesageduse ja liikumiskiiruse vähenemine võib omakorda vähendada liiklusõnnetuste arvu, kuid samas võivad libedad teed suurendada liiklusõnnetuste sagedust. See kirjeldus näitab, et liiklusõnnetused ja liiklusesagedus on käitumuslike, keskkonnaalaste ja tehnoloogiliste tegurite vastastikuse mõju tagajärg. Nende tegurite muutmine võib ennetada liiklusõnnetuse toimumist. [38]

Ilmaolude ning liiklusõnnetuste seose kohta on tehtud mitmeid uuringuid Euroopas ja mujal maailmas. Käesolevas magistritöös on kasutatud uuringute teooriat ja meetodikat, mis on kirjeldanud järgmiste riikide olustikku – Suurbritannia, Saksamaa, Soome, Belgia, Prantsusmaa, Holland, Ameerika Ühendriigid ja Hiina. Hiinas teostatud uuringus kasutati geograafilise infosüsteemi, kus integreeriti ilmaolude liiklusõnnetuste andmetega ning koostati mudel, et määrata kindlaks seos kokkupõrke raskuse ja võimalike riskitegurite vahel [39]. Soomes tehtud teadustöös uuriti õnnetusse sattumise riski [1]. Suurbritannias teostati ilmaolude ja liiklusõnnetuste seoste uuring. Uuringus kasutati regARIMA modelleerimist, et testida, millistel kuudel on temperatuuri mõju hukkunud või tõsiselt vigastatud liiklejate arvule, kusjuures mõju hinnatakse ka iga kuu kohta [40]. Olgugi, et eeltoodud riikide näiteid võib osaliselt üldistada ka Eesti ilmaoludele ning liiklusohutusele, on samas oluline jälgida, millised on ilmastiku, liiklejatüüpide osakaalu ning

liikluskeskkonna sarnasused ja erinevused ja seda arvestada antud lõputöö empiirilises osas esitatud tulemuste tõlgendamisel. Järgnevalt kirjeldatakse peamiselt sademete, õhutemperatuuride ja teeseisundite seoseid liiklusõnnetuste toimumisega.

Sademeid peetakse ilmastikutingimuseks, mis põhjustab kõige rohkem ilmastikuga seotud liiklusõnnetusi [41, 61, 62]. Vihm põhjustab õnnetusi mitme liikluskeskkonda halvendava füüsilise mõju tõttu, näiteks hõõrdumise vähenemine rehvi ja tee vahel, nähtavuse vähenemine auto esiklaasil ja teistelt sõidukitelt möödudes ülespaiskuv vesi. Eeltoodud negatiivsete tegurite kombinatsioon [63] ja sellest tulenev kognitiivse suutlikkuse koormus [64] põhjustab liiklusõnnetuste arvu suurenemist. Sõidukite täiustatud konstruktsioon ja juhtide väljaõpe on viimastel aastakümnetel vähendanud ilmastikutingimustega seotud õnnetuste arvu arenenud maailmas, kuid kasvav linnastumine ja äärmuslike ilmastikutingimuste prognoositud suurenemine muudab olulisemaks vihmaga seotud õnnetuste analüüsi [41, 65].

Uuringud näitavad, et autojuhid muudavad saju ajal oma liikluskäitumist. Juhid teevad vähem möödasõite, sõidavad aeglasemalt ja suurendavad kaugust ees olevate sõidukitega [66, 67]. Samas on vihma ajal siiski kokkupõrke oht suurem kui kuiva ilmaga. Mida rohkem vihma, lund või rahet sajab, seda väiksem on teepinna haardetegur. Tee pinnal olev veekiht võib põhjustada sõiduki kokkupuute kadumist teepinnaga ja libisemisohtu. Vesiliu esinemine sõltub tee libisemiskindlusest, sõiduki kiirusest ja rehvi mustri sügavusest. Nähtavus võib väheneda vihma või lume ajal umbes 50 meetrini. Mööduvatelt sõidukitelt ja veoautodelt ülespaiskuv vesi võib vähendada nähtavust teiste sõidukijuhtide jaoks. Kõrge õhuniiskuse tõttu võivad esiklaas ja küljepeeglid hägustuda ning samuti vähendada nähtavust. Lisaks võib öösel esineda pimestamist, sest vastassuunas olevate sõidukite esilaternad peegelduvad veepinnal. [37]

USA-s Wisconsinis tehti uuring maanteedel, mille tulemused näitasid, et suurem sademete intensiivsus 15 minutit enne liiklusõnnetust suurendas tõsisemate liiklusõnnetuste tõenäosust. Hiinas tehtud uuringus leiti, et kergliiklejate poolt tee ületamine selleks mitte ettenähtud kohas ja riskantse sõidukäitumise mõju olulisus kokkupõrke raskusastmele oli suurem vihmaga. Sademete sageduse ja saju intensiivsuse suurenemist seostatakse halva nähtavuse ja kõnniteede väikse hõõrdumisega ning sellest tulenevalt ka suurema õnnetuse riskiga. [39]

Soomes tehtud uuringu põhjal järeldati, et õnnetusse sattumise risk suurenes halbades ilmastikutingimustes, kuid suurim oli õnnetusse sattumise risk jäise vihma ja libeda ning väga libeda tee tingimustes. Suhtelised õnnetusse sattumise riskid oli ühe sõiduki õnnetuste puhul üldiselt suuremad kui mitme sõiduki õnnetused. Õnnetusse sattumise risk oli lumiste või jääste teepindade puhul üle nelja korra suurem kui kuival teel. Lumeseguse teepinna puhul oli surmaga lõppenud

õnnetuste risk viiekordne. Soomes läbiviidud analüüsi lihtsustamiseks kombineeriti ohtlikud ilmastikutingimused viide kategooriasse: libedad teepinnad, väga libedad teepinnad, halb nähtavus, jääne vihm ja lumesegune tee. Teede ilmastikutingimuste korral olid libedad teeolud kõige kõrgemad (7%). Muudel ilmastiku kategooriatel oli tõenäosus alla 1%. Kõigil teedel toimunud ilmastikutingimustel oli suhteline õnnetuse risk rohkem kui 50%. Lumesegustel teedel oli neli korda suurem õnnetusse sattumise risk ning libedatel ja väga libedatel teedel rohkem kui kaks korda suurem õnnetusse sattumise risk. Uuringus jõuti järeldusele, et sademed esinesid 5–20% (olenevalt kuust) liiklusõnnetuste puhul. Samuti on hinnatud, et erinevate talviste teeolude õnnetusse sattumise risk suureneb vastavalt sellele, kui haruldane on olukord. [1]

Temperatuuride osas on leitud, et suvine temperatuur järjest tõuseb ja kuumuse äärmuslikkus muutub sagedasemaks ja kestab kauem. Talvised temperatuurid muutuvad pehmemaks, kuid temperatuuri amplituudid võivad suurened ja nihked nulli ja külmumispunkti vahel esinevad sagedamini. Muutuvas kliimas võivad meteoroloogilised ja kliimaparameetrid muutuda ootamatult ja raskendada prognoositavaid tagajärgi transpordile. [35]

Kõrgetel õhutemperatuuridel on juhile psühholoogiline ning füsioloogiline mõju. Saksa uuringu kohaselt mõjutab kõrgem temperatuur inimesi emotsionaalselt ehk inimesed on ärritunud, väsinud, nende keskendumisvõime väheneb ja reaktsiooniaeg suureneb. Prantsuse teadlased leidsid, et kuumalainete ajal on suurenenud liiklusõnnetuste arv. Nende selgitus oli, et inimesed kasutavad kuumusest tulevalt sõitmiseks teisi kellaaegasid ja magavad lühemalt või kerget und. Seetõttu on nad rooli taga väsinumad. [37] Hiinas teostatud uuringus olid juhi tähelepanematus ja hoolimatu ületamise tagajärjed raskemad kõrgemate õhutemperatuuride korral [39].

Suurbritannias teostati ilmaolude ja liiklusõnnetuste seoste uuring, milles RegARIMA mudeldamise kasutamiseks jaotati andmestik kuudeks. Võrreldi keskmist temperatuuri ja hukkunute arvu. Uuriti, et kui temperatuur on 1°C alla keskmise, siis palju on vastavalt selles kuus hukkunutega liiklusõnnetusi. Samuti testiti mõju teistele sõitjatele (bussisõitjad, kaubaveokid jt), kuid leiti väga vähe statistiliselt olulisi mõjusid nii temperatuuri kui sademete kohta. Leiti, et kõrgemad temperatuurid võivad suurendada kergliiklejate arvu teedel (eriti suvekuudel), mis suurendab nende õnnetusse sattumise tõenäosust. [40]

Samuti on uuritud sademete ja temperatuuri koosmõju. RegARIMA mudeli kasutamisest on koostatud artikkel, mis on ilmunud Suurbritannias tehtud uuringu põhjal. Uuringus eristati hukkunud või tõsiselt vigastatud kergliiklejaid (KSIVU - *killed or seriously injured vulnerable road users*). Ilmastikutingimuste ning hukkunud või tõsiselt vigastatud kergliiklejate suhte mõistmiseks kasutati graafilist analüüsi, erinevate ilmastikutingimuste päevade arvu keskmisi ja RegARIMA

modelleerimist. Leiti, et temperatuuri ja KSIVU hooajalisus on sarnased, kuid temperatuur ei suuda selgitada kõiki hooajalisi kõikumisi. Keskmiste näitajate analüüs näitas, et sajastel päevadel on KSIVU-d vähem kui kuivadel päevadel ja külmematel päevadel on vähem KSIVU-d, samas kõige soojematel päevadel on rohkem. Aegriidade mudel toetab keskmiste näitajate analüüsi ja toob välja, et iga millimeetri kohta keskmisest rohkem vihma tähendab 0,75 vähem hukkunud või tõsiselt vigastatud kergliiklejaid ja iga keskmisest soojema kraadi kohta on 0,96 rohkem hukkunud või tõsiselt vigastatud kergliiklejaid. Uuringus võrreldi keskmist õnnetuste arvu päevade kaupa, mida võrreldi näiteks keskmiselt õnnetuste arvga niisketel päevadel võrreldes kuiva päevaga. Vihma puhul määrati märjad päevad, kus sademete hulk oli 1 mm või suurem. Kõikidel kuudel (v.a jaanuaris ja detsembris) on KSIVU keskmised arvud kuivadel päevadel madalamad kui märgadel. Temperatuuri puhul arvutati iga kuu päeva temperatuuri keskmine ja soojad päevad määrati päevadeks, mille keskmine temperatuur oli keskmisest kõrgem ja külmadeks määrati päevad, mille keskmine temperatuur oli alla keskmise. Kõikidel kuudel on KSIVU soojadel päevadel suurem kui külmadel päevadel ja erinevused on olulised 5% tasemel alates novembrist kuni juulini. Analüüs näitas, et ilmastikutingimuste ja kergliiklejate seotud liiklusõnnetuste vahel võib olla seos, kuid olulisuse testide tulemused on kehtetuks tunnistatud, sest vaatlused ei ole sõltumatud, identsed, normaaljaotusega. [43, 60]

Hiinas teostatud uuringu tulemused näitasid, et kõrge temperatuuri ja vihma korral on suurem tõenäosus, et kergliikleja saab surma või tõsiselt vigastada. Samuti leiti, et kuumuse ja vihma koosmõju jalakäijate kokkupõrke raskusastme ning jalakäijate ja juhi käitumisele on märkimisväärne. Mitmes uuringus on leitud, et jalakäijaga seotud liiklusõnnetuse tõenäosus on soodsates ilmastikutingimustes 77% madalam jalgratturite omast. Üldiselt saab öelda, et sõidukite kokkupõrke analüüsis on tüüpilised ilmastikutingimused olnud õhutemperatuur, niiskus, nähtavus, tuulekiirus ja sademete hulk. [39]

Liiklusohutust ning liiklusõnnetuste seost ilmaoludega on kajastatud mitmes lõputöös. Käesoleva magistr töö kontekstis on esitatud kaks neist – üks magistriõppe tasemel ning teine bakalaureuse tasemel. Eelmainitud lõputööd ei ole lisatud käesolevasse lõputöösse kui materjalid, millel põhineb uurimus, vaid eesmärgiks on välja tuua, mida Eestis ilmaolude ja liiklusõnnetustega seoses on uuritud.

2017. aastal kirjutas Lauri Vigla Tallinna Tehnikaülikoolis magistr töö teemal „Libeduse mõju riigiteede liiklusohutusele“. Nimetatud lõputöös uuriti inimkahjudega liiklusõnnetuste toimumise seost ilmastikust tuleneva libedusega. Vaadeldi vaid riigiteedel juhtunud inimkahjudega liiklusõnnetusi. Töö eesmärgiks oli välja selgitada, kuidas libedus mõjutab liiklusohutust. Samuti

sooviti leida lõputöö analüüsi tulemusena, kas teatud konkreetsed perioodid on suurema riskiga ning kas talvised hooldustsüklite ajad tagavad ohutu liiklemise. Lõputöö analüüsis selgus, et 15% kõigist inimkahjudega liiklusõnnetustest aastatel 2010 – 2016 on põhjustatud libedast teekattest. Uurides õnnetusele lähima teeilmajaamade andmeid, selgus et suurim risk sattuda liiklusõnnetusse 3 – 5 tundi peale libeduse teket. [44]

Konkreetne lõputöö erineb käesolevast lõputööst selle poolest, et keskendub ilmastikuoludega seotud nähtustest kitsendusest libedusele. Lisaks erineb lõputöö analüüsi aluseks olevate inimkahjudega liiklusõnnetuste periood. Nimelt analüüsitavad andmed olid 2010.-2016. aasta inimkahjudega liiklusõnnetused. Käesoleva lõputöö analüüsitavaks perioodiks on 2014.-2018. aasta.

2015. aastal on Tallinna Ülikooli Haapsalu kolledžis Kati Kuldmaa poolt kirjutatud bakalaureuse lõputöö teemal „Liiklusõnnetuste seos ebasoodsate ilmastikutingimustega Tallinn-Pärnu-Ikla maanteel 2004-2013“. Konkreetses lõputöös seati eesmärgiks analüüsida, milline seos on liiklusõnnetuste toimumisel ilmastikutingimustega nagu näiteks udu, sademed (sh lumi) ja libedus. Lisaks võeti arvesse pimedat aega. Analüüsi aluseks olevad andmed olid maantee ilmajaamade ilmaandmed ning Politsei- ja Piirivalveameti liiklusõnnetuste andmed. Analüüsi tulemusena leiti, et 21% kõigist liiklusõnnetustest toimus udu või udu ja sademete koosesinemisel. Lisaks leiti, et 25% kõigist liiklusõnnetustest toimus sademete esinemisel – 59% õnnetuste puhul oli sademeks lumi, 40% õnnetuste puhul oli sademeks vihm ja 1% puhul lörts. Sademete ja udu korral on seos liiklusõnnetustega keskmise tugevusega (vastavalt $p=0,58$ ning $p=0,52$). Kõige enam toimus analüüsi põhjal liiklusõnnetusi kui teepinna temperatuur oli -1°C kuni $+1^{\circ}\text{C}$. [45]

2015. aastal Kati Kuldmaa poolt kirjutatud lõputöö ja käesoleva lõputöö osas võib leida mitmeid sarnasusi, kuid ka erinevusi. Peamiseks sarnasuseks on see, et eesmärgiks on võetud analüüsida liiklusõnnetuste seost ilmaoludega. Erinevuseks on nii uurimise analüüsiks olev periood ning asjaolu, et käesolev lõputöö ei sea piiranguid liiklusõnnetuse toimumispaigale ning keskendub liiklusõnnetustele, kus on kindlaks tehtud ka inimkahjud.

Eelnenud teoreetilise teemakäsitlemise peatükis anti lõputöö metoodika ja empiirilise osa koostamise aluseks oleva teoreetilise tausta ülevaade. Eeltoodud teooriasast võib järeldada, et üheks transpordi valdkonna oluliseks eesmärgiks, kuid ka lahendatavaks probleemiks on liiklusõnnetustes vigastatud ja hukkunud inimeste arvu vähendamine. Selleks, et vähendada ilmaoludega liiklusõnnetusi, on oluline mõista, kuidas ja kui palju avaldavad ilmaolud mõju liiklusõnnetuste toimumisele ning kuidas suureneb sellest tulenevalt inimkahjude tõenäosus.

Teoreetilised allikad viitavad, et ilmastikutingimused mõjutavad kokkupõrke kiirust ja liiklusest põhjustatud ohtude mõju suurust. See mõju on kõige tugevam sademete (sealhulgas lume ja rahe), udu, madala päikese, tuule, jää moodustumise ja kuuma temperatuuri tingimustes [37]. Sademeid peetakse ilmastikutingimuseks, mis põhjustab kõige rohkem ilmastikuga seotud liiklusõnnetusi [41]. Uuringud näitavad, et autojuhid muudavad saju ajal oma liikluskäitumist. Nad teevad vähem möödasõite, sõidavad aeglasemalt ja suurendavad kaugust ees olevate sõidukitega. [37]

Kõrgetel õhutemperatuuridel on juhile psühholoogiline ning füsioloogiline mõju. Ühe Saksamaal läbiviidud uuringu kohaselt mõjutab kõrgem temperatuur inimesi emotsionaalselt ehk inimesed on ärritunud, väsinud, nende keskendumisvõime väheneb ja reaktsiooniaeg suureneb. Soomes tehtud teadustöös uuriti õnnetusse sattumise riski. Õnnetusse sattumise risk suurenes halbades ilmastikutingimustes, kuid suurim oli õnnetusse sattumise risk jäise vihma ja libeda ning väga libeda ilma tingimustes. Lisaks olid vastavad suhtelised õnnetusse sattumise riskid ühe sõiduki õnnetuste puhul üldiselt suuremad kui mitme sõiduki õnnetused. [37]

Liiklusõnnetuste tehnilise poole uurimine võib anda kasulikku tagasisidet kogemuste näol, mis on olulised maanteetranspordi turvalisuse parandamiseks tulevikus [4]. Usaldusväärsed andmed liiklusõnnetuste kohta on tõhusa liiklusohutuse seisukohalt olulised. Probleemi ei saa lahendada ilma tõestatud faktideta probleemi ulatuse, kokkupõrke ohu ja poliitike tõhususe kohta. [46]

Töö eesmärgiks on kindlaks teha, kas ja kuidas mõjutavad ilmaolud mõjutavad, neis hukkunute ja vigastatute arvu ning leida statistiliselt mõju tugevus 2014-2018 aastatel toimunud liiklusõnnetuste analüüsi tulemusena. Uuringu tulemusel saab näiteks öelda, palju liiklusõnnetusi ning toovad kaasa keskmisest soojemad, külmemad ja vihmased ilmad ning kuidas mõjutavad need hukkamise ja vigastuse riski.

Tööga seotud uurimisküsimused on seega järgnevad:

- Kas on olemas statistiline seos liiklusõnnetuste toimumise, neis hukkunute ja vigastatute arvu ning ilmaolude vahel?
- Kuidas mõjutavad ilmaolud liiklusõnnetuste toimumist ning nendes hukkamise ja vigastuse riski?
- Millised ilmaolud toovad kaasa suurema riski liiklusõnnetuste toimumisel?

Lõputöö eesmärgist lähtudes seatakse järgmised hüpoteesid:

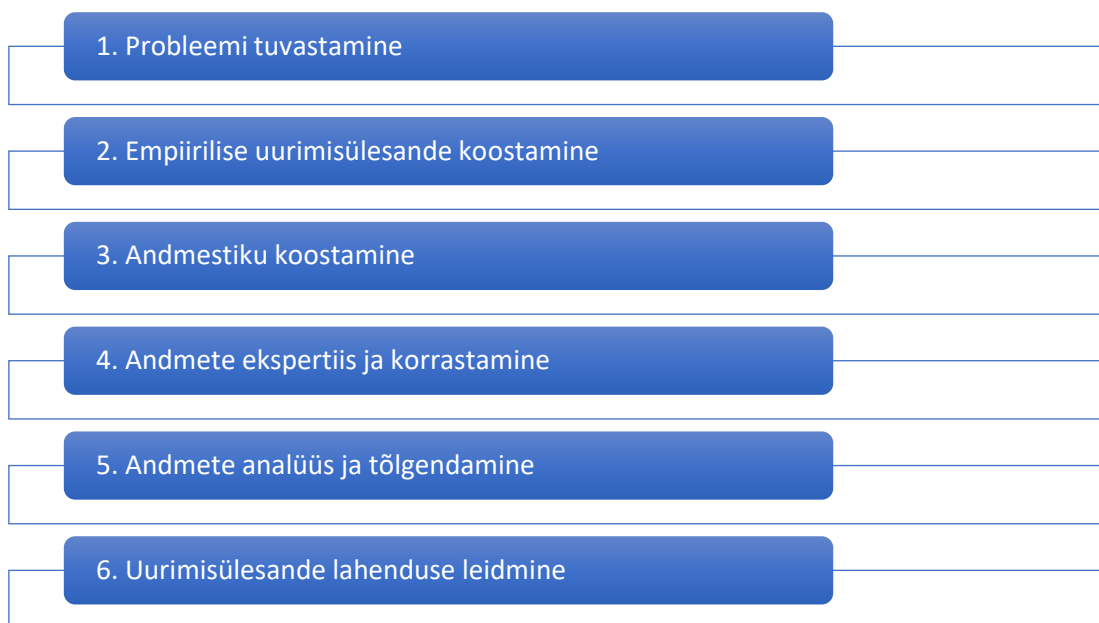
- Keerulistest ilmaoludest tulenevalt suureneb liiklusõnnetuste toimumise tõenäosus.
- Keerulistest ilmaoludest tulenevalt suureneb liiklusõnnetuses hukkamise või vigastuse risk.

2. METOODIKA

Töö teises peatükis kirjeldatakse, milliseid meetodeid kasutatakse käesoleva magistritöö analüüsi koostamiseks. Hinnatakse valitud metoodika piiranguid ja välistusi ning täpsustatakse konkreetseid uurimisobjekte. Nii metoodika kui uurimisobjektide valiku asjakohasust hinnatakse ning lisatakse põhjendused, miks need on konkreetse uurimuse teostamiseks sobivad. Kirjeldatakse andmete kogumise ja töötamise viise, vastavaid andmebaase ning pakutakse informatsiooni selle kohta, kuidas saadi lõputöö empiirilise osa tulemused.

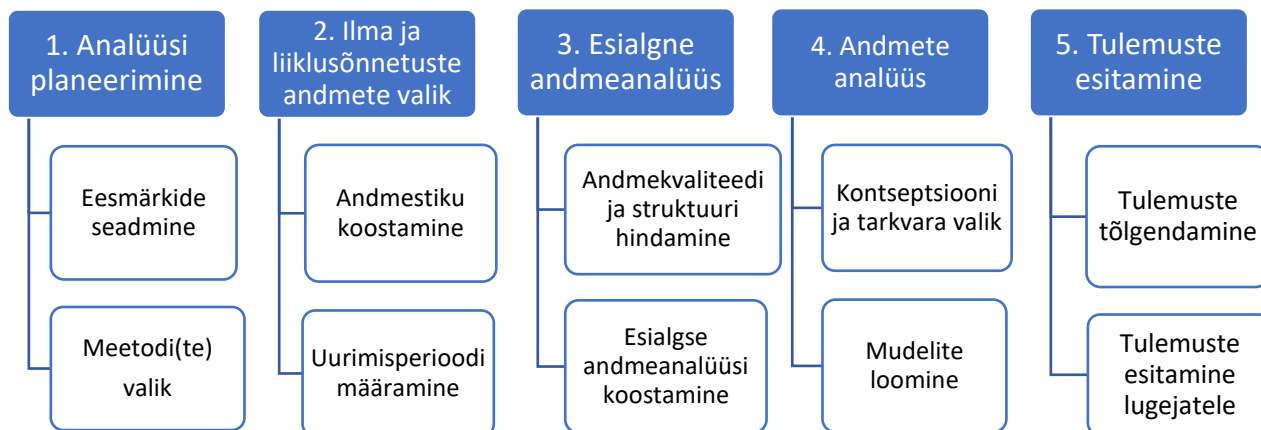
2.1 Metoodika valiku põhimõtted

Analüüsi läbiviimise võib üldiselt jaotada kuueetapiliseks protsessiks. Joonisel 2.1 on esitatud üldine sõnastus analüüsi etappide kohta, mis on vajalikud uurimuse aluseks oleva probleemi sõnastamisest selle lahendamiseni.



Joonis 2.1 Analüüsi läbiviimise etapid
Allikas: [47], Autori poolt koostatud ning täiendatud (2019)

Käesoleva lõputöö metoodika aluseks oleva analüüsi etapid on kokkuvõtvalt esitatud alloleval joonisel 2.2. Samuti on kasutatud joonise koostamiseks teoreetilisi alusmaterjale [42]. Alloleval joonise eesmärgiks on kujutada liiklusõnnetuste ja ilmaolude analüüsi olulisi etappe, mis kulmineeruvad tulemuste esituse ja tõlgendamisega.



Joonis 2.2 Ilmaolude ja liiklusõnnetuste seoste uurimise metoodika
Allikas:[42], Autori poolt tõlgitud ning täiendatud (2019)

Analüüsi planeerimise etapis seatakse uuringuga seotud eesmärgid, millest tulenevalt valitakse vastavad meetodid. Antud lõputöö eesmärgiks on kindlaks teha, kas ilmaolud mõjutavad liiklusõnnetuste, neis hukkunute ja vigastatute arvu ning statistiliselt leida selle mõju tugevus. Uuringu tulemusel saab näiteks öelda, palju liiklusõnnetusi toovad kaasa keskmisest soojemad, külmemad ja vihasemad ilmad ning kuidas need mõjutavad hukkumise ja vigastuse riski. Sellest tulenevalt on analüüsi meetodiks statistiline andmeanalüüs, millega leitakse seosed liiklusõnnetuste ning ilmaolude vahel. Tegemist on suuremahulise andmeanalüüsiga, mis hõlmab mitmeid andmebaase ja meetodeid.

Töö järgmises etapis täpsustatakse andmestiku maht ning uurimisperiood. Antud lõputöö kontekstis otsustati uurimisperioodiks valida periood ehk aastad 2014-2018. Tegemist on 5-aastase perioodiga, kuhu sisse jääb ka 2018. aasta erakordselt soe suvi (juuni-august), mis tõi Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogu andmetel kaasa 497 liiklusõnnetust, milles hukkus 28 ja sai vigastada 618 inimest. Võrdlusena võib tuua, et 2016. aastal toimus samal perioodil 444 liiklusõnnetust, milles hukkus 15 ja vigastada sai 547 ning aasta hiljem ehk 2017. aastal toimus samal perioodil 437 õnnetust, milles hukkus 14 ja vigastada sai 533 inimest. Liiklusõnnetuste andmestikuks valiti seega kõik liiklusõnnetused, milles 2014-2018 perioodil on inimesed saanud vigastada või surma. Vigastuse raskusastet antud töö käigus ei täpsustatud. Oluline oli valida

periood, mida on võimalik konkreetse magistritöö eeldatavat mahtu arvestades mõistlikult analüüsida. Samuti oli oluline, et analüüsitava ajaperiood oleks võimalikult ühetaoline ehk ei oleks suurt erisust näiteks kasutatava mootorsõidukite seisukorras, liiklemise sageduste, liiklemistüüpide või liiklejate liikluskäitumise ning liikluses oluliste väärtushinnangute suhtes.

Esiolgu andmeanalüüsi faasis hinnatakse andmete kvaliteeti ning struktuuri. Andmete kvaliteedi osas on võimalik lähtuda asjaolust, et tegemist on andmebaaside ja andmetega, mida haldavad pädevad ametiasutused ning ettevõtted. Andmete struktuuri osas on vajalik kontrollida, kas erinevates andmebaasides olevad andmed on ühildatavad. Kui esineb erinevusi, siis on vajalik andmed muuta võrreldavateks ehk andmed korrastada. Esiolgu andmeanalüüsi käigus selgitatakse välja, milliseid andmeid on võimalik kasutada ning millised võiksid olla andmete esitamise võimalused.

Esiolgu andmeanalüüsi koostamise faasis analüüsitakse eelkõige Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed 2014.-2018. aasta kohta. Samuti jagatakse liiklusõnnetuste andmekogu andmed liiklejate rollide kaupa gruppidesse. Käesoleva lõputöö analüüsi teostamiseks jaotatakse liiklejad järgmiselt: autojuhid, kaasreisijad, jalakäijad, jalgratturid, mootorratturid, veoautojuhid ning bussijuhid. Samuti koostatakse esiolgu analüüs Politsei- ja Piirivalveameti poolt liiklusõnnetuste andmekogusse märgitud teeseisundi ja muude ilmaolude kohta ning jagatakse liiklusõnnetused asukohtade kaupa gruppidesse.

Andmete korrastamine on andmeanalüüsis võtmetähtsusega protsess. Andmete korrastamine koosneb andmete kontrollimisest, täiendamisest ning analüüsieelsest korrastamisest. Andmete kontrollimisel tuleb kindlaks teha, kas andmetes esineb ebakorrektsusi ja kas kõik andmed on olemas. Puuduvat teavet on võimalik asendada ka keskmise väärtusega mingi konkreetse näitaja kohta. [48]

Teine etapp on andmete täiendamine, mis tähendab selle töö kontekstis Riigi Ilmateenistusest täiendavate ilmaandmete päringu esitamist. Ilmaandmed kahest erinevast andmebaasist annavad võrdlusmomendi ning võimaldavad andmete korrektsust täiendavalt kontrollida. Andmete lõplik korrastamine on keeruline ning ajamahukas protsess, mis eelneb konkreetsele andmeanalüüsile. Andmetabelid peavad olema loetavas formaadis ning arusaadavalt grupeeritud.

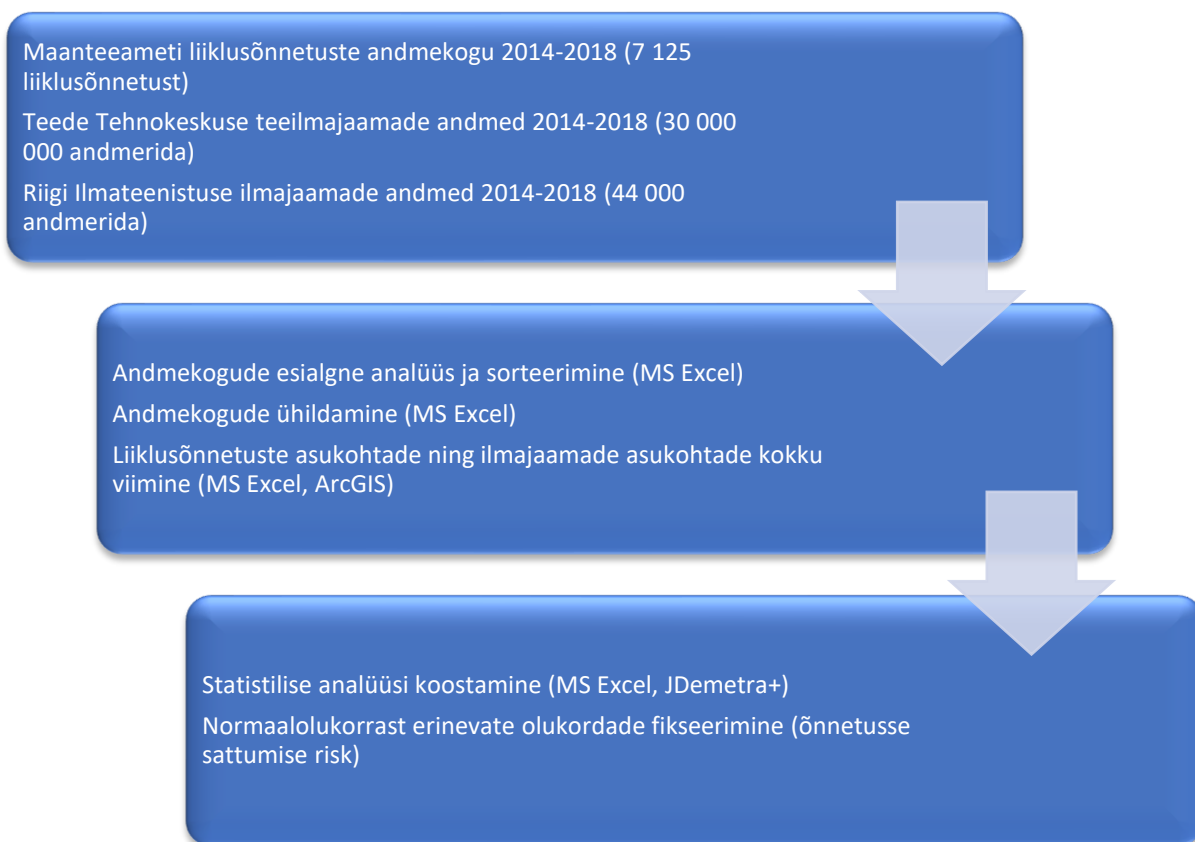
Analüüsi järgmises etapis viiakse liiklusõnnetuse toimumise asukoht kokku lähima teeilmajaama asukohaga, et kindlaks teha, millised olid juhtumi toimumisele hetkele ajaliselt kõige täpsemad teeilmajaama poolt mõõdetud ilmaandmed. Seoses asjaoluga, et liiklusõnnetuste ja teeilmajaamade asukohad on erinevates koordinaatsüsteemides, on vajalik koordinaatide ühtlustamine ehk teisendamine samasse süsteemi. Lisaks andmete üldisele analüüsile plaanitakse

tulemused esitada ka asulas ning asulast väljas toimunud liiklusõnnetuste kohta. On eeldus, et asulas on kehtestatud kiiruspiirangud, mis võimaldavad erinevates ilmaoludes paremini reageerida.

Mudelite loomine hõlmab analüütilisi tegevusi nii Microsoft Exceli kui ka JDemetra+ programmis. Selle etapi eesmärgiks on fikseerida liiklusõnnetuste toimumise ajal teeilmajaamade poolt mõõdetud ilmanäitajad ning koostada näitajatest kokkuvõtlik andmestik. Ilmaandmete analüüsimine on tõenäoliselt üks mahukamaid metoodilise protsessi etappe. Andmehulgad on suured ning vajavad korrastamist enne reaalse andmetöötluse teostamist. Näitajate adekvaatsuse ja usaldusväärsuse hindamiseks kasutatakse andmete statistilist analüüsi, mille käigus on võimalik tuvastada näitajate omavahelised seosed. Lisaks leitakse iga ilmaolule iseloomulik riskinäitaja vastavalt igas kuus esinenud ilmaolule ning reaalset liiklusõnnetuse puhul fikseeritud ilmaolule.

Kitsendusena võib öelda, et konkreetse lõputöö analüüsi käigus ei keskenduta ekstreemsetele ilmaoludele, vaid antud töö käigus on peamiseks eesmärgiks leida, kui palju mõjutab keskmisest näitajatest erinevad ilmaolud liiklusõnnetuste toimumist ning nendega seostuvat inimkahjude suurust. Oluline on leida ka need hetked, mil temperatuur muutub, et aru saada, kuidas see mõjutab liiklusõnnetuste toimumist.

Tulemuste esitamise etapp on eelkõige kirjeldatud käesoleva töö empiirilise osa peatükis.



Joonis 2.3 Lõputöö metoodika etapid ja analüüsiga seotud andmekogud. Autori poolt koostatud (2019)

Antud töö osas on võimalik tuvastada järgmised kitsendused. Hollandis 2009. aastal avaldatud uuringus selgub huvitav asjaolu seoses liiklusõnnetuse toimumise kellaaegadega. Nimelt valdava osa liiklusõnnetuste toimumise kellaaajaks märgitakse täistund, pooltund, veerand või kolmveerand [34]. Kellaaegade kirjapaneku osas toimub tihtipeale ümardamine ning seda nii liiklusõnnetuses osalejate poolt kui ka hiljem politsei poolt koostatud juhtumi teates. See asjaolu tekitab aga probleemi ilmaolude ja liiklusõnnetuste täpsel seostamisel. Tõenäoliselt on ilmaolude andmed piisavalt täpsed temperatuuri osas, kuid sademete osas võib tekkida ebatäpsusi.

Täiendavalt teostatakse antud lõputöö erinevate suuruste vaheliste seoste leidmiseks korrelatsioonanalüüsi. Kui andmestikku soovitakse uurida kahe või rohkema tunnuse järgi, siis saab kasutada korrelatsiooni ehk seost kahe suuruse vahel [49]. Korrelatsioonikordaja väljendab korrelatsioonseose tugevust ja suunda ehk võimalikud on järgmised variandid: nõrk või tugev korrelatsioonisõltuvus, positiivne või negatiivne korrelatsioonisõltuvus. Kui kahe näitaja seos on piisavalt tugev, siis tähendab see, et tunnused on omavahel korreleeritud. Korrelatsioonikordaja vähim võimalik väärtus on -1 ja suurim võimalik väärtus on 1. Väärtus -1 või 1 saavutatakse, kui tunnused on teineteisega täpselt lineaarses seoses. Seega mõõdab korrelatsioonikordaja lähedusastet tunnuste vahelisele täielikule lineaarsele sõltuvusele. [47]

Positiivne korrelatsioon ehk suurem kui 0 tähendab seda, et kui üks suurus kasvab, siis teine suurus kasvab samuti. Negatiivne korrelatsioon ehk väiksem kui 0 tähendab seda, et ühe suuruse kasvades teine suurus kahaneb. Kahe tunnuse vahelisi seoseid on võimalik kujutada hajuvusdiagrammil. Korrelatsioonitugevust väljendab lineaarne korrelatsioonikordaja r . Kui korrelatsioonikordaja on lähedal arvule 1, siis näitab see tugevat seost kahe uuritava näitaja vahel. Vastupidiselt võttes, mida lähemal on korrelatsioonikordaja arvule 0, seda nõrgem seos on kahe uuritava näitaja vahel. Tunnused on teineteisest sõltumatud kui korrelatsioonikordaja on 0. [49]

Korrelatsioonikordaja arvulise väärtuse piirid seose tugevuse iseloomustamiseks on järgnevad [49]:

- r absoluutväärtus $\leq 0,3$ – olematu seos;
- $0,3 < r$ absoluutväärtus $\leq 0,5$ – nõrk seos;
- $0,5 < r$ absoluutväärtus $\leq 0,7$ – keskmise tugevusega seos;
- r absoluutväärtus $> 0,7$ – tugev seos.

Antud lõputöö eesmärgiks on kindlaks teha, kas ilmaolud mõjutavad liiklusõnnetuste, neis hukkunute ja vigastatute arvu ning statistiliselt leida selle mõju tugevus. Uuringu tulemusel saab näiteks öelda, palju liiklusõnnetusi ning toovad kaasa keskmisest soojemad, külmemad ja

vihmasemad ilmad ning kuidas mõjutavad need hukkamise ja vigastuse riski. Lõputöö eesmärgi saavutamiseks kasutatakse peamiselt statistilist andmeanalüüsi.

Kvantitatiivse uuringu läbiviimisel peab arvestama järgmiste asjaoludega [48]:

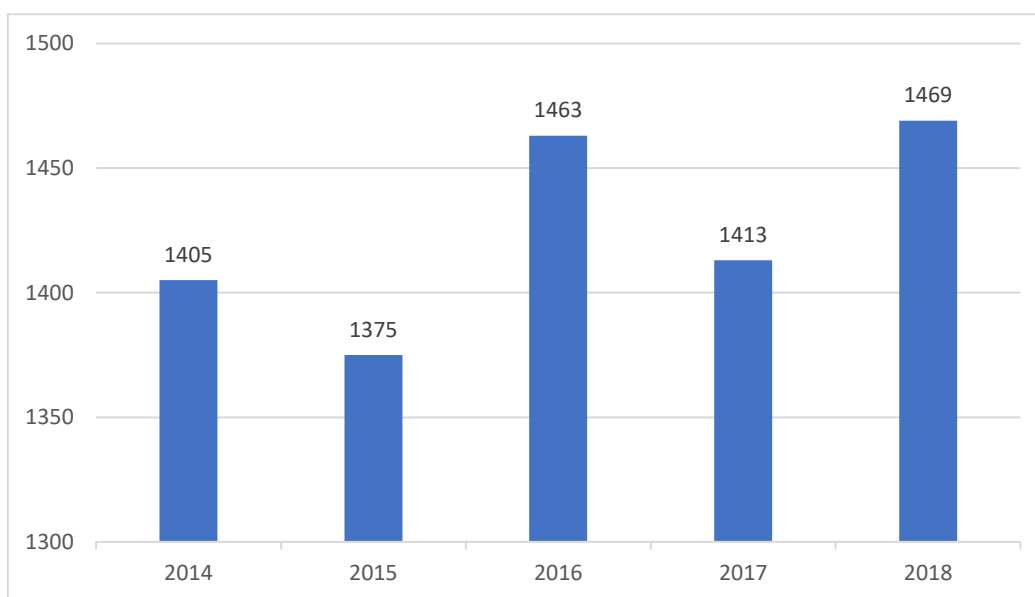
- Teha järeldused varasematest uurimustest.
- Toetuda varasematele teooriatele.
- Esitada omapoolsed hüpoteesid.
- Määratleda mõisted.
- Kavandada andmete kogumine, mis sobiks kvantitatiivseks ehk arvudes mõõtmiseks.
- Tabeli kujul muutujate moodustamine ning andmete korrastamine nii, et need oleksid statistiliselt analüüsitavad.
- Teha järeldused statistilisele analüüsile tuginedes, esitada tulemused protsendiliselt ning testida tulemuste olulisust statistiliselt.

Sademetega mõju väljendatakse suhteliste õnnetusjuhtumite abil ehk sademetega korral registreeritud liiklusõnnetuste ja normaalsetes tingimustes registreeritud liiklusõnnetuste suhet. Selle suhtelise seose kindlaksmääramisel kasutatakse sobitatud paaride lähenemist ja see põhineb sellel, et teatavas piirkonnas (tavaliselt politsei aruannete kaudu) võrreldakse toimunud liiklusõnnetusi sajuperioodil vastava kuiva perioodiga. See saavutatakse tavaliselt perioodi täpsusega, eeldades, et muud tegurid, nagu liikluse maht, autojuhi demograafilised ja valguse tingimused, on üldiselt sarnased. [41]

2.2 Metoodika aluseks oleva andmestiku iseloomustus

Metoodika aluseks olev andmestik põhineb kahel peamisel andmebaasil – Teede Tehnokeskus AS ilmaandmed ning Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogu. Analüüsi aluseks on valitud 2014-2018 ajaperiood. Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogus 7 125 sündmust (ligikaudu 1 425 õnnetust aastas) ning Teede Tehnokeskus AS andmeobjektideks on 88 teeilmajaama andmed, mis koondavad 30 000 000 andmerida. Teeilmajaamade asukohad paigutuvad üle Eesti. Teeilmajaamade koos asukohtade nimetustega on esitatud antud töö Lisas 1 tabelis L 1.1. Samuti esitati andmete päring antud analüütilise töö jaoks Riigi Ilmateenistuselt. Nimetatud andmestikus on ligikaudu 44 000 andmerida.

Antud lõputöö koostamisel kasutatakse eelkõige teiseste andmete analüüsimist. Teiseste andmete kasutamist võib nimetada andmete taaskasutamise erijuhuks, milles kasutatakse teadusliku uurimise läbiviimiseks teise osapoole kogutud andmeid, mis võivad olla algelt kogutud mitteteaduslikul eesmärgil. Teisesed andmed võivad pärineda erinevatest riiklikest andmekogudest ning ka avalikest või eraõiguslikest andmebaasidest. Teiseste andmete kasutamise puhul on tähtis arvestada andmete kogumise detaile ja andmete kogumise metoodikat, et hinnata teiseste andmete usaldusväärsust ja nende andmete sobivust ning kasutatavust teaduslikel eesmärkidel. [50]



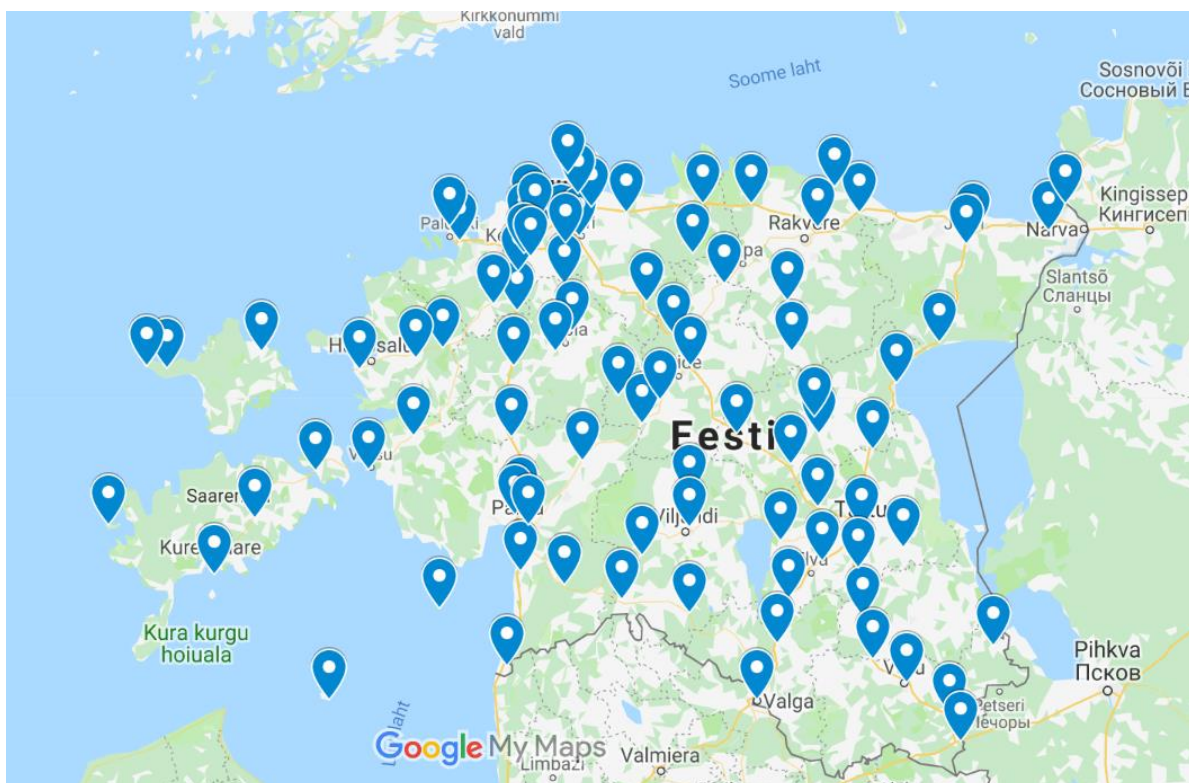
Joonis 2.4 Analüüsi aluseks olevad liiklusõnnetused 2014-2018

Allikas: Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Ülaltoodud joonisel 2.4 on esitatud analüüsi aluseks olevad liiklusõnnetused aastate kaupa ajavahemikus 2014-2018. Viimase viie aasta puhul on võimalik öelda, et 2018. aastal toimus arvuliselt kõige rohkem liiklusõnnetusi.

Maanteeameti liiklusohutuse osakonna eksperdi poolt edastatud liiklusõnnetuste andmed jagunesid nelja kategooriasse: juhtum, asukoht, isik ja sõiduk. Juhtumi üldises kategoorias olid esitatud järgnevad andmed: juhtumi number, toimumisaeg (kuupäev ja kellaaeg), liiklusõnnetuse liik, tüüpskeem, liiklusõnnetuses osalenud isikute arv, liiklusõnnetuses osalenud sõidukite arv, liiklusõnnetuses hukkunute arv ning liiklusõnnetuses vigastatute arv. Juhtumi asukoha kategoorias olid esitatud järgnevad andmed: juhtumi number, ilmastik, valgustus, maakond, omavalitsus, teetüüp, tee number, tee kilomeeter, GPS X ja Y koordinaat, asukoht asulas või asulast väljas, tänava nimetus, ristuv tänav, teerajatis, majanumber ja teekatteseisund. Juhtumi isiku kategoorias olid esitatud järgnevad andmed: juhtumi number, isiku ID (määratud number, mitte ID-kaardi number), isiku roll liikluses ning meditsiiniline tagajärg. Meditsiinilise tagajärje puhul eristatakse varianti

„muu tagajärg“. Maanteeameti liiklusohutuse osakonna eksperdi sõnul tähendab see, et inimene on hukkunud, kuid inimene suri ära mitte liiklusõnnetuse tagajärjel, vaid muul põhjusel. Need on näiteks terviserikke tõttu roolis surnud inimesed, keda ei loeta liiklusõnnetuses hukkunuteks. Juhtumi sõiduki kategoorias olid esitatud järgnevad andmed: juhtumi number, sõiduki ID, isikute arv sõidukis ning sõiduki kategooria.



Joonis 2.5 Teede Tehnokeskuse AS teelmajaamade asupaikade kohta kasutades Google Maps kaardiloomise rakendust

Allikas: Teede Tehnokeskuse AS teelmajaamade asupaigad. Autori koostatud (2019)

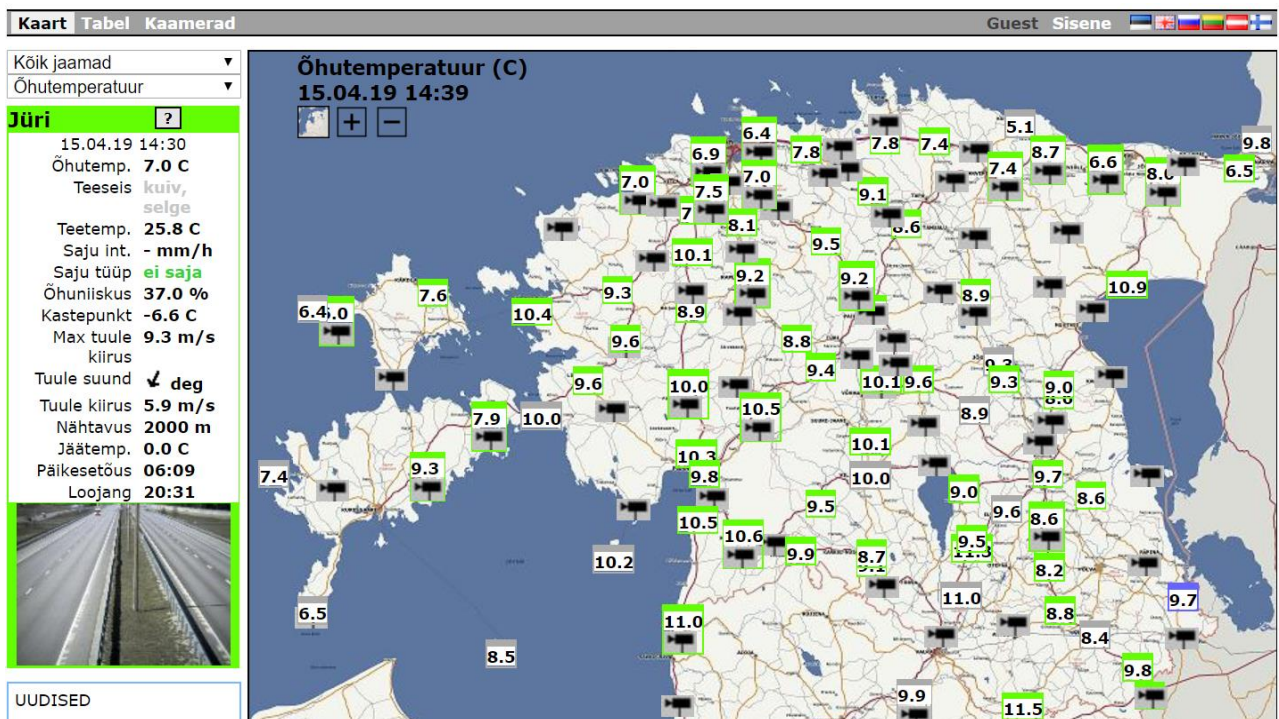
Teede Tehnokeskus AS teelmajaamad mõõdavad ning salvestavad suures koguses erinevaid andmeid. Teeilmajaamade andmestikust on võimalik väljastada näiteks järgnevaid andmeid: õhutemperatuur, teetemperatuur, saju intensiivsus, õhuniiskus, teeseisund, saju tüüp, tuule kiirus ja suund, veekihi paksus. Antud lõputöö analüüsi koostamiseks kasutati teelmajaamade puhul järgnevaid andmeid: teelmajaama number, õhutemperatuur, sademed (saju intensiivsus), nähtavus, teeseisundi kirjeldus, sademete kirjeldus.

Teeilmajaamad teevad uue mõõtmise tavaliselt iga 10 minuti tagant, mõned ilmajaamad iga tunni tagant. Kui arvestada, et antud lõputöö kontekstis on tegemist 5-aastase perioodiga, siis on iga teelmajaama kohta võimalik välja võtta ligikaudu 263 000 andmerida. Teades, et antud töö kontekstis on olemas 88 teelmajaama andmed, siis on andmeridu vähemalt 23 miljonit. Kuigi liiklusõnnetusi on ligikaudu 7 125, siis ei ole mõistlik võtta teelmajaamade andmed ühekaupa välja,

arvestades siinjuures ka asjaolu, et on vaja tuvastada konkreetne kuupäev ning liiklusõnnetuse toimumisele kõige lähim kellaaeg. Teatud ilmajaamade puhul on andmed saadavad iga tunni tagant ehk teeilmajaam mõõdab ning edastab andmeid kord tunnis.

2.3 Andmekorje

Andmete kogumise tingimused tuleb kirjeldada arusaadavalt ning tõepäraselt [48]. Käesoleva lõputöö metoodika osas kasutatakse osaliselt Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmestikku. Teeilmajaamade poolt mõõdetud andmed on oluliseks abivahendiks liiklustingimuste hindamisel teeilmajaama paigalduskohas. Teeilmajaamad mõõdavad teedel valitsevaid ilmastikutingimusi aastaringsest. [51]



Joonis 2.6 Jüri teeilmajaam ilmainfo 15.04.2019
Allikas: Teede Tehnokeskus AS

Teeilmajaamade informatsioon on kättesaadav aadressil teilm.teeinfo.ee/uus/ igapäevaselt. Eeltoodud joonisel 2.6 on esitatud väljavõtte 15.04.2019 kell 14:39 olemasolevast Jüri teeilmajaama informatsioonist. Huvitatud osapooltel (sh liiklejatel) on võimalik saada reaaliajale ligilähedast informatsiooni terve Eesti ilmaolude kohta. Teeilmajaamade kaudu on võimalik saada informatsiooni õhu ja teekatte temperatuuri, õhuniiskuse, vee või jääkihi paksuse, lume, musta jää ning kloriidide olemasolu kohta. Samuti on võimalik saada teavet sademete tüübi, intensiivsuse, üldise nähtavuse, tuulekiiruse ja suuna ning õhurõhu kohta. Lisaks on võimalik näha reaaliajale

ligilähedast kaamerapilti, mis annab visuaalse ülevaate konkreetse punkti ilmastikust ning teeoludest. [31, 51]

Liiklusõnnetuste andmete registreerimise ja liiklusõnnetuse andmekoguga seotud asjaolusid reguleerib Vabariigi Valitsuse määrus number 54 „Liiklusõnnetuse registreerimise, asjaolude väljaselgitamise ja arvestuse kord ning liiklusõnnetuste andmekogu pidamise põhimäärus“. Kui toimub liiklusõnnetus, milles on inimene hukkunud või vigastada saanud, registreerib selle juhtumi Politsei- ja Piirivalveamet [11]. Maanteeameti liiklusohutuse osakonna ekspertidega toimunud arutelul põhinevalt saab lisada, et Politsei- ja Piirivalveamet registreerib need juhtumid, mille kohta edastatakse neile Häirekeskusest teade. Liiklusõnnetuste andmed saadetakse Maanteeametisse, kus võetakse välja need juhtumid, mille tulemusena on keegi saanud vigastada või hukkunud.

Politsei- ja Piirivalveamet lisab registreeritud liiklusõnnetuse kohta liiklusõnnetuste andmekogusse andmed, mis on seotud näiteks liiklusõnnetuse toimumise kuupäeva, kellaaja, asukoha, olemuse ja sündmuskohaga. Asukoht määratakse Politsei- ja Piirivalveameti poolt lisades andmed maakonna, valla ja asula kohta, tee nimetuse ja kilomeetri või vähemalt kahe ristuva tee või tänava nimetuse või tänava nimetuse ja lähima maja numbri kohta. Samuti lisatakse koordinaadid geodeetilises süsteemis L-EST97. Sündmuskoha andmete puhul lisatakse ka ilmastikutingimused liiklusõnnetuse toimumise ajal. Liiklusõnnetuste andmekogu töötlemise eest on vastutavaks asutuseks Maanteeamet. Andmekogusse kannab andmeid lisaks Maanteeametile ning Politsei- ja Piirivalveametile ka Eesti Liikluskindlustuse Fond. Liiklusõnnetuste andmekogu võimaldab ametkondadele ning kodanikele väljastada asjakohast informatsiooni ning statistikat. [11]

Andmete saamiseks pöörduiti päringuga nii Maanteeameti, Teede Tehnokeskus AS-i kui ka Riigi Ilmateenistuse poole.

Maanteeameti liiklusohutuse osakonna poolt edastati liiklusõnnetuste andmed seisuga 11.03.2019. Antud kuupäeva on oluline mainida, sest kuupäeva 11.03.2018 seisuga on tehtud liiklusõnnetuste andmekogust väljavõtte. Seega antud lõputöös kasutatud liiklusõnnetuste statistilised andmed võivad mõneti erineda Maanteeameti ametlikul kodulehel kuvatavast liiklusõnnetuste statistikast. Seda eelkõige seetõttu, et Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogu täiendatakse pidevalt ning andmestiku kogunäitajad sellest tulenevalt muutuvad. Erinevus reaalse andmetega tuleneb sellest, et näiteks Politsei- ja Piirivalveameti liiklusõnnetuste menetlused võivad kesta aastaid ning menetluste käigus võib välja tulla fakte, millest tulenevalt muudetakse liiklusõnnetuste andmekogu andmeid.

Teede Tehnokeskus AS-ile tehti töö koostamise jooksul mitu päringut ning esitati täiendavaid küsimusi andmestiku kohta. Antud töö analüüsi aluseks olev andmestik edastati 17.04.2019.

Andmestik esitati ühe suuremahulise failina, millele järgnes töö autori poolt andmestiku jagamine teeilmajaamade kaupa. Riigi Ilmateenistuse poolt edastati andmestik 05.04.2019.

2.4 Andmetöötlusviisid ja -vahendid

Järgnevas alapeatükis esitatakse lõputöö analüüsi teostamiseks vajalike andmetöötlusviiside ja andmetöötlusvahendite kirjeldus.

Andmete korrastamise esimeseks etapiks on andmete kontrollimine. See tähendab, et vaadatakse üle andmete vead ning tehakse kindlaks, kas andmeid on puudu. Järgmiseks etapiks on andmete täiendamine. Kolmandaks etapiks on andmete korrastamine, et oleks võimalik läbi viia andmete analüüs. Andmete korrastamise meetodid peaksid olema sõltuvuses valitud uurimisstrateegiast. Kvantitatiivse uurimuse andmetest põhjal moodustatakse muutujad, mille põhjal antakse igale vaatlusüksusele muutujaid tähistavad väärtused. [48]

Liiklusõnnetuste andmete analüüsimiseks oli üheks vahendiks Microsoft Office Excel ning selle allfunktsioonid. Samuti kasutatakse ArcGIS-i ning JDemetra+.

Täpsete prognooside kasutamine loob eelduse paremateks otsusteks. Statistiliste mudelite visualiseerimisel rakendatakse prognoosimiseks Autoregressiivne Integreeritud Liikuva Keskmise (*Integrated Moving Average* - ARIMA) meetodit. RegARIMA mudelid on üldised mudeli aegridade prognoosimiseks, mida saab teha statsionaarseks. Kuigi eksponentsiaalsed silumismudelid põhinevad andmete trendide ja hooajalisuse kirjeldusel, on RegARIMA mudelite eesmärk kirjeldada andmete autokorrelatsioone. Toetatakse nii hooajalist kui ka mitte-hooajalist modelleerimist. Algoritmi parameetreid ja visuaalseid atribuute on võimalik kontrollida vastavalt konkreetsetele vajadustele. [52]

RegARIMA mudelite kasutamiseks sobivad hästi 12 aasta igakuiseid andmed. Seda võivad põhjustada muutused seeria autokorrelatsioonistruktuuris pikema ajaperioodi jooksul. Sama kehtib ka ilmastikutingimuste ja konkreetsete andmete vahelise korrelatsiooni kohta. Oluline on testida mudeli stabiilsust erinevate ajaperioodide andmetega, kui on mõistliku pikkusega aegread. [42]

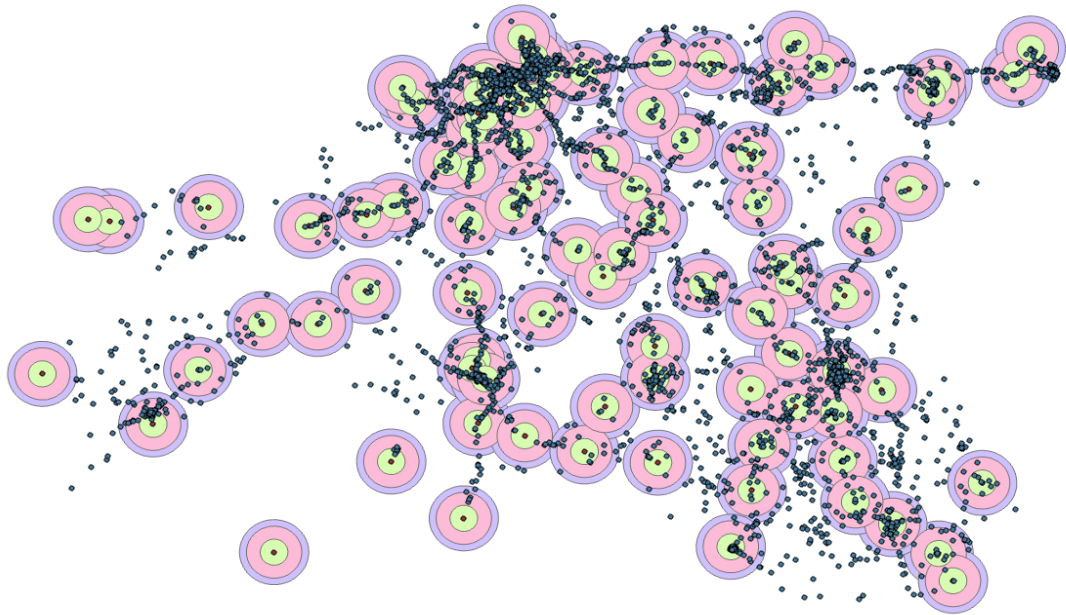
JDemetra+ on avatud, platvormist sõltumatu, laiendatav tarkvara aegridade hooajaliseks tasandamiseks (*SA - Seasonal Adjustment*), mille on välja töötanud Belgia Keskpank. JDemetra+ üks strateegilisi võimalusi on pakkuda hooajaliste tasandamismeetodite jaoks ühiseid esitlus- ja analüüsivahendeid, et erinevate meetodite tulemusi saaks kergesti võrrelda. JDemetra+ arvukate oluliste tööriistade hulgas tuleks esile tõsta näiteks RegARIMA modelleerimine funktsiooni.

JDemetra+ võimaldab graafiliselt esitada aegridasid, koostada olemasolevate trendide põhjal prognoose ning võimaldab aegrea kohta saada olulisi statistilisi andmeid, mille abil on võimalik hinnata aegrea usaldusväärsust. [53]

Statistiline analüüs koostatakse kasutades nelja komponenti: kokkuvõte, m-statistika, normaalsus ja erandid. Kokkuvõte annab üldise hinnangu konkreetsele aegreale. M-statistika sektsioon annab M-statistika analüüsist kokkuvõtlikud näitajad (q ja $q - m2$). Roheline tähis näitab, et antud indikaatori väärtus on heaks kiidetud. Kui indikaator on üle ühe, siis katse ebaõnnestub ja statistika kuvatakse punaselt. [54] Erandid on programmi mõttes defineeritud kui ekstreemsed andmed, mis ei pruugi kokku sobida aegrea vaatlusandmetega ja mis asuvad väljaspool trendi, sesoonse või irregulaarse komponendi oodatavat usaldusvahemikku [55]. Erindite normaalsus on prognoosimisel tekkinud prognoosivahemike kehtivuse seisukohalt otsustava tähtsusega [54].) JDemetra+ programm võimaldab aegridasid sesoonselt korrigeerida, mis teisisi öeldes on protsess, mille eesmärk on teha kindlaks ja välistada hooajaliste tegurite mõju, et muuta ühe aasta jooksul võrreldavate perioodide tingimused üksteisele sarnasemaks[56].

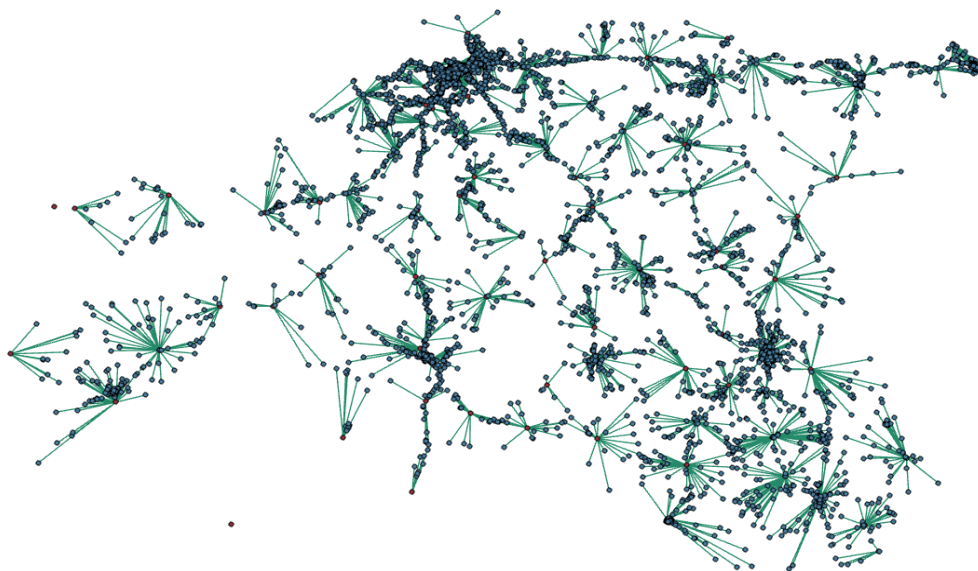
Teede Tehnokeskuse AS ning Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogus fikseeritud asukohad on määratud kasutades erinevaid koordinaatide süsteeme. Selleks, et need võrreldavaks muuta, kasutati antud töö raames Maanteeameti koordinaatide konverteerimise rakendust (<https://www.maaamet.ee/rr/geo-lest/>). Tegemist on abivahendiga, mis teisendab geodeetilised koordinaadid koordinaatsüsteemi ja vastupidi. Konverter on tekstipõhine ning võimaldab algandmeid esitada nii tabeli kui ka üksiku koordinaadi kujul. Samuti kontrolliti teeilmajaamade asukohad üle Maa-ameti maainfo kaardirakendusega, kus on võimalik punkti asukoht määrata nii riiklik koordinaatsüsteemi (L-Est 97) kui ka geograafiliste koordinaatide abil.

Töö oluliseks osaks on teeilmajaamade asukohtade koordinaatide kokku viimine liiklusõnnetuste toimumise asukohaga. Antud töö raames kasutati teeilmajaamade asukohtade ja konkreetsete liiklusõnnetuste toimumise asukoha kokku viimiseks GIS-programm ArcGIS, mis võimaldab otsida igale liiklusõnnetuse juhtumile andmetabelist lähima teeilmajaama. ArcGIS programmiga saab seega leida igale liiklusõnnetusele kõige lähema ja seetõttu parima vaste teeilmajaama näol. Kaugus liiklusõnnetuse asukohast on esitatud meetrites ja see kaugus on väljendatav raadiusena. Antud töö kontekstis ei ole võimalik luua kõigile liiklusõnnetustele ühesugust raadiust, sest ühetaoliste raadiustega tekib grupp liiklusõnnetusi, mis jäävad teeilmajaama raadiustest välja.



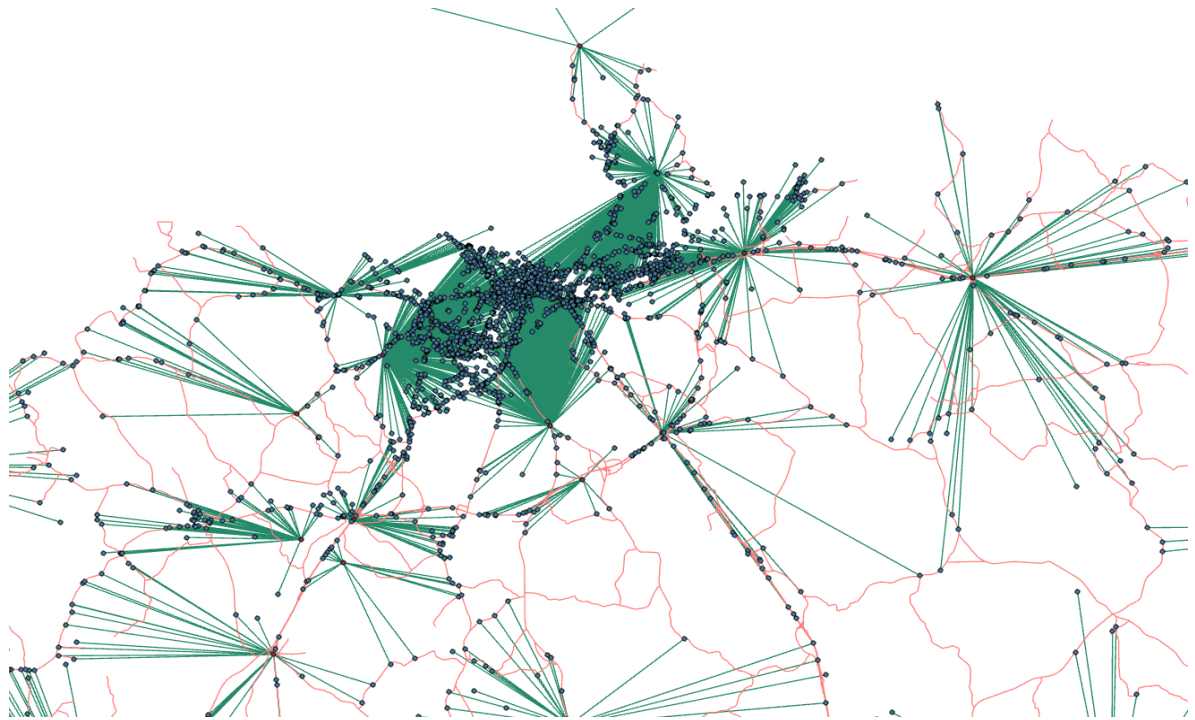
Joonis 2.7 Eestis 2014-2018 toimunud liiklusõnnetused raadiustega 5 km, 10 km ja 12 km. Autori koostatud (2019)

Eeltoodud joonisel 2.7 on näha, et luues igale teeilmajaamale kindla raadiuse, ei kata fikseeritud raadiused kõiki liiklusõnnetuste toimumise asukohti ning tekib olukord, kus teatud hulk liiklusõnnetusi ei ole seotud teeilmajaamadega. Seetõttu ei oleks katmata liiklusõnnetused analüüsitavad, sest neid ei ole võimalik seostada ilmaoludega konkreetsel ajahetkel. Joonisel punaste ringidega on märgitud teeilmajaamad ning siniste ringidega liiklusõnnetused. Rohelise värvusega ringidega on märgitud 5 kilomeetrine raadius, roosa värvusega ringid tähistavad 10 kilomeetrist raadiust ning lilla värvusega ringid tähistavad 12,5 kilomeetrist raadiust.

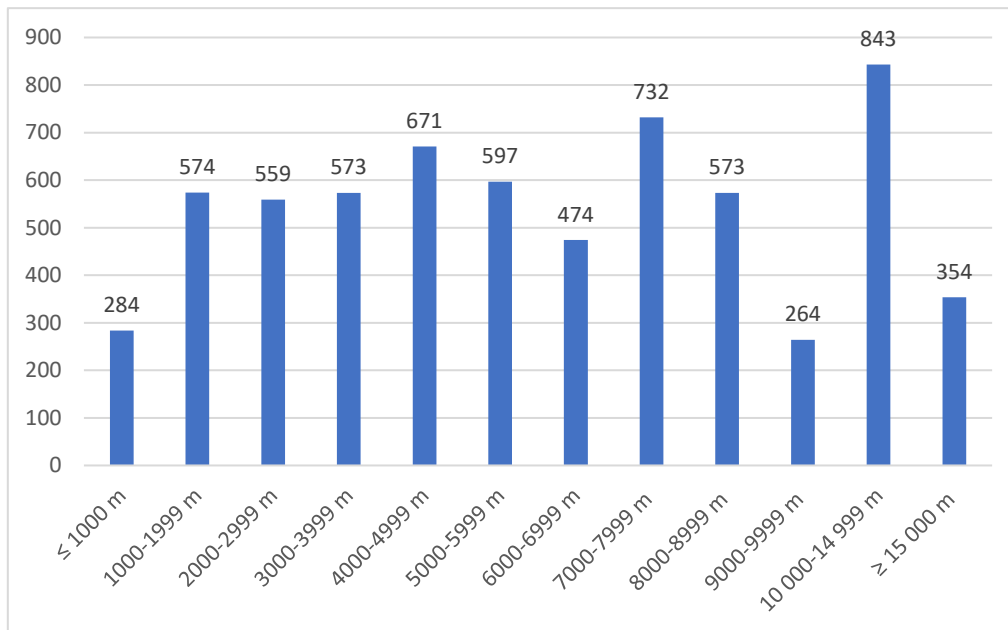


Joonis 2.8 Eestis 2014-2018 toimunud liiklusõnnetused seotuna teeilmajaamadega. Autori koostatud (2019)

Jooniselt 2.8 on näha, et leides kõigile liiklusõnnetustele kõige lähima teeilmajaama, on võimalik seostada kõik liiklusõnnetused konkreetse teeilmajaamaga. Rohelised jooned joonisel tähistavad liiklusõnnetuse asukohta ja teeilmajaama omavahelist kaugust ehk raadiust. Mida pikem on roheline joon, sest suurem on asukohtade vaheline raadius. Jooniselt x on võimalik näha liiklusõnnetuste koondumisi linnadesse, kus on liiklustihedus suurem. Joonisel 2.9 on kaardil eraldi esitatud Tallinna linna piirkond ning toimunud liiklusõnnetused.



Joonis 2.9 Tallinna piirkonnas 2014-2018 toimunud liiklusõnnetused seotuna teeilmajaamadega. Autori koostatud (2019)



Joonis 2.10 Liiklusõnnetuse asukohta ja teeilmajaama asukohta vaheline kaugus meetrites

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Liiklusõnnetuse asukohta ning teeilmajaama vahelise kauguse illustreerimiseks koostati joonis 2.10. Kuna igale liiklusõnnetuse asukohale leiti kõige lähim teeilmajaam, siis on tulemused küllaltki erinevad. Detailsem analüüs näitas, et kõige lähem teeilmajaam asus liiklusõnnetuse toimumispaigast 22 meetri kaugusel ning kõige kaugem 38 kilomeetri kaugusel. Keskmise väärtuse leidmine näitas, et keskmisel asus teeilmajaam liiklusõnnetuse toimumispaigast ligikaudu 6,7 kilomeetri kaugusel. Tegemist on küllaltki pika vahemaaga arvestades, et ilmastik võib olla paiguti erineva, kuid siiski pakuvad andmed teatavat võrdlusmomenti.

Teede Tehnokeskus AS andmestiku mõõtmise kellaeg ja kuupäev olid ühes lahtris. Selle eraldamiseks kasutati Microsoft Exceli *Text to columns* rakendust. Selleks, et kuupäev ja kellaeg oleksid võrreldavad ja väljendatud ühe näitajana kasutati *Concatenate* funktsiooni, millega on võimalik kombineerida antud kontekstis numbreid ning muuta need kaks väärtust üheks arvuliseks väärtuseks [57]. Kasutades Exceli *Concatenate* funktsiooni oli võimalik järgmise sammuna kasutada Exceli *Vlookup* funktsiooni, mis leiab ühe näitaja järgi tabelist otsitava väärtuse (näiteks õhutemperatuur või teeseisund).

Enamik tabeleid koostatakse metodikast lähtuvalt kasutades aegrida. Aegrida on ajas kulgevate mõõtmiste sageli kasutatud eritüüp. Aegrida tähendab, et ühe ja sama muutuja või vähesel arvul muutujaid on korduvalt mõõdetud kindla ning ühepikkuse ajavahemiku järel. Periood on kesksel kohal olev mõiste teatud tüüpi aegrea kirjeldamisel. Aegrea esmaanalüüsis on olulisel kohal aegridade graafiline kujutamine, mis tulemuste seisukohalt võimaldab neid hästi esitleda. [47]

2.5 Töö tulemuste valideerimine

Uurimistulemuste usaldusväärsuse hindamiseks on mitmeid võimalusi. Üheks määratluseks on uurimuse usaldusväärsus ehk uurimuse korratavus, mis tähendab seda, et saadud tulemused ei ole juhuslikku laadi. Kvantitatiivse uurimuse usaldusväärsuse hindamiseks on loodud mitmeid statistilisi meetodeid. Tulemuste hindamisega on seotud ka valiidsus ehk kehtivus, mis sisuliselt tähendab uurimismeetodid sobivust mõõta just seda, mis on seatud eesmärgiks. Tulemuste valideerimisel peab meetodid kirjeldus ning sellega seotud seletus ja tõlgendus ühtima. [48]

Valmisandmestikud ei sobi tavaliselt kasutamiseks ilma neid muutmata. See tähendab, et andmeid võib olla vaja viia sobivasse formaati. Näiteks statistilised andmed, mis on teiste osapoolte poolt kogutud, tuleb siduda uurimistöös ette antud eesmärkidega ning sobitada uurimise läbiviija poolt kogutud andmetega. Valmisandmestikesse tuleb suhtuda kriitilised ning nende usaldusväärsus tuleb kindlaks teha. Tihtipeale vajavad andmed tõlgendamist, töötlemist ja seostamist. Valmisandmestikke sobib kasutada mitmel eesmärgidel (sh nähtuse kirjeldamiseks ja selgitamiseks). [48] Liiklusõnnetuste analüüsiuuringute puhul on tulemuste kvaliteet mõnevõrra piiratud andmete usaldusväärsusega [41].

Töö tulemuste valideerimiseks teostatakse täiendavalt antud lõputöö erinevate suuruste vaheliste seoste leidmiseks korrelatsioonanalüüsi. Korrelatsioonikordaja väljendab korrelatsioonseose tugevust ja suunda ehk võimalikud on järgmised variandid: nõrk või tugev korrelatsioonisõltuvus, positiivne või negatiivne korrelatsioonisõltuvus [47].

Täiendavalt kasutatakse Autoregressiivne Integreeritud Liikuva Keskmise (Integrated Moving Average - ARIMA) meetodit. RegARIMA mudelid on üldised mudeli aegridade prognoosimiseks. RegARIMA mudelit rakendatakse JDemetra+ süsteemi kasutades.

Eelnenud metoodilise osa peatükis anti ülevaade lõputöö metoodika kohta, mis annab ülevaate enne andmeanalüüsi käigus leitud tulemuste esitamist lõputöö empiirilises osas. Eeltoodud lõputöö metoodilise osa põhjal võib kokkuvõtvalt öelda, et analüüsi meetodiks on statistiline andmeanalüüs, millega leitakse seosed liiklusõnnetuste ning ilmaolude vahel. Tegemist on suuremahulise andmeanalüüsiga, mis hõlmab mitmeid andmebaase ja meetodeid. Lõputöö eelnevalt püstitatud eesmärkide täitmiseks on sobivaks metoodikaks kvantitatiivne uurimus. Täiendavalt teostatakse antud lõputöö erinevate suuruste vaheliste seoste leidmiseks korrelatsioonanalüüsi. Mudelite loomine hõlmab analüütilisi tegevusi nii Microsoft Exceli kui ka JDemetra+ programmis. Analüüsis viiakse liiklusõnnetuse toimumise asukoht kokku lähima

teeilmajaama asukohaga, et kindlaks teha, millised olid juhtumi toimumisele hetkele ajaliselt kõige täpsemad teeilmajaama poolt mõõdetud ilmaandmed.

Analüüsitavate andmete iseloomustamisel võib öelda, et Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogus 7 125 sündmust (ligikaudu 1 425 õnnetust aastas) ning Teede Tehnokeskus AS andmeobjektideks on 88 teeilmajaama andmed, mis koondavad 30 000 000 andmerida. Samuti esitati andmete päring antud analüütilise töö jaoks Riigi Ilmateenistuselt, kus on ligikaudu 44 000 andmerida. Antud lõputöö kontekstis otsustati uurimisperioodiks valida periood ehk aastad 2014-2018. Tegemist on 5-aastase perioodiga, kuhu sisse jääb ka 2018. aasta erakordselt soe suvi (juuni-august), mis tõi kaasa 497 liiklusõnnetust, milles hukkus 28 ja vigastada 618 inimest.

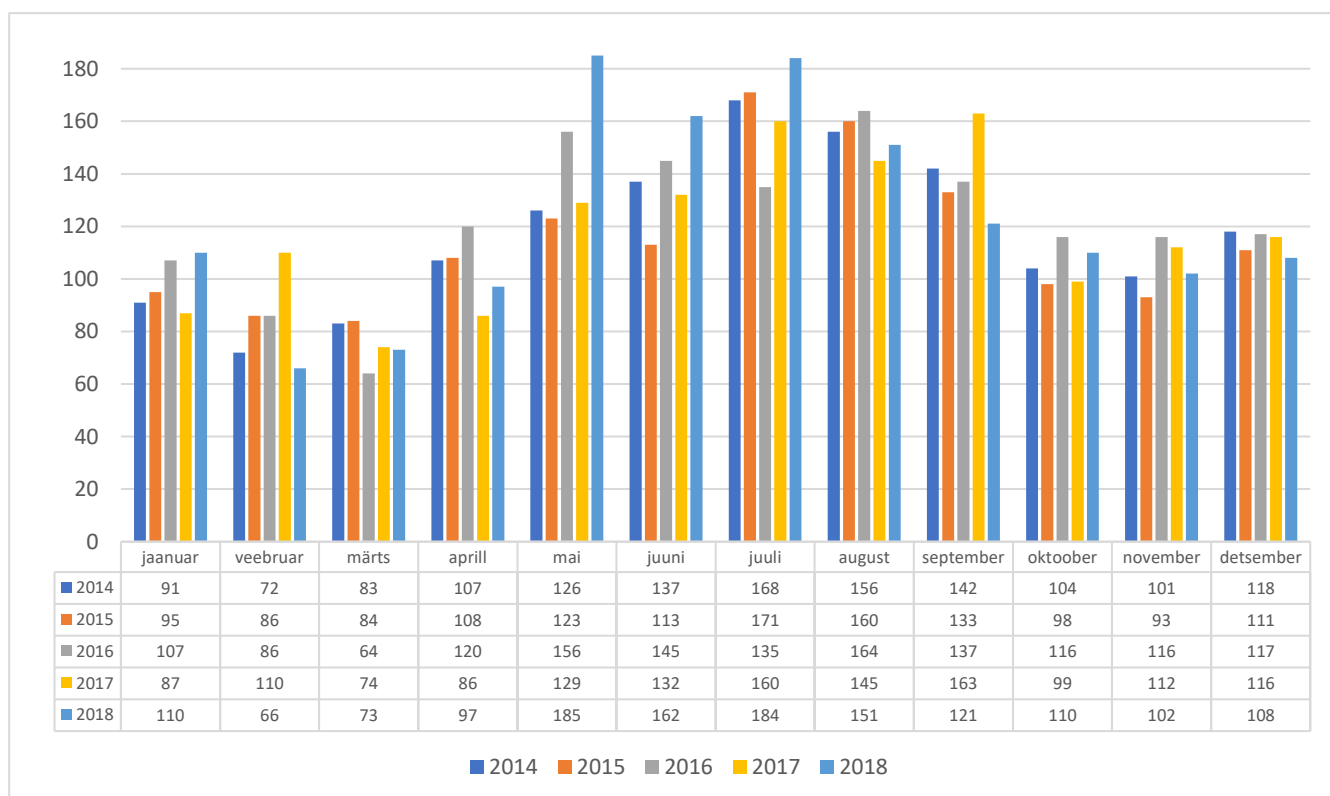
Kitsendusena on asjaolu, et konkreetse lõputöö analüüsi käigus ei keskenduta ekstreemsetele ilmaoludele, vaid antud töö käigus on peamiseks eesmärgiks leida, kui palju mõjutab keskmisest näitajatest erinevad ilmaolud liiklusõnnetuste toimumist ning nendega seostuvat inimkahjude suurust. Oluline on leida ka need hetked, mil temperatuur muutub, et aru saada, kuidas see mõjutab liiklusõnnetuste toimumist.

3. ILMAOLUDE JA LIIKLUSÕNNETUSTE ANALÜÜSI TULEMUSED

Lõputöö kolmanda peatüki eesmärk on kirjeldada ja analüüsida eelnevalt kirjeldatud teooria ja meetoodika põhjal saadud tulemusi. Teooria ja meetoodika on empiirilise uurimuse koostamise aluseks. Empiiriline osa on käesoleva magistritöö tähtsaim osa, sest selles antakse ülevaade, kas algselt seatud eesmärgid ja hüpoteesid saavutati.

3.1 Tulemuste esitamine ja analüüs

Järelduste tegemisel on tavaline, et tähelepanekuid hinnatakse kriitiliselt ja analüüsitakse põhjalikult. Järelduste põhjal kujundatakse kokkuvõtlik teadmine uuritavast nähtusest ning koostatakse tervikpilt. Tulemuste analüüsi oluliseks osaks on tulemuste tõlgendamine, kus töö autor annab tähendused analüüsi käigus saadud tulemustele. Tulemuste tõlgendamine annab aluse antud lõputöö järelduste tegemiseks. [48] Järgnevas peatükis esitatakse antud lõputöös püstitatud eesmärkide täitmiseks vajalikud tulemused ehk esitatakse graafiliselt põhilised liiklusõnnetuste analüüsi näitajad aastatel 2014-2018 ning seosed vastavate ilmaoludega.



Joonis 3.1 Inimkannatanuga liiklusõnnetused kuude kaupa 2014-2018

Allikas: Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Eeltoodud joonis 3.1 on koostatud töö autori poolt Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogu põhjal ning sellel on esitatud liiklusõnnetuste aastate ja kuude kaupa jaotumine. Liiklusõnnetuse jaotuvusest joonistuvad välja eelkõige hiliskevadine ning suvine periood (mai-august). Eraldi ilmneb et 2018. aastal toimus liiklusõnnetusi mais, juunis ning juulis rohkem kui sellest eelneval neljal aastal. Seetõttu on võimalik tuua seos antud lõputöö teooria osaga, kus käsitleti 2018. aasta ilmaolusid. Antud lõputöö teooria osas tõi autor välja 2018. aasta Keskkonnaagentuuri aastaaruande, kus oli eraldi öeldud, et Eestis oli 2018. aasta üldiselt normist soojem ja päikesepaistelisem ning sademeid oli erakordselt vähe. Erilise asjaoluna toodi 2018. aasta aruandes välja ka kuumalaine, mis kestis 8 päeva järjest ja tõi kaasa maksimumtemperatuurid üle 30 °C. Eraldi mainiti Keskkonnaagentuuri aastaaruandes 2018. aasta maikuud, mis oli 1961. aastast kõige soojem ning päikseline maikuu. 2018. aasta maikuu esines päikesepaistet keskmisena 408,4 tundi, mis ületas normi 48%. [26]

Jooniselt 3.1 selgub, et eriline oli ka 2017. aasta september, mille osas saab samuti tuua seose antud töö teooria osaga. Nimelt 2017. aasta kohta on Keskkonnaagentuuri aastaaruandes täiendavalt öeldud, et Eestis oli 2017. aasta keskmisena normist veidi soojem ja sajusem. 2017. aasta sügis oli arvestatuna 1961. aastast rekordiliselt sajune (sadas 268 mm, norm 201 mm). [30] See võis olla täiendav mõjur liiklusõnnetuste toimumisel.

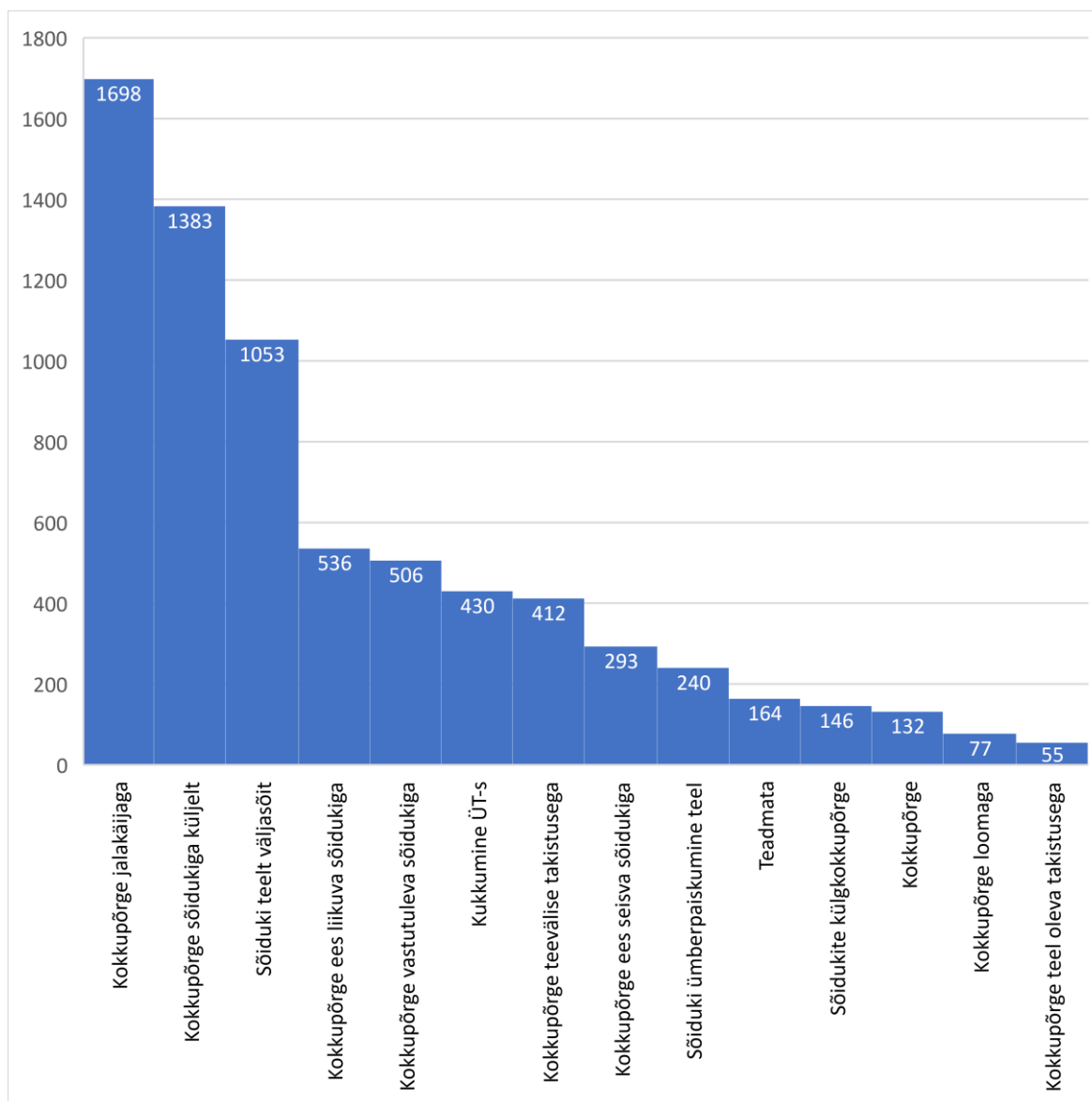
Tabel 3.1

Aasta	Keskmine väärtus	Mediaanväärtus	Minimaalne väärtus	Maksimaalne väärtus
2014	117	113	72	168
2015	115	110	84	171
2016	122	119	64	164
2017	118	114	74	163
2018	124	110	66	185

Allikas: Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Autori poolt on koostatud tabel 3.1, kus on kujutatud 2014-2018. aastatel kuude kaupa liiklusõnnetuste toimumise arvulised näitajad nagu keskmine, mediaan, minimaalne liiklusõnnetuste arv kuus ning maksimaalne liiklusõnnetuste arv kuus. Eeltoodud tabelist lähtudes saab öelda, et aastate võrdluses on erinevused olemas. Nimelt 2018. aasta keskmine väärtus toimunud liiklusõnnetuste arvu kohta ületab 2014.-2017. aastate sama näitajat. Samuti ületab

2018. aasta liiklusõnnetuste arvu maksimaalses väärtuses 2014-2017 aastate sama näitajat. Minimaalselt on toimunud ühes kuus 64 liiklusõnnetust 2016. aastal ning maksimaalselt 185 liiklusõnnetust 2018. aastal



Joonis 3.2 Liiklusõnnetused liikide kaupa 2014-2018

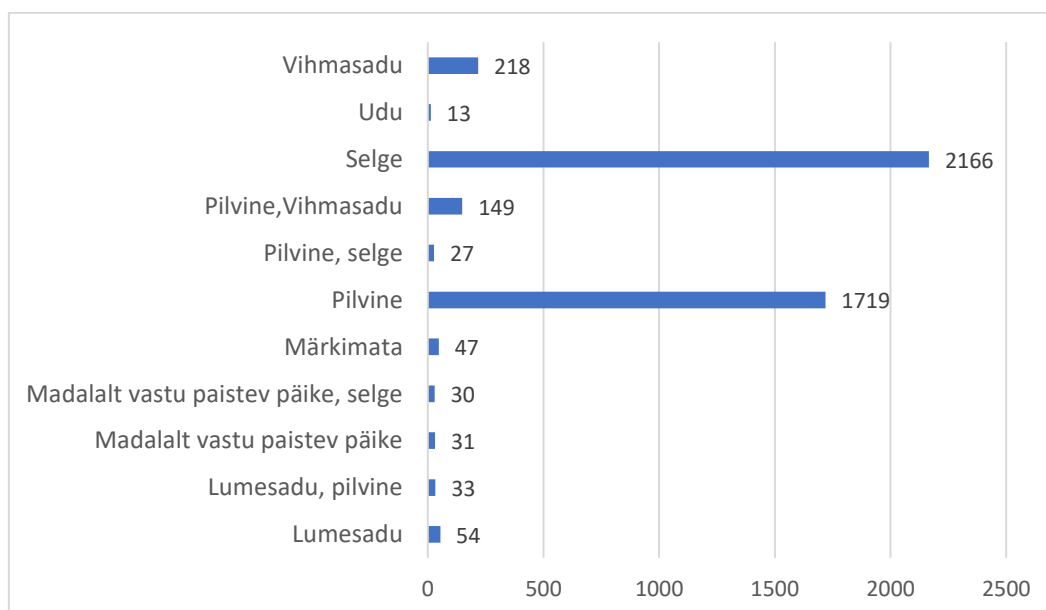
Allikas: Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Jooniselt 3.2 on esitatud põhilised liiklusõnnetused liigiti aastatel 2014-2018, kus on inimesed saanud vigastada või hukkunud. Enim on toimunud sõiduki kokkupõrkeid jalakäijaga (1 698 liiklusõnnetust, ligikaudu 24% kõigist liiklusõnnetustest). Sellele järgneb kokkupõrge sõidukiga küljelt (1 383 liiklusõnnetust, ligikaudu 19% kõigist liiklusõnnetustest) ning sõiduki teelt väljasõit (1 053 liiklusõnnetust, ligikaudu 15% kõigist liiklusõnnetustest). Kõige vähem on toimunud kokkupõrkeid teel (55 liiklusõnnetust) ja kokkupõrkeid loomaga (77 liiklusõnnetust). 164 liiklusõnnetuse puhul on konkreetne liigitus puudu. Liiklusõnnetuse asukohast selgub, et 49%

kõigist liiklusõnnetustest, kus on inimesed saanud vigastada või hukkunud, on toimunud Harjumaal. Järgneb Tartu maakond 11% ning Pärnu maakond 7%. Ligikaudu 7% liiklusõnnetustest on märkimata asukohaga. Asula piirides on toimunud 4 523 liiklusõnnetust ning asulast väljas 2 602.

Aastatel 2014-2018 on liiklusõnnetustes olnud osalised 14 692 liiklejat ning 11 068 sõidukit. Samal perioodil on liiklusõnnetustes hukkunud 334 ning vigastada saanud 8 833. Lisaks on liiklusõnnetuste andmekogus märgitud, et aastatel 2014-2018 on esinenud 3 korral esinenud tagajärje kategooriat „muu tagajärg“, mis Maanteeameti liiklusohutuse osakonna eksperdi sõnul tähendab seda, et inimene on hukkunud, kuid inimene suri mitte liiklusõnnetuse tagajärjel, vaid muul põhjusel. Need on näiteks terviserikke tõttu roolis surnud inimesed, keda ametlikult ei loeta liiklusõnnetuses hukkunuteks.

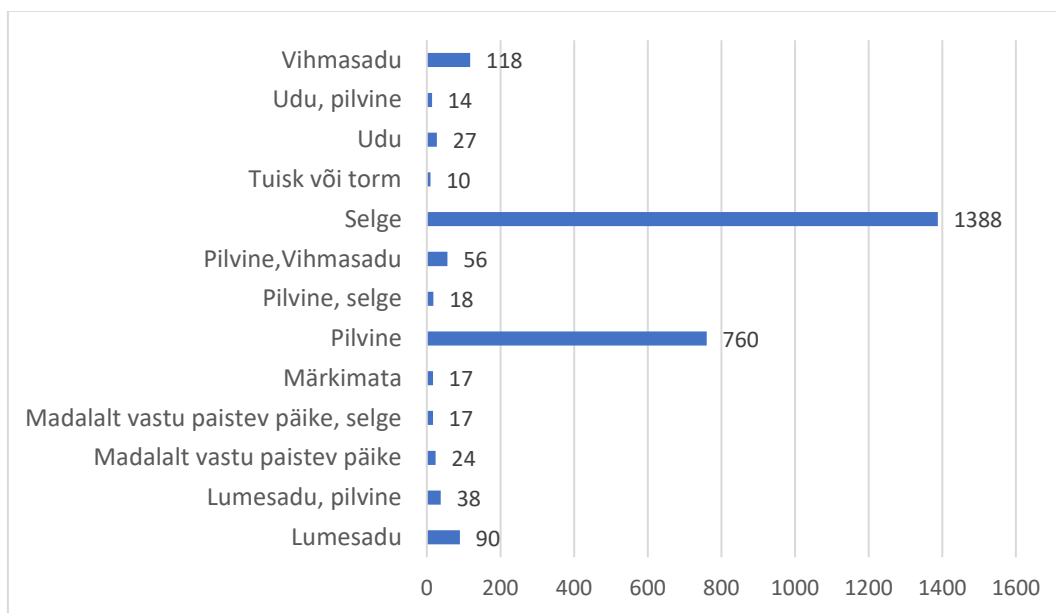
Iga liiklusõnnetuse kohta fikseeritakse Politsei- ja Piirivalveameti poolt ilmaolud liiklusõnnetuse toimumise ajal. Antud töö üheks eesmärgiks on võrrelda Politsei- ja Piirivalveameti poolt fikseeritud ning liiklusõnnetuste andmekogusse sisestatud ilmaolusid liiklusõnnetuse toimumiskohale kõige lähemal asetseva teeilmajaama poolt fikseeritud ilmaoludega. Alljärgnevatel joonistel 3.3 ja 3.4 on esitatud andmed Politsei- ja Piirivalveameti poolt fikseeritud ilmaolud liiklusõnnetuste puhul. Järgnevatel joonistel on eristatud liiklusõnnetusi, mis toimusid asulas ning asulast väljas. Jooniste lugemise selguse huvides ei kajastata alltoodud joonistel 3.3 ja 3.4 neid ilmaolusid, mida esines alla 10 korra. Analüüsi tulemusena võib öelda, et võrreldes politsei poolt kirja pandud ilmaandmeid Teede Tehnokeskus AS-i teeilmajaamade andmetega, siis võrreldud juhtumitest 15% puudus ilmaolude omavaheline otsene vastavus.



Joonis 3.3 Ilmaolud liiklusõnnetuste toimumisel asulas 2014-2018

Allikas: Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekoguse andmed. Autori koostatud (2019)

Jooniselt 3.3 on esitatud põhilised ilmaolud liiklusõnnetuste toimumise ajal asulas aastatel 2014-2018. Joonisel esitatud andmetest ilmneb, et asulas on enamik liiklusõnnetustest (2 166 õnnetust, ligikaudu 48% kõigist liiklusõnnetustest) toimunud selgete ilmaoludega, mis tähendab, et antud hetkel ei ole sadanud. Sellest järgmised kõige suurema osakaaluga ilmaolude kirjeldused liiklusõnnetuse toimumise ajal asulas on pilvine ilm (1 719 õnnetust, ligikaudu 38% kõigist liiklusõnnetustest) ning vihmased (218 õnnetust, ligikaudu 5% kõigist liiklusõnnetustest).



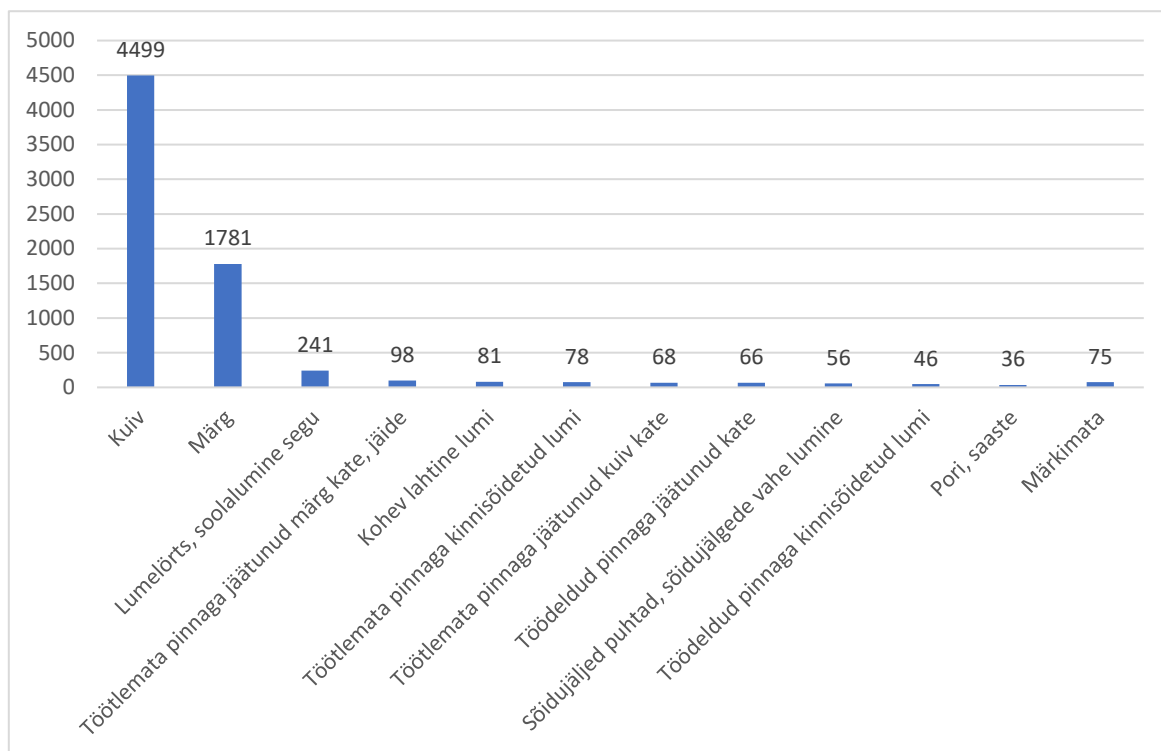
Joonis 3.4 Ilmaolud liiklusõnnetuse toimumise ajal asulast väljast

Allikas: Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Joonisel 3.4 on esitatud põhilised ilmaolud liiklusõnnetuste toimumise ajal asulast väljas aastatel 2014-2018. Joonisel toodud andmetest ilmneb, et asulast väljas on enamik liiklusõnnetusi (1 388 õnnetust, ligikaudu 53% kõigist liiklusõnnetustest) toimunud selgete ilmaoludega, mis tähendab, et antud hetkel ei ole sadanud. Sellest järgmised kõige suurema osakaaluga ilmaolude kirjeldus liiklusõnnetuse toimumise ajal asulas on pilvine ilm (760 õnnetust, ligikaudu 30% kõigist liiklusõnnetustest) ning vihmased (118 õnnetust, ligikaudu 5% kõigist liiklusõnnetustest).

Jooniste 3.3 ja 3.4 võrdluses saab öelda, et kuigi arviliselt toimub rohkem liiklusõnnetusi asulas, siis kolm kõige enam esinenud ilmaolude kirjeldust on liiklusõnnetuste puhul ühesugused ning ka sarnase osakaaluga. Kuna tõenäoliselt esinebki kuivi, selgeid ning vihmaseid ilmaolusid arviliselt kõige rohkem, siis on ka arviliselt nende ilmaolude puhul enim liiklusõnnetusi. Liiklusõnnetusi, milles ilmaolud on jäänud märkimata on vastavalt 47 asulas ning 17 asulast väljas.

Lisaks ilmaolude üldisele kirjeldusele on esitatud politsei poolt liiklusõnnetuste andmekogus fikseeritud teekatteseisundi kirjeldus liiklusõnnetuste asukohtades aastatel 2014-2018. Järgneva joonise 3.5 puhul ei ole esitatud täpsustust asulas või sellest väljas paiknemise osas.



Joonis 3.5 Teekatteseisund liiklusõnnetuste asukohtades 2014-2018

Allikas: Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Joonisel 3.5 esitatud andmetest lähtudes saab välja tuua, et enamike liiklusõnnetuste puhul on teekatteseisund olnud kuiv (4 499 õnnetust, ligikaudu 63% kõigist liiklusõnnetustest). Sellele järgneb märk teekatte seisund (1 781 õnnetust, ligikaudu 25% kõigist liiklusõnnetustest) ning lumelörts, soolalumine segu (241 õnnetust, ligikaudu 3% kõigist liiklusõnnetustest). Märkimata on teelud 75 liiklusõnnetusel.

Temperatuurid ei ole liiklusõnnetuste andmekogus politsei poolt fikseeritud. Selleks, et võrrelda liiklusõnnetuste ajal fikseeritud õhutemperatuure, oli vajalik kokku viia liiklusõnnetuse toimumispaigale lähim Teede Tehnokeskus AS-i teelmajaam ning tuvastada vastav õhutemperatuuri väärtus. Seejärel on võrdluse loomiseks vajalik leida aastate 2014-2018 liiklusõnnetuste ajal aset leidnud keskmine õhutemperatuur. Antud töö Lisas 3 esitatud joonistel L 3.1 –L 3.5 on võimalik tuvastada, millised perioodid aastatel 2014-2018 on olnud üle keskmise õhutemperatuuri ning millised perioodid jäävad alla keskmise õhutemperatuuri.

Antud töö Lisas 3 joonistel L 3.1 –L 3.5 on esitatud 2014-2018 perioodi temperatuurid jaanuarist-detsembrini, mis on teelmajaamade poolt mõõdetud liiklusõnnetuste andmekogus märgitud liiklusõnnetuse toimumise kellaajale kõige lähemal kellaajal. Vastavaid õhutemperatuuri näitajaid

on võrreldud 2014-2018. aastatel fikseeritud teeilmajaama õhutemperatuuridega. Lisas 3 esitatud joonisel L 3.1 ilmneb, et 2014. aastal on õhutemperatuur enamikel kuudel olnud 2014-2018. aasta keskmisest kõrgem. Need kuud, mil õhutemperatuur oli keskmisest kõrgem on järgnevad: veebruar, märts, aprill, juuli, august, september, oktoober, november, detsember. Lisas 3 esitatud joonisel L 3.2 ilmneb, et 2015. aastal on 2014. aastaga võrreldes oluliselt vähem kuid, kus õhutemperatuur on olnud 2014-2018. aasta keskmisest kõrgem. Need kuud, mil õhutemperatuur oli keskmisest kõrgem on järgnevad: jaanuar-veebruari keskpaik ning osaliselt juunis. Seega võib öelda, et üldiselt jääb õhutemperatuur 2015. aastal alla 2014-2018 perioodi keskmise. Lisas 3 esitatud joonisel L 3.3 ilmneb, et 2016. aastal on õhutemperatuur enamikel kuudel olnud 2014-2018. aasta keskmisest madalam. Need kuud, mil õhutemperatuur oli keskmisest kõrgem on järgnevad: osa veebruarist, mai ja juuni. Lisas 3 esitatud joonisel L 3.4 ilmneb, et 2017. aastal on õhutemperatuur enamikel kuudel olnud 2014-2018. aasta keskmisest madalam. Need kuud, mil õhutemperatuur oli keskmisest kõrgem on järgnevad: jaanuar, veebruar, märts, augusti keskpaik ning novembri keskpaik kuni detsember. Antud töö Lisas 3 esitatud joonisel L 3.5 ilmneb, et 2018. aastal on õhutemperatuur enamikel kuudel olnud 2014.-2018. aasta keskmisest kõrgem. Lisada võib, et vahe keskmise temperatuuriga ning 2018. aasta näitajatega on eristatav aprillist novembrini.

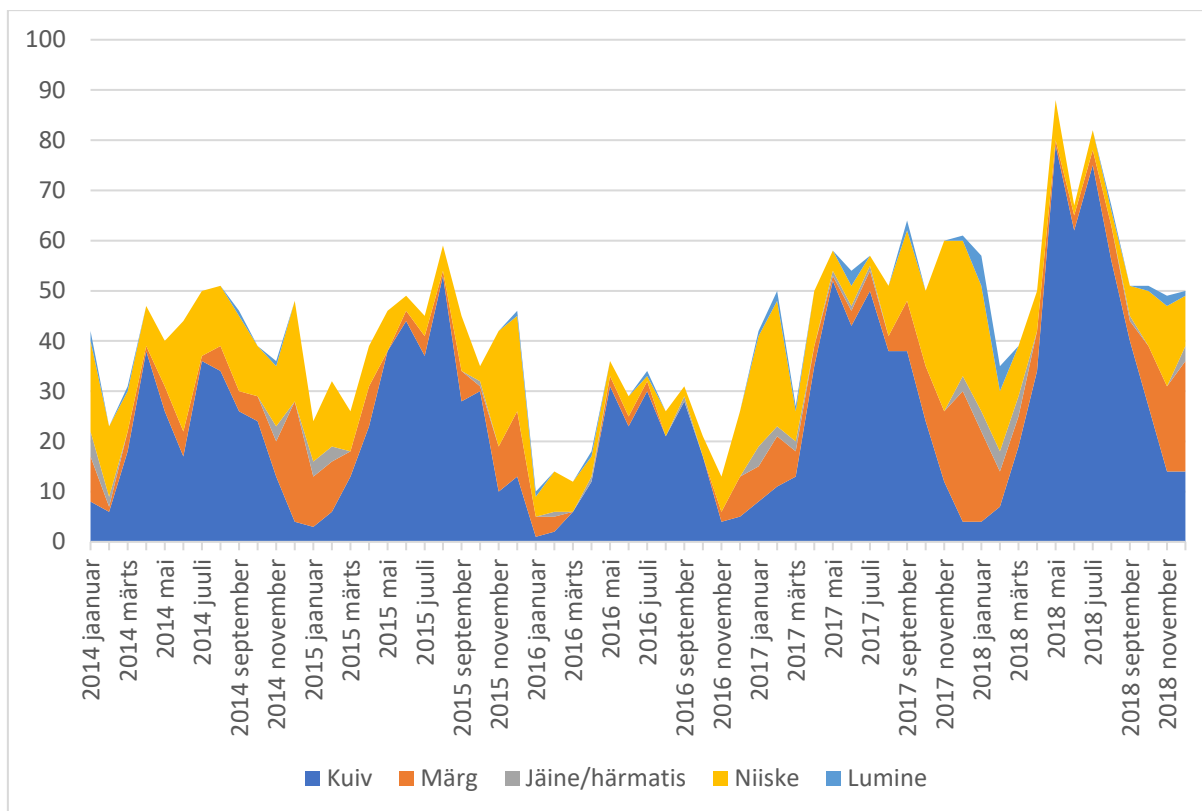
Lisaks õhutemperatuurile võimaldavad AS Teede Tehnokeskuse teeilmajaamad anda informatsiooni konkreetse ajahetke tee staatusest ehk hetkeolukorrast ning sademete tüübist. Alljärgnevas tabelis on autori poolt esitatud kokkuvõtlikud andmed aastate 2014-2018 kohta kuude kaupa. Andmed tabelis näitavad 50 teeilmajaama andmete põhjal mitmel korral on teeilmajaamad konkreetset olukorda tuvastanud. Tabeli 3.2 analüüsimisel tuleb arvestada, et enamik teeilmajaamadest fikseerib olukorda iga 10 minuti tagant, kuid mõni teeilmajaam fikseerib olukorda iga tunni tagant. Tegemist on üldandmetega ehk alljärgnevas tabelis ei ole loodud otseseid seoseid liiklusõnnetuste toimumise ajal fikseeritud näitajatega. Tabelist 3.2 ilmneb, et kõige rohkem esineb kuiva ilmaolu, märga ning niisket. Arvuliselt vähem esineb jäist või härratisega seotud ilmaolusid ning lumiseid ilmaolusid.

Tabel 3.2 Teeilmajaamade poolt fikseeritud ilmaolud 2014-2018

Periood	Kuiv/ei saja	Märg/vihm	Jäine/härmatis	Niiske	Lumine/lumi
2014-2018 jaanuar	85486	13091	8164	56123	17530
2014-2018 veebruar	82642	12633	4597	50155	13104
2014-2018 märts	137255	10769	1971	34041	5346
2014-2018 aprill	151740	11748	989	23494	2689
2014-2018 mai	174710	5144	760	21583	851
2014-2018 juuni	148899	8199	757	21952	994
2014-2018 juuli	157735	5820	756	22030	979
2014-2018 august	152100	8183	758	22007	1010
2014-2018 september	148087	9630	756	22147	1205
2014-2018 oktoober	144082	17467	1101	23949	2118
2014-2018 november	96863	19477	2337	39693	6991
2014-2018 detsember	84033	21451	4277	54454	10168
Kokku	1563631	143613	27221	391628	62986

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu. Autori koostatud (2019)

Järgnevalt on koostatud joonis 3.6, mis põhineb antud lõputöö Lisas 2 esitatud tabelitel L 2.1-L 2.5. Joonisel on esitatud eraldi need ilmaolude näitajad, mis on otseselt seotud liiklusõnnetuste ning nende ajal fikseeritud teeseisundi näitajatega aasta ning kuu kaupa. Näitajad on esitatud viies kategoorias: kuiv, märg, jäine/härmatis, niiske ning lumine. Jooniselt on võimalik näha teatud hooajalist korduvust, kus perioodidel nagu näiteks november kuni märts toimuvate liiklusõnnetuste ajal on fikseeritud enamjaolt märjad ning niisked ilmaolud. Joonisel 3.6 on näha hooajalised trendid, kus perioodidel aprill-oktoober toimuvad liiklusõnnetused valdavalt kuivade ilmaolude ajal. Siis toimub ka arvuliselt kõige rohkem liiklusõnnetusi. Arvuliselt kõige vähem toimub liiklusõnnetusi jäise/härmatis ja lumise ilmaolude ajal. Liiklusõnnetuste suvise koguarvu poolest eristus 2018. aasta suvi, kus liiklusõnnetusi toimus mais, juunis ning juulis rohkem kui sellest eelneval neljal aastal. Teoreetilises teemakäsitluses esitati Keskkonnaagentuuri 2014-2018. aasta kokkuvõtete põhjal tabel 1.2, kus mainiti, et 2017. aasta sajuseim kuu oli oktoober. 2017. aasta eristub alloleval joonisel teistest aastatest suurema liiklusõnnetuste arvuga, mis leidsid aset märgades või niisketes tingimustes. Lisaks on võimalik välja tuua, et 2016. aasta perioodil november-märts toimus teistest aastatest vähem liiklusõnnetusi.



Joonis 3.6 Liiklusõnnetuste toimumisel fikseeritud ilmaolud 2014-2018

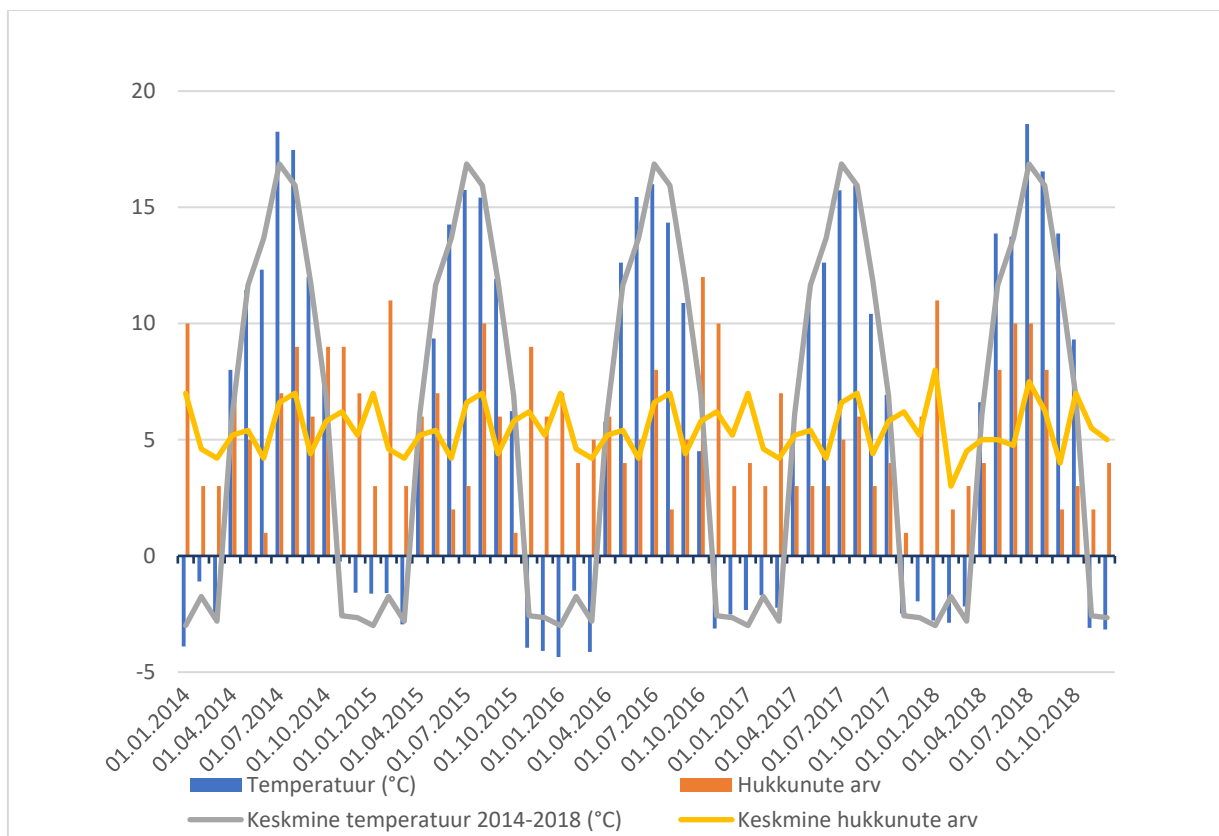
Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Antud töö Lisas 4 esitatud joonisel L 4.1 on esitatud aegrida temperatuuri, sademete ja hukkunute kohta 2014-2018. Temperatuuri ja sademete andmed on seotud liiklusõnnetusele kõige lähema võimaliku mõõtmistulemusega teeilmajaamadest pärinevatest andmetest. Joonisel L 4.1 ilmneb, et õhutemperatuuri muutumise poolest on sarnased 2014. ja 2018. aasta, kui tekib juulis-augustis nii öelda temperatuuri terav tipp ehk aasta maksimum. Kui võrrelda õhutemperatuuri ning liiklusõnnetuste toimumise suhet, siis nendest liiklusõnnetustest, mille õhutemperatuur oli võimalik tuvastada ligikaudu 26% leidis aset temperatuuri vahemikus 10-15°C. Sellele järgnes ligikaudse 23% liiklusõnnetuste osakaaluga temperatuuri vahemik 15-20°C ning ligikaudse 16% liiklusõnnetuste osakaaluga temperatuuri vahemik 5-10°C. Kriitilise temperatuuri vahemiku ehk 0°C ümbruses toimus vastavalt 13% (-5°C kuni 0°C) ning 8% (suurem kui 0°C kuni 5°C) liiklusõnnetustest. See tähendab, et kriitilise temperatuuri ehk 0°C ümbruses toimub ligikaudu 21 % kõigist võrreldud liiklusõnnetustest.

Sarnaselt Lisas 4 esitatud joonisele L 4.1, on Lisas 5 esitatud joonis L 5.1, mis kujutab aegrida temperatuuri, sademete ja vigastatute arvu seoste kohta liiklusõnnetustes 2014-2018. Joonise L 5.1 andmed on esitatud kahel skaalal, sest vigastatute arv ulatub sadadesse, kuid temperatuuri maksimaalne näitaja on kuni 20°C. Joonisel eristub 2014. aasta, mil oli vähem vigastatuid aasta

soojemal ajal (temperatuurid üle 5°C). Samuti on võimalik näha, et üldjuhul aasta kõige soojemate temperatuuride esinemisel saavutab ka vigastada saanud inimeste arv aastase maksimaalse tipu. Sademete esinemisega ei ole antud aegrea puhul võimalik olulisi järeltõlkeid teha. Vigastatud inimeste ja sademete esinemise vahel otsest seost joonisel L 5.1 ei ole.

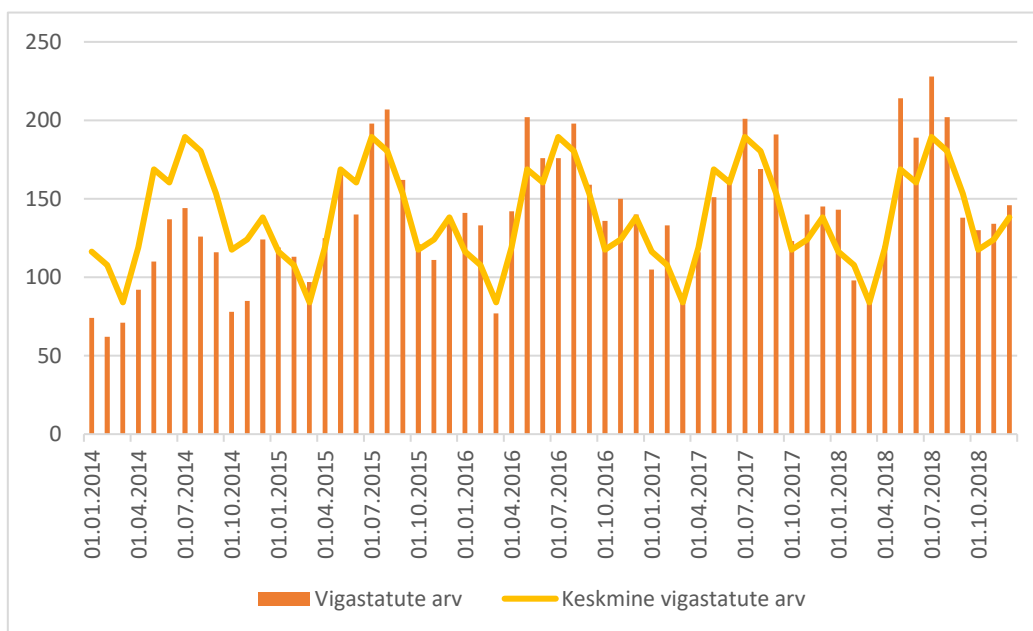
Selleks, et võrrelda erinevate aastate kaupa olukorda viimase viie aasta keskmisega, on graafiliselt kujutatud joonisel 3.7 temperatuuri ja hukkunute arvude seosed liiklusõnnetustes 2014-2018. Samuti on samal joonisel esitatud samade näitajate keskmised. Joonise andmetest ilmneb mitmed huvitavaid näitajaid. Periooditi on näha, et keskmisest kõrgem või madalam temperatuuri esinemisega samal ajal on keskmisest suurem arv hukkunuid. Siin eristuvad 2014. aasta ning 2018. aasta suvine periood ning eelkõige juulikuu, kus keskmisest kõrgema õhutemperatuuri esinemise perioodil esines ka keskmisest rohkem hukkunuid. Hukkunute arv on talvistel perioodidel aasta alguses suurem ning neljal aastal (v.a 2015. aasta) on sel perioodil ka keskmisest madalam õhutemperatuur. Teatud seoseid võib jooniselt 3.7 näha, kuid antud lõputöö eesmärgiks on ka statistiliselt välja tuua seoste suurused. Need seosed on esitatud tabelis 3.3 ning 3.4.



Joonis 3.7 Temperatuuri ja hukkunute arvu seosed liiklusõnnetustes võrreldes keskmiste näitajatega 2014-2018

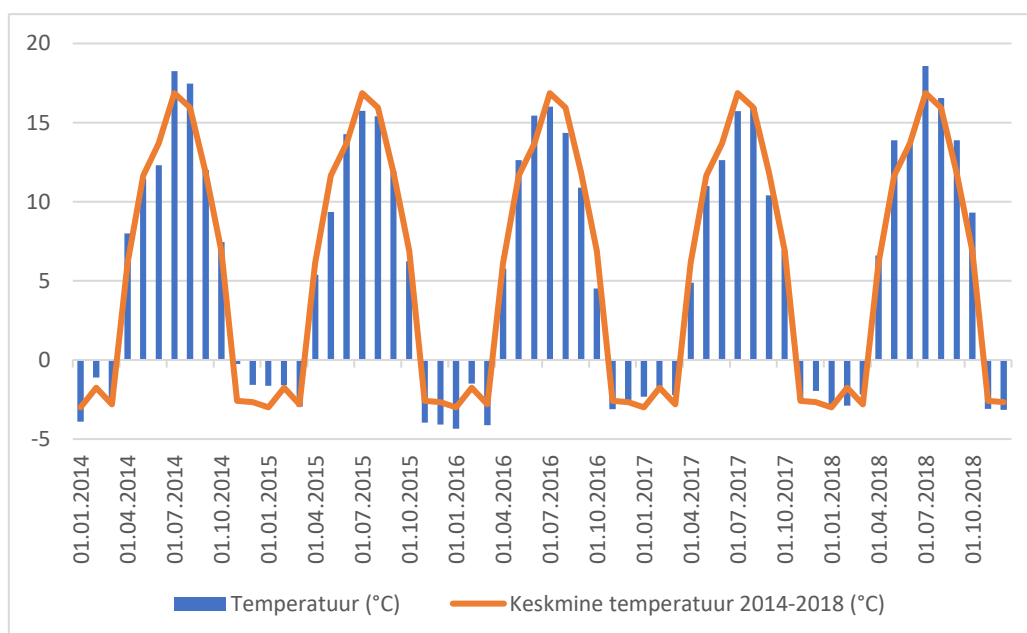
Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Joonistel 3.8 ja 3.9 on esitatud seosed vigastatute arvu ning õhutamperatuuri ja mõlema keskmiste väärtuste kohta. Jooniseid tuleks vaadata omavahel seostatult ehk analüüsida, kuidas muutuvad vigastatute arv ning õhutamperatuur ning nende näitajate keskmised väärtused. Erandina joonistub selgelt välja 2014. aasta, kus juulikuu ning augusti kuu olid tervikuna üle keskmise soojad, kuid vigastatute arv jäi sel perioodil selgelt alla keskmise. Samas eristub ka 2018. aasta erakordselt soe suvi, mil samal perioodil oli ka liiklusõnnetustes keskmiselt rohkem vigastatuid.



Joonis 3.8 Liiklusõnnetustes vigastatute arvu võrdlus keskmisega 2014-2018

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)



Joonis 3.9 Liiklusõnnetustes toimumise ajal fikseeritud temperatuuride võrdlus keskmisega 2014-2018

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Järgnevat autori poolt koostatud tabelites 3.3 ning 3.4 on esitatud kahe ilmaolu ning liiklusõnnetuse näitajate omavaheline seos korrelatsiooni kasutades. Tabelis on tumerohelisega märgitud tugevad positiivse korrelatsiooniga seosed ehk olukorrad, kus kahe näitaja vahel on korrelatsioonikordaja suurem kui 0,7. Helerohelisega on märgitud nõrgad positiivse korrelatsiooniga seosed ehk olukorrad, kus kahe näitaja vahel on korrelatsioonikordaja 0,3 ning 0,5 vahemikus. Kollasega on toodud olematu positiivse ja negatiivse korrelatsiooniga seosed ehk näitajad, mille korrelatsioonikordaja on väiksem kui 0,3. Oranžiga on märgitud nõrgad negatiivse korrelatsiooniga seosed ehk need näitajad, kus korrelatsioonikordaja on 0,3 ning 0,5 vahemikus. Positiivne seos näitab, et ühe näitaja suurenemisel suureneb ka teine. Negatiivne seos samas näitab, et kui üks näitaja suureneb, siis teine väheneb. Mida lähemal on näitaja nullile, seda kindlamalt võib öelda, et nende näitajate omavaheline seos puudub. [47, 49] Tabelitest 3.3 ja 3.4 selgub, et positiivne tugev korrelatsioon on temperatuuri ja vigastatute vahel ehk temperatuuri kasvades suureneb vigastatute arv. Nõrk positiivne korrelatsioon esineb ka 2018. aasta puhul, kus hukkunute arv on nõrgas korrelatsioonis temperatuuriga. Negatiivne nõrk korrelatsioon on sademete ja vigastatute vahel ehk võib eeldada, et sademete vähenedes väheneb suureneb vigastatute arv. Keskmiste näitajate analüüsis selgub, et positiivne tugev korrelatsiooni on keskmise temperatuuri ja keskmise vigastatute arvu vahel. Nõrk negatiivne korrelatsioon on keskmise sademete hulga ja keskmise vigastatute arvu vahel.

Tabel 3.3 Korrelatsioonikordaja temperatuuri, sademete ning hukkumise ja vigastuse vahel

Aasta	Temperatuuri ja hukkunute seose tugevus	Temperatuuri ja vigastatute seose tugevus	Sademetega ja hukkunute seose tugevus	Sademetega ja vigastatute seose tugevus
2014	-0.02	0.75	-0.06	-0.54
2015	-0.16	0.82	-0.17	-0.06
2016	-0.18	0.78	0.11	-0.14
2017	0.05	0.75	-0.03	-0.03
2018	0.44	0.76	0.13	-0.44

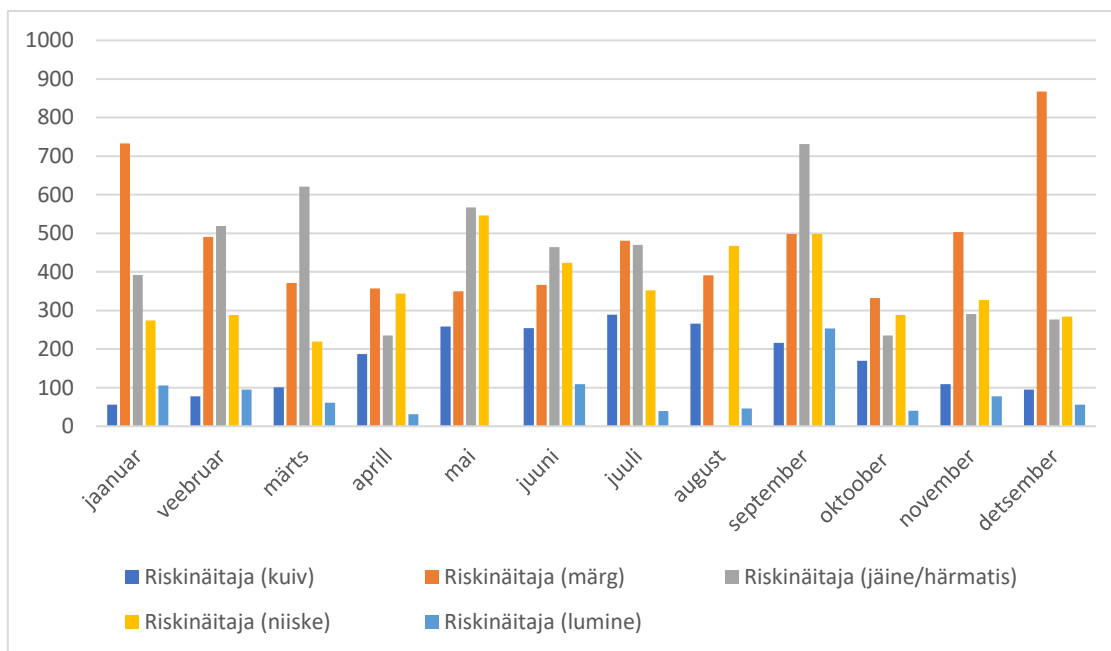
Allikas: Autori koostatud analüüsi tulemuste põhjal (2019)

Tabel 3.4 Korrelatsioonikordaja keskmise temperatuuri, sademete ning hukkumise ja vigastuse vahel

Aasta	Keskmise temperatuuri ja hukkunute seose tugevus	Keskmise temperatuuri ja vigastatute seose tugevus	Keskmise sademete hulga ja hukkunute seose tugevus	Keskmise sademete hulga ja vigastatute seose tugevus
2014	0.13	0.85	-0.14	-0.49
2015	0.13	0.85	-0.14	-0.49
2016	0.13	0.85	-0.14	-0.49
2017	0.13	0.85	-0.14	-0.49
2018	0.18	0.85	-0.27	-0.49

Allikas: Autori koostatud analüüsi tulemuste põhjal (2019)

Alloleval joonisel 3.10 on toodud perioodi 2014-2018 ilmaoludega seotud riskinäitajad kuude kaupa. Riskinäitaja on leitud jagades liiklusõnnetuse ajal fikseeritud ilmaolude esinemine konkreetsel perioodil 2014-2018 sama kategooria ilmaoludega üldise esinemisega. Eristatakse kuiva, märga, niisket, lumist ning jäist või härmatisega seotud teeseisundit. Andmed on esitatud aastate kaupa, kuid kokkuvõtliku riskinäitaja koostamiseks on kuude arvestused koondatud. Seejärel on näitajad korrutatud ühise nimetajaga, et arvud oleksid paremini võrreldavad. Seega peaks olema joonisel 3.10 olema esitatud asjaolu, kus ilmaolu risk ei väljenda seda kui palju antud ilmaolu üldiselt esines, vaid seda kui tihti antud ilmaolu esines seotuna liiklusõnnetusega. Jooniselt 3.10 selgub, et kuiva ilma riskinäitaja ei ole üldiselt teiste ilmanäitajatega võrreldes suur. Seda tõenäoliselt seetõttu, et kuiva ilma leiab aset teistest ilmaoludest oluliselt rohkem. Seetõttu isegi kui selle ilmaoluga toimub ka arvuliselt rohkem õnnetusi, siis riskinäitaja on üldise tiheda esinemise tõttu madal. Võimalik on näha, et kuiva ilma riskinäitaja suureneb maist-juulini. Juulis saavutab oma aastase maksimumi ning aasta lõpu poole langeb. Maist septembrini on oluliseks probleemiks niisked teolud. Septembris suureneb järsult jäise teekattega seotud liiklusõnnetuste toimumise risk. Samas on jaanuaris ning detsembris suur risk märja ilma puhul. See on tõenäoliselt seetõttu, et on oht libeduse tekkeks ning lumiste tingimustega võib märg ilm tekitada keerulised teolud ja seetõttu kaasa tuua rohkem liiklusõnnetusi. Samas on näha, et ka jäine ning härmatis moodustab olulise riski märtsis ja septembris. Riskinäitaja jäine/härmatis on suure kaaluga mais, juunis ja juulis. Võimalik on see, et tegemist on andmestiku veaga või sellega, et juhul kui antud erakordset riski nendel kuudel esineb, siis on see kõrge riskiga ning võib kaasa tuua inimkahjuga liiklusõnnetuse.



Joonis 3.10 Liiklusõnnetuste riskinäitajad 2014-2018

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Allolevas tabelis 3.5 on esitatud riskinäitajate järjestus kuude kaupa perioodil 2014-2018 ning põhineb samuti joonise 3.10 aluseks olevatel andmetel. Igal kuul on hinnatud iga konkreetse ilmaolu riski ning järjestatud vastavalt riski suurusele. Riskid on järjestatud vahemikus 1-5 ning 1 tähistab kõige väiksemat riski ning 5 tähistab konkreetse kuu suurimat riski 2014-2018 andmete põhjal. Täiendavalt on iga ilmaolu kohta esitatud keskmine näitaja, mis võimaldab välja tuua, et läbi aasta on kõige suurema riskiga märjad ilmaolud. Sellele järgnevad vastavalt jääne/härmatis ning niisked ilmaolud. Kuna ilmastik on seotud aastaegadega, siis on järgnevalt esitatud andmed aastaegade kaupa. Põhilised talvekuud ehk detsembri veebruarini on kõige suurema riskiga liiklusõnnetuse toimumiseks märjad ning niisked ilmaolud. Jaanuarikuus on olulise riskiga ka jääne/härmatis. Põhilistel kevadkuudel (märts-mai) ning suvekuudel (juuni-august) on suurema riskiga ilmaolud liiklusõnnetuse toimumiseks niiske, märg ning jääne/härmatis. Sügiskuudel (september-november) on põhilised suurema riskiga ilmaolud märg, niiske ning jääne/härmatis. Ilmneb, et põhilised liiklusõnnetuse riski suurendavad ilmaolud on aastaegade kaupa samad, kuid erineva riski suurusega.

Tabel 3.5 Liiklusõnnetuste ajal esinenud ilmaolude riskinäitajate järjestus kuude kaupa 2014-2018

Riskinäitaja	Jaanuar	Veebruar	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	November	Detsember	Keskmine
Kuiv	1	1	2	2	2	2	2	3	1	2	2	2	1,83
Niske	3	3	3	4	4	4	3	5	3	4	4	4	3,67
Märg	5	4	4	5	3	3	5	4	4	5	5	5	4,33
Lumine	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1,33
Jääne/härmatis	4	5	5	3	5	5	4	1	5	3	3	3	3,83

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Riskinäitaja ning liiklusõnnetuse toimumise riski seose esitamiseks arvutati välja näitajate vahelised korrelatsioonikordajad, mis on esitatud tabelis 3.6. Sellest selgub, et tugev positiivne korrelatsioon on liiklusõnnetuse toimumise riski ning kuiva ning märja ilmaolu puhul. See tähendab, et kuivade ja märgade ilmaolude esinemisel suureneb liiklusõnnetuse toimumise risk. Samas nõrk positiivne korrelatsioon esineb liiklusõnnetuse ja lumiste ilmaolude puhul. Nõrk negatiivse korrelatsioon esineb liiklusõnnetuse ja niiskete ilmaolude puhul, mis tähendab, et niiskete ilmaolude puhul liiklusõnnetuse toimumise risk väheneb. Olematu korrelatsioon esineb liiklusõnnetuse ja jääste või härmatis esinemisega seotud ilmaolude puhul.

Tabel 3.6 Liiklusõnnetuse toimumise ja ilma parameetri korrelatsioon

Õnnetuse toimumise ja ilma parameetri korrelatsioon (kuiv)	Õnnetuse toimumise ja ilma parameetri korrelatsioon (märg)	Õnnetuse toimumise ja ilma parameetri korrelatsioon (jäine/härmatis)	Õnnetuse toimumise ja ilma parameetri korrelatsioon (niiske)	Õnnetuse toimumise ja ilma parameetri korrelatsioon (lumine)
0.99	0.88	0.19	-0.44	0.40

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

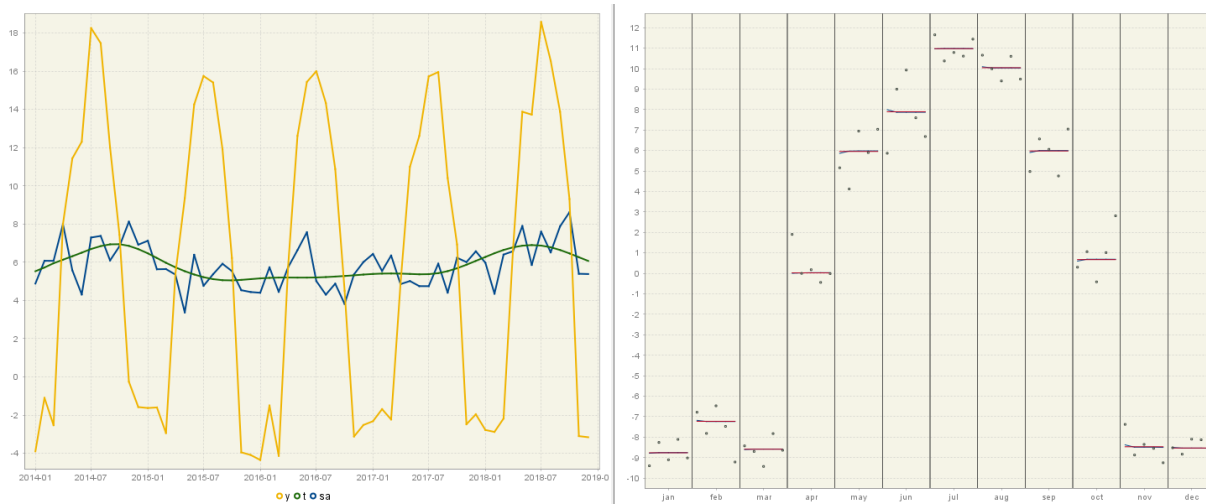
Tabelis 3.7 on esitatud JDemetra+ programmi kasutades temperatuuri, sademete, hukkunute ja vigastatute aegrea statistiline analüüs. Statistiline analüüs on koostatud kasutades nelja komponenti: kokkuvõte, m-statistika, normaalsus ja erindid, mille tähendus on täiendavalt selgitatud antud töö metoodika alapeatükis 2.4. Statistilise analüüsi tulemused on esitatud järgnevalt. Need näitajad iseloomustavad aegrea elementide jaotumist. Statistiliselt sobivad tulemused saadi ehk testi tulemus oli hea temperatuuri ja vigastatute aegrea puhul. See tähendab, et nende aegridade puhul on juhuslikke näitajaid vähem, mis tähendab ka seda, et nende näitajate kohta oli võimalik koostada prognoos, mis põhines viie viimase aasta andmetel. Sademete ja hukkunute puhul andis programm tulemuseks kirjelduse „raske“, mis tähendab, et tulemused ei sisalda loogilisi vigu, kuid neid ei ole võimalik aktsepteerida statistilise testi tulemuse tõttu [55]. Halb tulemus erindite puhul tähendab seda, et tulemuste üldine kvaliteet ei ole hea, kuid statistiliste testide tulemused on aktsepteeritavad [55].

Tabel 3.7 Statistiliste näitajate kokkuvõte

Statistiline näitaja	Temperatuur	Sademed	Hukkunud	Vigastatud
Kokkuvõte (<i>summary</i>)	Hea	Raske	Raske	Hea
M-statistika (<i>m-statistics</i>)	Hea	Raske	Raske	Hea
Normaalsus (<i>normality</i>)	Hea	Hea	Ebamäärane	Hea
Erindid (<i>outliers</i>)	Hea	Halb	Hea	Hea

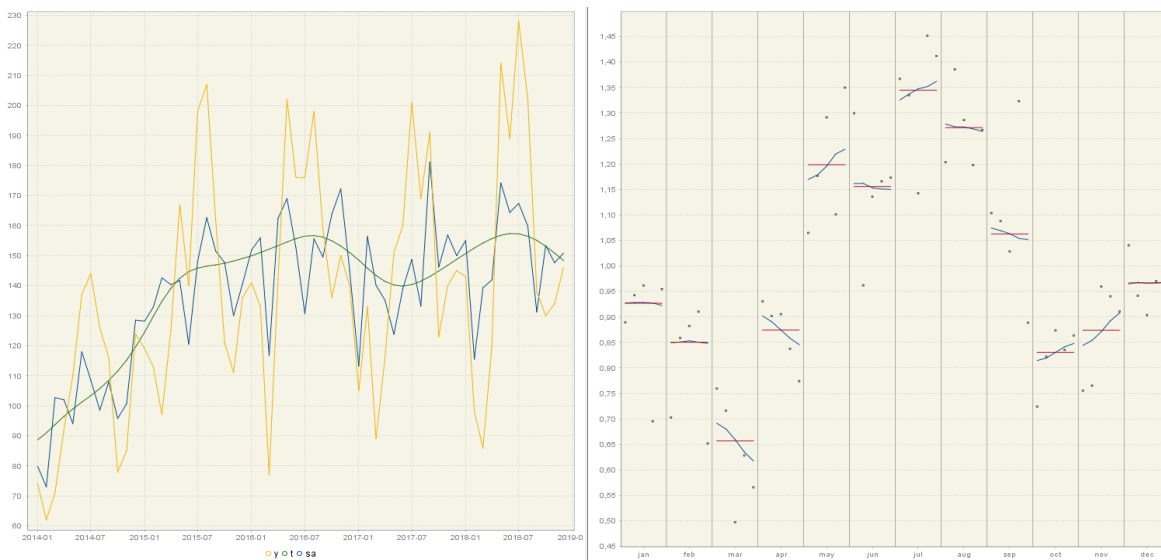
Allikas: Autori koostatud kasutades JDemetra+ programmi (2019)

Joonistel 3.11 ja 3.12 on esitatud väljavõtted JDemetra+ programmist. Täpsemalt on esitatud 2014-2018 perioodi temperatuuri ja vigastatute aegread. RegARIMA mudeli joonistel on originaalandmed esitatud kollasega, sesoonselt korrigeeritud andmed sinisega ning trend rohelisega. Hukkunute ja sademete aegread on esitatud antud töö Lisades 7 ja 8. Aegrea andmetest tulenevalt võib öelda, et temperatuuri jaotuvus on küllaltki ühetaoline, kuid vigastatute aegrida on küllaltki varieeruv. Temperatuur puutub aastate võrdluses küllaltki sarnaselt ning ei varieeru väga oluliselt. Samuti on ka trend ühtlane ning kujutab kerget tõusu 2014. ning 2018. aastal. Vigastatute puhul on varieeruvus suur, kuid samas on märgata aegrea teatud mustrid.



Joonis 3.11 Temperatuuri aegrida 2014-2018

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019) JDemetra+ programmis



Joonis 3.11 Vigastatute aegrida 2014-2018

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019) JDemetra+ programmis

3.2 Prognoosi ja riskinäitajate kriteeriumite koostamine

Teades, kui suur on seos erinevate ilmaolude ning liiklusõnnetuste toimumise ja nendega seotud inimkahjude vahel, on võimalik kasutada seda teadmist koostades vastav prognoos või kriteeriumid, mida rakendada konkreetse olukorra analüüsimisel. Ilmaolude kriteeriumid on antud töö kontekstis autori poolt koostatud ja kohandatud, kuid põhinevad antud magistritöö teoreetilises osas tutvustatud teaduslikel uurimustel.

Kriteeriumid on jaotatud tunnuste põhjal kuueks. Eristatud on kriteeriumit „sademed“, mille puhul on sademeid 1 mm või rohkem. Järgmiseks kriteeriumiks on olukord „sademed-külm“, kus sademeid on 1 mm või rohkem, kuid temperatuur on alla keskmise. Kolmanda kriteeriumina on toodud olukord „kuiv-külm“, kus sademeid ei ole ning temperatuur on alla keskmise. Neljandaks kriteeriumiks on „jäide“, kus temperatuur on alla nulli. Viiendaks kriteeriumiks on „sademed-soe“, kus sademeid on 1 mm või rohkem ning temperatuur on üle keskmise. Kuuendaks kriteeriumiks on „kuiv-soe“, kus sademed puuduvad ning temperatuur on üle keskmise.

Tabel 3.8 Ilmaolude kriteeriumid

Kriteerium	Kriteeriumi tunnused	Hinnang kriteeriumile	Esinemiste arv	Hukkunute arv	Vigastatute arv	Sh. asulas	Asulast väljas
Sademed	sademed 1 mm või rohkem	Raskendatud tingimused	72	2	71	39	33
Sademed_külm	sademed 1 mm või rohkem	Halvad tingimused	18	0	18	10	8
	temp < keskmine temp						
Kuiv_külm	temp < keskmine temp	Raskendatud tingimused	1883	82	1823	1132	751
Jäide	temp < 0	Halvad tingimused	93	5	87	57	0
Sademed_soe	sademed 1 mm või rohkem	Raskendatud tingimused	28	0	28	18	10
	temp > keskmine temp						
Kuiv_soe	temp > keskmine temp	Normaalsed tingimused	2080	81	2021	1310	770

Allikas: Autori koostatud (2019)

Tabelist 3.8 järeldeb, et enim leiab aset kuiva, kuid sooja ilma, mis toob arvuliselt enim kaasa vigastatuid. Sellele järgneb kuiv, kuid külm ilm. Kõige vähem liiklusõnnetusi esineb sademete, kuid külma ilma ning sademete, kuid sooja ilma esinemisel. Hukkumise ja vigastuse jaotuvus eeltoodud kriteeriumite puhul on esitatud allolevas tabelis. Tegemist ei ole protsendiliste väärtustega, vaid jaotuvusega erinevate ilmaolude puhul. Tabelis 3.9 esitatud riskidest järeldeb näiteks, et jäide puhul

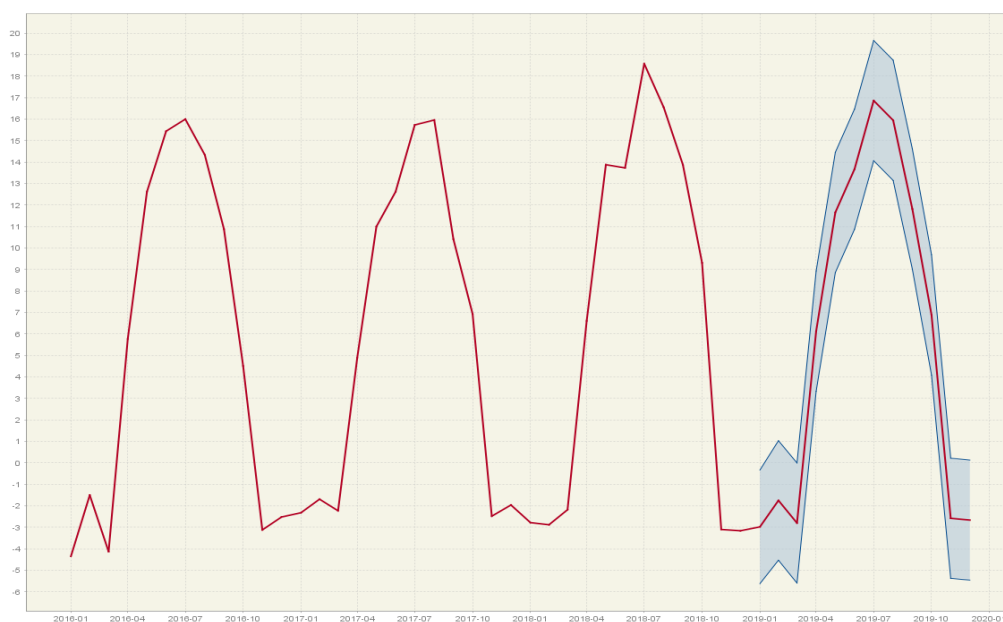
on tegemist tõenäoliselt väga raskete tagajärgedega, mis viivad teisest ilmaoludest suurema tõenäosusega hukkumiseni. Sama olukord kehtib kuiva, kuid külma ilma puhul. Vihmased ja külmad ning soojad olud on seotud pigem vigastuste esinemisega.

Tabel 3.9 Ilmaolude kriteeriumite hukkumise ja vigastuse jaotuvus

	Vihm	Vihm_külm	Kuiv_külm	Jäide	Vihm_soe	Kuiv_soe
Hukkumise risk	2.78	0.00	4.35	5.38	0.00	3.89
Vigastuse risk	98.60	100.00	96.8	93.5	100.00	97.20

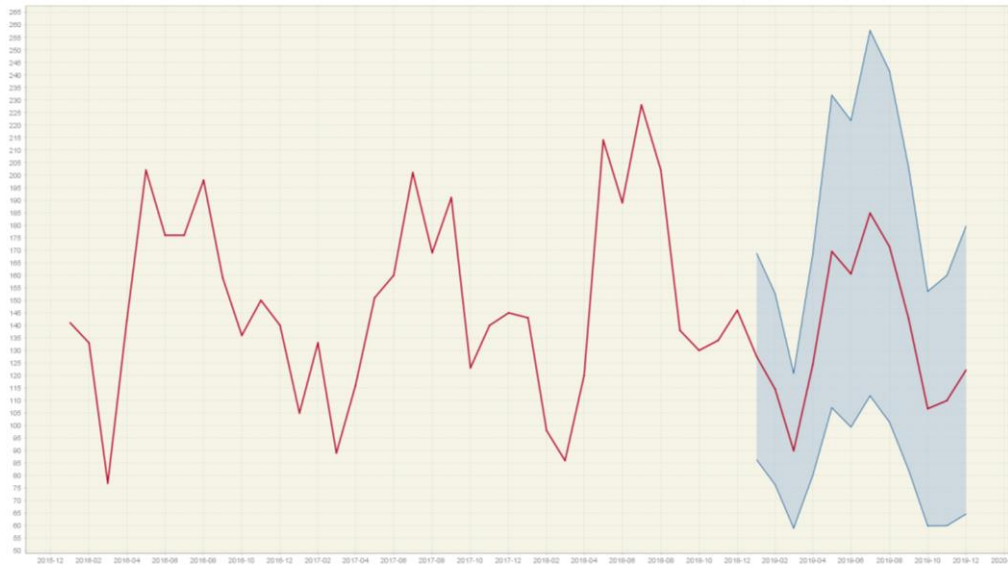
Allikas: Autori koostatud (2019)

Temperatuuri ja vigastatute prognoosi näited on esitatud alljärgnevatel joonistel 3.12 ja 3.13. Sademete ja hukkunute aegrea puhul ei andnud prognoos usaldusväärset tulemust, seega väljavõtted JDemetra+ programmist on esitatud antud lõputöö Lisas 9 ja 10. Temperatuuri prognoosi puhul saab öelda, et keskmise temperatuuri maksimum on 2019. aasta juulis ligikaudu 17°C. Vigastatute maksimaalse väärtusena on mudel prognoosinud 2019. aasta juulis 185 vigastatut. Täiendavalt on JDemetra+ programmi abil prognoositud 2018. aasta andmeid 2014-2017 perioodi põhjal, et oleks võimalik hinnata prognoosimise mudeli täpsust. 2018. aasta prognoosist selgub, et aasta kõrgeim keskmine temperatuur on ligikaudu 16,5°C juulis, mis on ligilähedane reaalsele ehk andmete põhjal ligikaudu 17 °C juulis. Vigastatute osas selgub 2018. aasta prognoosist, et mudel prognoosis 195 vigastatut juulis, kuid realselt oli näitaja ligikaudu 230. See tähendab, et mudel prognoosib küllaltki täpselt temperatuuri, kuid vigastatute arvu prognoos ei vasta reaalsele olukorrale.



Joonis 3.12 Temperatuuri prognoos 2014-2018 andmete põhjal

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019) JDemetra+ programmis



Joonis 3.13 Vigastatute prognoos 2014-2018 andmete põhjal

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019) JDemetra+ programmis

3.3 Järeldused ja ettepanekud seoses uurimuse tulemustega

Eelnenud empiirilise osa peatükis anti ülevaade lõputöö teoorial ning meetodikal põhinevate uurimistulemuste kohta. Empiirilise osa kokkuvõttena saab järeldada järgmist.

Perioodidel novembrist märtsini toimuvate liiklusõnnetuste ajal on fikseeritud enamjaolt märjad ning niisked ilmaolud. Aprill kuni oktoober toimuvad liiklusõnnetused valdavalt kuivade ilmaolude ajal. Sel perioodil toimub ka arvuliselt kõige rohkem liiklusõnnetusi. Arvuliselt kõige vähem toimub liiklusõnnetusi jäise ning härmalise ja lumiste ilmaolude ajal. Tõenäoliselt seda seetõttu, et tavapärasest erinevate ilmaolude tõttu on liiklejad ettevaatlikumad ning liikumiskiirused väiksemad. Liiklusõnnetuste koguarvu poolest paistab eristub 2018. aasta suvi, kus liiklusõnnetusi toimus maikuust juulini rohkem kui sellest eelneval neljal aastal. Teoreetilises osas on välja toodud, et 2018. aasta suvi oli teistest eelnevatest soojem ning kuivem. 2017. aasta eristub teistest aastatest suurema liiklusõnnetuste arvu poolest, mis leidsid aset märgades või niisketes tingimustes. Lisaks on võimalik välja tuua, et 2016. aasta perioodil november kuni märts toimus teistest aastatest vähem liiklusõnnetusi.

Õhutemperatuuri ning liiklusõnnetuste toimumise seoseid võrreldes ligikaudu 26% leidis aset temperatuuri vahemikus 10-15°C. Sellele järgnes ligikaudse 23% liiklusõnnetuste osakaaluga temperatuuri vahemik 15-20°C ning ligikaudse 16% liiklusõnnetuste osakaaluga temperatuuri vahemik 5-10°C. Kriitilise temperatuuri ehk 0°C ümbruses toimub ligikaudu 21 % kõigist võrreldud

liiklusõnnetustest. Sellest saab järeldada, et temperatuuri vahemikel üle 10 °C toimub rohkem erinevate transpordiliikidega liikumisi ning inimeste liiklemisega seotud ohutunne võib väheneda. Samas kriitilise temperatuuri ehk 0°C ümbruses võivad teeolud olla ootamatud või kiiresti muutuda ning mõjutada inimese liikluskäitumist.

Periooditi on näha, et keskmisest kõrgem või madalam temperatuuri esinemisega samal ajal on keskmisest suurem arv hukkunuid. Eristuvad 2014. aasta ning 2018. aasta suvine periood ning eelkõige juulikuu, kus keskmisest kõrgema õhutemperatuuri esinemise perioodil esines ka keskmisest rohkem hukkunuid. Hukkunute arv on talvistel perioodidel aasta alguses suurem ning neljal aastal (v.a 2015. aastal) on sel perioodil ka keskmisest madalam õhutemperatuur. Erandina joonistub selgelt välja 2014. aasta, kus juuli ning august olid tervikuna üle keskmise soojad, kuid vigastatute arv jäi sel perioodil selgelt alla keskmise. Samas eristub ka 2018. aasta erakordselt soe suvi, mil samal perioodil oli ka liiklusõnnetustes keskmiselt rohkem vigastatuid. Positiivne tugev korrelatsioonikordaja on temperatuuri ja vigastatute vahel ehk temperatuuri kasvades suureneb vigastatute arv. Nõrk positiivne korrelatsioonikordaja esineb ka 2018. aasta puhul, kus hukkunute arv on nõrgalt seotud temperatuuriga. Negatiivne nõrk korrelatsioonikordaja on sademete ja vigastatute vahel ehk võib eeldada, et sademete vähenedes väheneb suureneb vigastatute arv.

Kuiva ilma riskinäitaja ei ole üldiselt teiste ilmanäitajatega võrreldes kuigi suur. Seda tõenäoliselt seetõttu, et kuiva ilma leiab aset teistest ilmaoludest kordades rohkem. Seetõttu isegi kui kuiva ilmaga toimub arvuliselt rohkem liiklusõnnetusi, siis riskinäitaja on üldise esinemise tõttu madal. Kuiva ilma riskinäitaja suureneb maist-juulini. Juulis saavutab kuiva ilma riskinäitaja aastase maksimumi ning aasta lõpu poole langeb. Maist septembrini on oluliseks probleemiks niisked teeolud. Septembris suureneb järsult jäise teekattega seotud liiklusõnnetuste toimumise risk. Samas on jaanuaris ning detsembris suur risk märja ilma puhul. Tõenäoliselt seetõttu, et on oht libeduse tekkeks ning lumiste tingimustega märg ilm võib luua keerulised teeolud ja tuua kaasa rohkem liiklusõnnetusi. Samas selgub, et jääne ning härmatis moodustab olulise riski märtsis ja septembris. Riskinäitaja jääne/härmatis on suure osakaaluga mais, juunis ja juulis. Võimalik on see, et tegemist on andmestiku veaga või sellega, et juhul kui antud erakordset riski nendel kuudel esineb, siis on see kõrge riskiga ning võib kaasa tuua inimkahjuga liiklusõnnetuse.

Läbi aastate kõige suurema liiklusõnnetuse toimumise riskiga on märjad ilmaolud. Sellele järgnevad vastavalt jääne/härmatis ning niisked ilmaolud. Põhilised talvekuud ehk detsembrist veebruarini on kõige suurema riskiga liiklusõnnetuse toimumiseks märjad ning niisked ilmaolud. Jaanuarikuus on olulise riskiga ka jääne/härmatis. Põhilistel kevadkuudel (märts-mai) ning suvekuudel (juuni-august) on suurema riskiga ilmaolud liiklusõnnetuse toimumiseks niiske, märg ning jääne/härmatis.

Sügiskuudel (september-november) on põhilised suurema riskiga ilmaolud märg, niiske ning jäine/härmatis. Ilmneb, et kõige enam liiklusõnnetuse riski suurendavad ilmaolud on aastaegade kaupa samad, kuid erineva riski suurusega ehk nende järjestus on erinev. Riskidest selgub ka, et jäite puhul on tegemist tõenäoliselt väga raskete tagajärgedega, mis viivad teisest ilmaoludest suurema tõenäosusega hukkamiseni. Sama on kuiva, kuid külma ilma puhul. Vihmased ja külmad ning soojad olud on seotud pigem vigastuste esinemisega.

Enim leiab aset kuiva, kuid sooja ilma, mis toob arvuliselt enim kaasa vigastatuid. Kõige vähem liiklusõnnetusi esineb sademete, kuid külma ilma ning sademete, kuid sooja ilma esinemisel. Jäite puhul on tegemist tõenäoliselt väga raskete tagajärgedega, mis viivad teisest ilmaoludest suurema tõenäosusega hukkamiseni. Sama olukord kehtib kuiva, kuid külma ilma puhul. Vihmased ja külmad ning soojad olud on seotud pigem vigastuste esinemisega.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et tugev positiivne korrelatsioonikordaja leiti temperatuuri ja vigastatute arvu vahel. See tähendab seda, et temperatuuri suurenedes suureneb vigastatute arv. Võimalik, et see seos tuleneb sellest, et temperatuuri suurenedes liiguvad inimesed rohkem ringi ning seoses turvavarustuse ning liikluskäitumisega on saavutatud olukord, kus inimene võib tõenäolisemalt saada vigastada kui hukkuda liiklusõnnetuses. Liiklusõnnetustes hukkumine on küllaltki juhuslik. Antud magistr töö raames ei leitud väga olulisi seoseid ilmaolude ja hukkamisega.

Liiklusõnnetuste peamised põhjused on Eestis on viimase viie aasta liiklusõnnetuste põhjal vastavalt Maanteeameti liiklusohutuse osakonna ekspertidega antud lõputöö kontekstis toimunud arutelule olukorrale mittevastav kiirus, turvavarustuse puudumine, joove, kõrvalised tegevused ning juhi tervis. Seega tuleb välja, et juhtumite analüüsist tulenevad peamised põhjused ei ole otseselt seostatavad ilmaoludega. Võib siiski öelda, et ilmaolud iseenesest ei põhjusta liiklusõnnetusi, kuid võivad põhjustada liiklejate käitumise muutust, mis võib suurendada liiklusõnnetuse toimumise riski. Kokkuvõtvalt saab öelda, et liiklusõnnetuste, nendega seotud inimkahjude ja ilmaolude vahel on teatud seosed ning periooditi on võimalik välja tuua hooajalisi mustreid, kuid ilmaolud muutuvad kiiresti ning võimalik, et laiapõhjalisemate järelduste tegemiseks oleks vajalik analüüsida ka pikemat ajaperioodi kui viimased 5 aastat.

Kvantitatiivseid teadmisi ilmaolude ja liiklusohutuse suhte kohta saab kasutada kolmel viisil [34]:

1. Ohutusandmete modelleerimisel (näiteks surmajuhtumite arv aastas) tuleb neid andmeid ilmastikumõjude suhtes korrigeerida;
2. Kui on teada, et konkreetsed ilmaolud võivad suurendada liiklusõnnetuse toimumise tõenäosust, võib kasutada konkreetseid meetmeid, mis neid tingimusi kompenseerivad (näiteks kiirusepiirangute dünaamiline kohandamine).
3. Kliimamuutuste mõju võib kasutada pikaajaliste eesmärkide kujundamisel liiklus- ja transpordipoliitikas.

Lähtuvalt eeltoodud liiklusõnnetuste ja ilmaolude analüüsi tulemustest, esitatakse järgnevalt ettepanekud seotud osapooltele.

Antud töö põhiliseks tulemuseks on liiklusõnnetuste ja ilmaolude analüüsimise meetoodika. Seoses asjaoluga, et lõputöö teema oli välja pakutud Maanteeameti liiklusohutuse osakonna poolt, on tegemist praktilise väärtusega tööga, mille meetodeid plaanitakse rakendada, juhul kui valdkonna eksperdid on valideerinud meetodite sobivuse. Antud meetoodika või selle konkreetsete osade abil oleks võimalik analüüsida konkreetse perioodi ilmaolusid ja nende riski ning neid statistiliselt prognoosida seotuna liiklusõnnetuse toimumise riskiga. Sellest tulenevalt on võimalik rakendada liiklusohutust suurendavaid meetmeid, mis vähendaksid ilmaoludega seotud liiklusõnnetusi ning nendega seotud inimkahjusid.

Prognoosi ning kriteeriumite riskinäitajate (joonised 3.12, 3.13 ja tabelit 3.8) informatsiooni oleks võimalik ära kasutada muutuva teabega liiklusmärkide muutmises kasutatavas algoritmis. Idee seisneb selles, et algoritmi saaks kirjutada info, milliste ilmastikutingimuste puhul on liiklejaid mõistlik hoiatada. Eesmärgiks oleks, et liiklejate teavitamisest tulenevalt muudaksid liiklejad vajadusel kiirust või liikluskäitumist. Muutuva teabega märke haldab riigiteedel Maanteeameti liiklusjuhtimiskeskus. Muutuva teabega elektrooniline liiklusmärk on oma olemuselt kui tavaline liiklusmärk, kuid seal oleva teabe kuvamine põhineb LED-tehnoloogial ning kuvatavat teksti on võimalik operatiivselt muuta. Muutuva teabega liiklusmärgi üheks eesmärgiks on kiiresti reageerida ootamatutele oludele nagu ummikud, õnnetused ning ilmaoludele, seega edastavad need märgid liiklejatele olulist teavet. Kuna muutuva teabega liiklusmärgid on liiklejale kohustuslikud, siis oleks võimalik suurema riskitõenäosusega ilmaolude ilmnmisel teavitada liiklejat ning vajadusel kehtestada kiiruspiirang või paluda liiklejal olla ettevaatlikum seoses muutuvate ilmaoludega. Töö autorile teadaolevalt on muutuva teabega liiklusmärkide haldamiseks koostatud juhtimisreeglid, mis luuakse seotuna andmetest nagu õhutemperatuur, niiskus, nähtavus, sademete liik, kuid hetkel põhinevad reeglid ekspertarvamusel põhinevatel vahemikel ning otseselt ei ole eraldi välja

arvestatud iga ilmaolu jaoks välja arvestatud riski suurust. [58] Hoiatusmärkidel oleks võimalik kuvada informatsioon kui teeilmajaam tuvastab teatud aastaajal mingi konkreetse ilmaolu.

Täiendav ettepanek liiklusõnnetuste analüüsiga seotud osapooltele oleks järgnev. Nimelt kasutab hetkel Politsei- ja Piirivalveamet, Teede Tehnokeskus AS ning Riigi Ilmateenistus ilmastiku kirjeldamiseks erinevate sõnastustega näitajaid. Antud töö üheks eesmärgiks oli võrrelda Politsei- ja Piirivalveameti poolt fikseeritud ning liiklusõnnetuste andmekogusse sisestatud ilmaolusid liiklusõnnetuse toimumiskohale kõige lähemal asetseva teeilmajaama poolt fikseeritud ilmaoludega. Võrreldes politsei poolt kirja pandud ilmaandmeid Teede Tehnokeskus AS-i teeilmajaamade andmetega, siis võrreldud juhtumitest 15% puudus ilmaolude omavaheline vastavus. Ettepanek oleks ühtlustada ilmaga seotud näitajaid, et tagada andmete võrreldavus ning tõhusam analüüsi teostamine. Samuti on võimalik seeläbi suurendada erinevate andmebaaside samalaadsete andmete vastavust. Ettepaneku on suunatud eelkõige Politsei- ja Piirivalveametile, Maanteeametile ning Teede Tehnokeskus AS-ile. Riigi Ilmateenistuse puhul on tegemist riikliku andmebaasiga, mille ilmaandmeid kasutatakse erinevateks analüüsides, millest transport ning liiklusohutus on vaid üks osa, seega tõenäoliselt ei ole nende andmestiku muutmine mõttekas.

Ettepanekud edasisteks uurimuseks oleksid järgnevad. Nimelt võiksid edasised analüüsid uurida, kuidas ilmaolud ning liiklussagedus on omavahel seotud. Lisaks oleks võimalik uurida, kuidas on ilmaolud seotud erinevate liiklejatüüpide või liikumisviisidega. Antud töö teooriaosas toodi samuti välja, et jalakäijad ning jalgratturid on ilmatundlikud ehk ilmast mõjutatud. Seega võib olla võimalik leida statistilisi seoseid kergliiklejatega toimunud liiklusõnnetuste kohta. Võimalik, et laiapõhjalisemate järelduste tegemiseks oleks otstarbekas analüüsida ka pikemat ajaperioodi kui viimased 5 aastat.

KOKKUVÕTE

Üheks transpordivaldkonna oluliseks eesmärgiks, kuid ka lahendatavaks probleemiks on liiklusõnnetustes vigastatud ja hukkunud inimeste arvu vähendamine. Selleks, et vähendada liiklusõnnetusi, mis on seotud ilmastikuoludega, on oluline mõista, kuidas ja kui palju avaldavad ilmaolud mõju liiklusõnnetuste toimumisele ning kuidas suureneb sellest tulenevalt inimeste tõenäosus. Antud magistritöö uurimisprobleemiks oli asjaolu, et puudub tõestatud seos Eesti ilmaolude ja liiklusõnnetuste toimumise vahel ning teadmine, kui suurel määral avaldavad ilmaolud liiklusõnnetuste toimumisele mõju. Töö eesmärgiks oli kindlaks teha, kas ja kuidas ilmaolud mõjutavad liiklusõnnetuste, neis hukkunute ja vigastatute arvu ning leida statistiliselt selle mõju tugevus aastatel 2014-2018 toimunud liiklusõnnetuste analüüsi tulemusena.

Töoga seotud uurimisküsimused olid järgnevad:

- Kas on olemas statistiline seos liiklusõnnetuste toimumise, neis hukkunute ja vigastatute arvu ning ilmaolude vahel?
- Kuidas mõjutavad ilmaolud liiklusõnnetuste toimumist ning nendes hukkumise ja vigastuse riski?
- Millised ilmaolud toovad kaasa suurema riski liiklusõnnetuste toimumisel?

Lõputöö eesmärgist lähtudes seati hüpoteesid, et keerulistest ilmaoludest tulenevalt suureneb liiklusõnnetuste toimumise tõenäosus ning suureneb liiklusõnnetuses hukkumise ja vigastada saamise risk. Eeltoodud lõputöö empiirilise osa põhjal võib järeldada, et ilmaoludel on teatud seosed liiklusõnnetuste toimumise ning nendega seotud inimeste arvudega.

Antud lõputöö eesmärkide täitmiseks ning analüüsi teostamiseks uuriti Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogu ning Teede Tehnokeskus AS-i teeilmajaamade andmeid. Maanteeameti liiklusõnnetuste andmekogust analüüsiti 2014-2018 perioodil toimunud 7 125 liiklusõnnetust ning Teede Tehnokeskus AS-i teeilmajaamade andmeid 2014-2018 kohta, kokku 30 miljonit andmerida. Suuremahulise andmeanalüüsi teostamiseks kasutati mitmeid analüüsimeetodeid ja -programme nagu Excel, JDemetra+ ja ArcGIS. Maanteeameti liiklusohutuse osakonna eksperdi poolt edastatud liiklusõnnetuste andmed jagunesid nelja kategooriasse: juhtum, asukoht, isik ja sõiduk. Juhtumi üldises kategoorias olid esitatud näiteks juhtumi number, toimumisaeg (kuupäev ja kellaaeg), liiklusõnnetuse liik, tüüpskeem, liiklusõnnetuses osalenud isikute arv, liiklusõnnetuses osalenud sõidukite arv, liiklusõnnetuses hukkunute arv ning liiklusõnnetuses vigastatute arv. Juhtumi asukoha kategoorias olid esitatud näiteks juhtumi number, ilmastik, maakond, teetüüp, tee number, tee kilomeeter, GPS X ja Y koordinaat, asukoht

asulas või asulast väljas, teekatteseisund. Antud lõputöö analüüsi koostamiseks kasutati teeilmajaamade puhul järgnevaid andmeid: teeilmajaama number, õhutemperatuur, sademed (saju intensiivsus), nähtavus, teeseisundi kirjeldus, sademete kirjeldus.

Ilmaolude ja liiklusõnnetuste statistilisest analüüsist selgusid järgmised tulemused. Aprill kuni oktoober toimusid liiklusõnnetused valdavalt kuivade ilmaolude ajal ning sel perioodil toimus arvuliselt kõige rohkem liiklusõnnetusi. Arvuliselt kõige vähem toimus liiklusõnnetusi jäise ning härmatis ja lumiste ilmaolude ajal. Tõenäoliselt seetõttu, et tavapärasest erinevate ilmaolude tõttu on liiklejad ettevaatlikumad ning liikumiskiirused väiksemad. Liiklusõnnetuste koguarvu poolest eristus 2018. aasta suvi, kus liiklusõnnetusi toimus maikuust juulini rohkem kui sellest eelneval neljal aastal. Õhutemperatuuri ning liiklusõnnetuste toimumise seoseid võrreldes selgus, et kriitilise temperatuuri ehk 0°C ümbruses toimus ligikaudu 21% kõigist analüüsitud liiklusõnnetustest. Üle 10 °C õhutemperatuuriga toimub enamik liiklusõnnetustest ja põhjuseks võib olla, et toimub rohkem liikumisi ning inimeste liiklemisega seotud ohutunne võib väheneda. Kriitilise temperatuuri ehk 0°C ümbruses võivad teeolud olla ootamatud või kiiresti muutuda ning mõjutada inimese liikluskäitumist.

Perioditi on selgus, et keskmisest kõrgema või madalama temperatuuri esinemisega samal ajal oli keskmisest suurem arv hukkunuid. Eristusid 2014. aasta ning 2018. aasta suveperiood ning juulikuu, kus keskmisest kõrgema õhutemperatuuri esinemise perioodil esines ka keskmisest rohkem hukkunuid. Hukkunute arv oli talvistel perioodidel aasta alguses suurem ning neljal aastal (v.a 2015. aastal) on sel perioodil ka keskmisest madalam õhutemperatuur. Eristus ka 2018. aasta erakordselt soe suvi, mil samal perioodil oli ka liiklusõnnetustes keskmisest rohkem vigastatuid. Positiivne tugev korrelatsioonikordaja oli temperatuuri ja vigastatute vahel ehk temperatuuri kasvades suurenes vigastatute arv. Nõrk positiivne korrelatsioonikordaja esines 2018. aasta puhul, kus hukkunute arv oli nõrgalt seotud temperatuuriga. Negatiivne nõrk korrelatsioonikordaja oli sademete ja vigastatute vahel, ehk sademete vähenedes suureneb vigastatute arv. Juulis saavutab kuiva ilma riskinäitaja aastase maksimumi ning aasta lõpu poole langeb. Maist septembrini on oluliseks probleemiks niisked teeolud. Septembris suureneb järsult jäise teekattega seotud liiklusõnnetuste toimumise risk. Samas on jaanuaris ning detsembris suur risk märja ilma puhul. See on tõenäoliselt seetõttu, et on oht libeduse tekkeks ning lumiste tingimustega märg ilm võib luua keerulised teeolud ja seetõttu toob kaasa ka rohkem liiklusõnnetusi. Samas selgub, et ka jäine ning härmatis moodustab olulise riski märtsis ja septembris. Riskinäitaja jäine/härmatis on suure kaaluga mais, juunis ja juulis, mille puhul võib tegemist olla andmestiku veaga.

Läbi aasta on kõige suurema liiklusõnnetuse toimumise riskiga märjad ilmaolud, millele järgnevad vastavalt jäine/härmatis ning niisked ilmaolud. Põhilistel talvekuudel ehk detsembrist veebruarini on kõige suurema riskiga liiklusõnnetuse toimumiseks märjad ning niisked ilmaolud. Põhilistel kevadkuudel (märts-mai) ning suvekuudel (juuni-august) on suurema riskiga ilmaolud liiklusõnnetuse toimumiseks niiske, märg ning jäine/härmatis. Sügiskuudel (september-november) on põhilised suurema riskiga ilmaolud märg, niiske ning jäine/härmatis. Ilmneb, et kõige enam liiklusõnnetuse riski suurendavad ilmaolud on aastaegade kaupa samad, kuid erineva riski suurusega ehk nende järjestus on erinev. Riskidest selgub ka, et jäite puhul on tegemist tõenäoliselt väga raskete tagajärgedega, mis viivad teistest ilmaoludest suurema tõenäosusega hukkumiseni. Sama on kuiva, kuid külma ilma puhul. Vihmased ja külmad ning soojad olud on seotud pigem vigastuste esinemisega.

Liiklusõnnetuste peamised põhjused on Eestis on viimase viie aasta liiklusõnnetuste põhjal vastavalt Maanteeameti liiklusohutuse osakonna ekspertidega toimunud arutelule olukorrale mittevastav kiirus, turvavarustuse puudumine, joove, kõrvalised tegevused ning juhi tervis. Võib öelda, et ilmaolud iseenesest ei põhjusta liiklusõnnetusi, kuid võivad põhjustada liiklejate käitumise muutust, mis võib suurendada liiklusõnnetuse toimumise riski. Kokkuvõtvalt saab öelda, et liiklusõnnetuste, nendega seotud inimkahjude ja ilmaolude vahel on teatud seosed ning periooditi on võimalik välja tuua teatud mustreid, kuid ilmaolud on muutuvad ning võimalik, et laiapõhjalisemate järelduste tegemiseks oleks vajalik analüüsida ka pikemat ajaperioodi kui viimased 5 aastat.

Lähtuvalt eeltoodud liiklusõnnetuste ja ilmaolude analüüsi tulemustest, esitati ettepanekud Maanteeametile, Teede Tehnokeskus AS-ile ning Politsei- ja Piirivalveametile. Ettepanekud olid seotud liiklusõnnetuste ja ilmaolude analüüsimeetodikaga. Seoses asjaoluga, et lõputöö teema oli välja pakutud Maanteeameti liiklusohutuse osakonna poolt, on tegemist praktilise väärtusega tööga, mille meetodeid plaanitakse rakendada, juhul kui valdkonna eksperdid on valideerinud meetodite sobivuse. Prognoosi ning kriteeriumite riskinäitajate informatsiooni oleks võimalik ära kasutada muutuva teabega liiklusmärkide muutmises kasutatavas algoritmis. Täiendavalt oleks vajadus ka üle vaadata erinevate andmebaaside ilmaolude kirjeldused ja neid võimalusel ühtlustada, et tagada nende võrreldavus andmeanalüüsides.

SUMMARY

The Influence of Weather Conditions on Traffic Accidents with Human Casualties in Estonia 2014-2018

Triinu Uiboleht

One of the important objectives of the transport sector, but also the problem to be solved, is to reduce the number of people injured and killed in road accidents. In order to reduce the number of accidents related to weather conditions, it is important to understand how and to which extent weather conditions affect the occurrences of road accidents and the likelihood of human casualties.

The research problem of this master's thesis was the lack of a proven relations between the weather conditions in Estonia and the occurrence of road accidents and the extent to which weather conditions have an impact on the occurrence of traffic accidents. The aim of this thesis was to determine whether and how the weather conditions affect the number of road accidents, fatalities and injuries, and statistically find the strength of this effect as a result of traffic accident analysis in 2014-2018.

Research questions were following:

- Is there a statistical relations between the number of accidents, the number of fatalities and the number of injured and the weather conditions?
- How do weather conditions affect the occurrence of road accidents and the risk of death and injury?
- Which weather conditions lead to a higher risk of accidents?

Based on the objectives of the thesis, hypotheses were established that due to complicated weather conditions, the probability of the occurrence of traffic accidents and the risk of fatalities and injuries increases. Based on the empirical part of the thesis, it can be concluded that weather conditions have certain relationships with the occurrence of road accidents and related human damage.

In order to fulfill the objectives of this thesis and to carry out the analysis, the data of the road traffic accident database of the Estonian Road Administration and the weather stations of Teede Tehnokeskus AS were examined. In the period 2014-2018, 7 125 traffic accidents were analyzed from the accident database and a total of 30 000 000 series of data from Teede Tehnokeskus AS

weather stations for 2014-2018. Several analytical methods and programs such as Excel, JDemetra+ and ArcGIS were used to perform large-scale data analysis.

The accident data provided by the Estonian Road Administration traffic safety expert and it was divided into four categories: case, location, person and vehicle. The general category of the case included, for example, the case number, time (date and time), type of accident, standard scheme, number of persons involved with the accident, number of vehicles involved with the accident, number of fatalities and number of injured in the accident. The case location category included, for example, case number, weather, county, type of road, road number, road mileage, GPS X and Y coordinate, location in town or out of town, pavement condition. The following data were used for the preparation of this thesis analysis: road station number, air temperature, precipitation (rain intensity), visibility, description of road condition, description of precipitation.

The following results were obtained from the statistical analysis of weather and traffic accidents. Between April and October, road accidents occurred predominantly during dry weather, with the highest number of road accidents during this period compared to the rest of the year. The lowest number of road accidents occurred during icy and frosty and snowy weather conditions. Probably because the extraordinary weather conditions road users are more cautious and speeds are lower. Summer of 2018 had distinguishably more traffic accidents from May to July than in the previous four years. Compared to the relationship between air temperature and traffic accidents, it turned out that around 21% of all traffic accidents analyzed occurred at a critical temperature of 0 °C. Most traffic accidents happen above 10 °C air temperature and may be due to increased number of movements and a reduction of the feeling of risk. Around the critical temperature of 0 °C, road conditions can be unexpected or change rapidly and affect human behavior.

At some periods, above or below average temperatures occurred in the same period as more than average deaths. Summer of 2014 and 2018 were different (especially July), when the average number of fatalities was higher during than average air temperatures. The number of fatalities was higher at the beginning of the year in winter and four years (except in 2015) the air temperature was below average during this period. There was also an exceptionally warm summer in 2018, when there were more injuries on average in the same period. Positive strong correlation coefficient was between temperature and injured, ie the number of injured is increasing as the temperature increases. Weak positive correlation coefficient occurred in 2018, where the number of fatalities was weakly related to temperature. Negative weak correlation coefficient was between precipitation and injured, ie, as rainfall decreases, the number of injured persons decreases.

In July, the risk of dry weather reaches its annual maximum and reduces towards the end of the year. From May to September, wet conditions are a significant problem. In September, there is a sharp increase in the risk of icy road traffic accidents. However, there is a high risk of wet weather in January and December. This is probably because there is a risk of slippery and wet weather and these conditions can create difficult road conditions and therefore lead to more road accidents. It can be seen that icy and frost are also an important risk in March and September. The risk indicator for icy/frost is of great importance in May, June and July, which may be a data error.

Wet weather conditions are related to the greatest risk of accident occurrence over the year, followed by icy/frost and humid weather. During winter, from December to February, wet and humid weather conditions are related to the highest risk traffic accident. During the spring (March-May) and the summer (June-August), higher-risk weather conditions are wet, wet and icy/frosty. In autumn (September-November), the main weather conditions with higher risk are wet, damp and icy/frost. It seems that the weather conditions that increase the risk of a traffic accident are the same every season, but with different risk levels. Icy conditions are likely to have very serious consequences and are more likely to lead to death. The same is for dry but cold weather. Rainy and cold and warm conditions are more related to the occurrence of injuries.

The main causes of road accidents in Estonia in the last five years are speed, lack of safety equipment, intoxicated driving, external activities and driver's health, according to a discussion with the experts of the Estonian Road Administration. It can be said that weather conditions themselves do not cause road accidents, but can lead to a change in the behavior of road users, which may increase the risk of a traffic accident. To sum up, there are certain links between traffic accidents, related human damage and weather conditions, and it is possible to highlight certain patterns from time to time, but the weather conditions are constantly changing and it may be necessary to analyze a longer period of time than the last 5 years to make broader conclusions.

Based on the results of the above-mentioned analysis of traffic accidents and weather conditions, proposals were submitted to the Estonian Road Administration, Teede Tehnokeskus AS and the Police and Border Guard Board. The proposals were related to the methodology for analyzing traffic accidents and weather conditions. Due to the fact that the topic of the thesis was proposed by the Estonian Road Administration, it is a work of practical value, the methods of which are to be applied if the experts of the field have validated the suitability of the methods. It is possible to use the forecast and criteria risk indicators information in the algorithm used for variable message traffic signals. In addition, there is a need to review the definitions of the weather conditions in different databases to ensure their comparability in data analysis.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] F. Malin, I. Norros, S. Innamaa (2017), Accident risk of road and weather conditions on different road types. Road Safety and Simulation international conference, Netherlands [Online] (10.03.2019)
- [2] United Nations General Assembly (2017), Improving global road safety. Note by the Secretary-General [WWW] https://www.unecce.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2017/wp1/UNSG_Report_72-359_en.pdf (02.02.2019)
- [3] Riigikogu 17.06.2010 vastu võetud Liiklusseadus (avaldamismärge RT I, 15.03.2019, 9) [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/106072018014?leiaKehtiv> (26.02.2019)
- [4] Euroopa Komisjon (2010), Euroopa kui liiklusohutusala: poliitikasuunised liiklusohutuse valdkonnas aastateks 2011–2020 [WWW] https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/road_safety_citizen/road_safety_citizen_100924_et.pdf (16.02.2019)
- [5] Vabariigi Valitsuse 17.02.2017 vastu võetud määrus number 54, „Transpordi arengukava 2014–2020“ rakendusplaani aastateks 2014–2017 lisa „Liiklusohutusprogramm 2016–2025“ heakskiitmine [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/321022017004?leiakehtiv> (16.02.2019)
- [6] Maanteeamet, Liiklusohutusprogramm aastateks 2016–2025 [WWW] <https://www.mnt.ee/et/liikleja/liiklusohutusprogramm-2016-2025> (16.02.2019)
- [7] Maanteeamet, Politsei- ja Piirivalveamet (2016), Liiklusaasta 2015 [WWW] https://www.mnt.ee/sites/default/files/content-editors/Failid/Uudis/liiklusaasta_2015_kokkuvote.pdf (16.03.2019)
- [8] Sweden Ministry of Enterprise and Innovation (2016), Renewed Commitment to Vision Zero. Intensified efforts for transport safety in Sweden [WWW] https://www.government.se/4a800b/contentassets/b38a99b2571e4116b81d6a5eb2aea71e/trafikskerhet_160927_webny.pdf (07.03.2019)
- [9] Maanteeamet, Statistika [WWW] <https://www.mnt.ee/et/ametist/statistika> (06.03.2019)
- [10] Maanteeamet (2019), Inimkannatanutega liiklusõnnetuste statistika [WWW] <https://www.mnt.ee/et/ametist/statistika/inimkannatanutega-liiklusonnetuste-statistika> (02.02.2019)
- [11] Vabariigi Valitsuse poolt 05.07.2018 vastu võetud määrus number 54 „Liiklusõnnetuse registreerimise, asjaolude väljaselgitamise ja arvestuse kord ning liiklusõnnetuste andmekogu pidamise põhimäärus“ [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/110072018009> (18.04.2019)
- [12] K. Mei, Eesti Liikluskindlustuse Fond, Liikluskindlustuse statistika 2018. aasta [WWW] https://www.lkf.ee/sites/default/files/LKmajandustulemuste_kvarteesitus_2018_4Q_0.pdf?869 (10.05.2019)
- [13] European Transport Safety Council (2018), Ranking EU Progress on Road Safety - 12th Road Safety Performance Index Report [WWW] https://etsc.eu/wp-content/uploads/PIN_AR_2018_final.pdf (06.03.2019)

- [15] European Transport Safety Council (2018), PIN The Road Safety Performance Index [WWW] <https://etsc.eu/projects/pin/> (06.03.2019)
- [14] European Transport Safety Council (2018), Road deaths in the European Union – latest data [WWW] <https://etsc.eu/euroadsafetydata/> (07.03.2019)
- [16] Statistikaamet (2019) Eesti rahvaarv kasvas eelmisel aastal [WWW] <https://www.stat.ee/pressiteade-2019-007> (08.03.2019)
- [17] Euroopa Komisjon, Liikuvus ja transport [WWW] https://ec.europa.eu/info/departments/mobility-and-transport_et#latest (25.04.2019)
- [18] World Health Organization (2017), Save LIVES - A road safety technical package. [WWW] <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255199/9789241511704-eng.pdf?sequence=1> (02.02.2019)
- [19] Statistikaamet (2019), Eesti majanduskasv oli 2018. aastal endiselt kiire [WWW] <https://www.stat.ee/pressiteade-2019-022> (11.05.2019)
- [20] Tervise Arengu Instituut (2018), Injuries in Estonia 2017 [WWW] https://intra.tai.ee//images/prints/documents/154296014697_Injuries_in_Estonia_2017.pdf (12.02.2019)
- [21] InDeV: In-Depth understanding of accident causation for Vulnerable road users (2016), Review of European Accident Cost Calculation Methods – With Regard to Vulnerable Road Users [WWW] https://www.indev-project.eu/InDeV/EN/Documents/pdf/review-cost-calculation.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (25.04.2019)
- [22] O.Koppel, E.Ernits (2012), Liiklusõnnetustes ühiskonnale põhjustatud kahjude määramise meetodika täiustamine, kahjude suuruse hindamine ja prognoosimine [WWW] [https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/loppraport09112012.pdf_\(24.05.2019\)](https://www.mnt.ee/sites/default/files/survey/loppraport09112012.pdf_(24.05.2019))
- [23] Statistikaamet (2009), Mõisted [WWW] http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Majandus/17Sisekaubandus/02Jaemuugi_mahuindeksid/KM21.htm (25.05.2019)
- [24] Keskkonnaagentuur, Keskkonnaagentuuri kodulehekülg [WWW] <https://www.keskkonnaagentuur.ee/> (25.04.2019)
- [25] Keskkonnaministri poolt 19.06.2015 vastu võetud määrus number 36 „Keskkonnaagentuuri põhimäärus“ [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/102072015001> (25.04.2019)
- [26] Keskkonnaagentuur (2019), Eesti meteoroloogia aastaraamat 2018 [WWW] https://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2019/03/aastaraamat_2018.pdf (25.04.2019)
- [27] Keskkonnaagentuur (2015), Eesti meteoroloogia aastaraamat 2014 [WWW] http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2016/02/aastaraamat_2014.pdf (25.04.2019)

- [28] Keskkonnaagentuur (2016), Eesti meteoroloogia aastaraamat 2015 [WWW]
http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2016/03/aastaraamat_2015.pdf (25.04.2019)
- [29] Keskkonnaagentuur (2017), Eesti meteoroloogia aastaraamat 2016 [WWW]
http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/aastaraamat_2016.pdf (25.04.2019)
- [30] Keskkonnaagentuur (2018), Eesti meteoroloogia aastaraamat 2017 [WWW]
http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2018/03/aastaraamat_2017.pdf (25.04.2019)
- [31] Maanteeamet, Teeilmajaamad ja -kaamerad [WWW]
<https://www.mnt.ee/et/tee/teeilmajaamad-ja-kaamerad> (15.04.2019) allikas 48
- [32] T.Tammets, A.Kallis (2012), Eesti ilma riskid [WWW]
<https://www.ilmateenistus.ee/ilmatarkus/publikatsioonid/eesti-ilma-riskid/> (07.03.2019)
- [33] Riigi Ilmateenistus, Hoiatuste kriteeriumid [WWW]
<https://www.ilmateenistus.ee/ilmatarkus/kasulik-teada/hoiatuste-kriteeriumid/> (26.02.2019)
- [34] F.Bijleveld, T.Churchill (2009), The influence of weather conditions on road safety. Subtitle: An assessment of the effect of precipitation and temperature. [WWW] SWOV, Leidschendam
<https://www.swov.nl/en/publication/influence-weather-conditions-road-safety> (24.02.2019)
- [35] OECD, ITF (2016), Adapting Transport to Climate Change and Extreme Weather (21.02.2019)
- [36] M.N. Rydstedt (2016), Managing knowledge sharing of extreme weather induced impacts on land transport infrastructure: Case study of the Swedish Transport Administration [WWW]
<http://kau.diva-portal.org/smash/record.jsf?fbclid=IwAR11xu5VemX0PsA17QOsGt6GmllQb2Fvs7Hr0asA8ln2T-AguA-BfuATOh4&pid=diva2%3A913665&dswid=2807> (26.02.2019)
- [37] SWOV Institute for Road Safety Research (2019), Fact sheet. The influence of weather on road safety [WWW] <https://www.swov.nl/en/facts-figures/factsheet/influence-weather-road-safety> (06.03.2019)
- [38] M. Cools, E. Moons, G.Wets (2009), Assessing the Impact of Weather on Traffic Intensity [Online] Weather, Climate and Society Vol. 2, No. 1 (January 2010), p 60-68 (08.03.2019)
- [39] X. Zhaia , H. Huang , N.N. Szeb, Z. Songc , K. K Hond (2018), Diagnostic analysis of the effects of weather condition on pedestrian crash severity [Online] Accident Analysis & Prevention 122 (January 2019), p 318-324 (08.03.2019)
- [40] D. Mais, D. Lloyd, J. Davies (2016), Modelling the impact of weather on road casualty statistics [WWW]
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/463100/weather-on-road-casualties.pdf (13.03.2019)
- [41] D. Jaroszweski, T. McNamara (2013), The influence of rainfall on road accidents in urban areas: a weather radar approach [Online] Travel Behaviour and Society 1 (January 2014), p 15-21 (06.03.2019)

[42] Government Statistical Service (2015), Exploring the effect of weather and climate on official statistics [WWW] <https://gss.civilservice.gov.uk/wp-content/uploads/2018/03/Exploring-the-effect-of-weather-and-climate-6.pdf> (16.03.2019)

[43] J. Davies (2017), Analysis of weather effects on daily road accidents [WWW] <https://gss.civilservice.gov.uk/wp-content/uploads/2017/01/Road-accidents.pdf> (13.03.2019)

[44] L.Vigla (2017), Libeduse mõju riigiteede liiklusohutusele [WWW] https://www.mnt.ee/sites/default/files/content-editors/Failid/Liiklusohutus/konverents/lauri_vigla_loputoo.pdf (12.02.2019)

[45] K.Kuldmaa (2015), Liiklusõnnetuste seos ebasoodsate ilmastikutingimustega Tallinn-Pärnu-Ikla maanteel 2004-2013 [WWW] <https://www.etera.ee/zoom/5294/view?page=1&p=separate&search=Liiklus%C3%B5nnetuste%20seos%20ebasoodsate%20ilmastikutingimustega%20Tallinn-P%C3%A4rnu-Ikla%20maanteel%202004-2013&tool=search&view=0,213,2481,3295> (07.03.2019)

[46] ITF (2017), Road Safety Annual Report 2017 [WWW] http://contralaviolenciavial.org/uploads/DOCUMENTOS/REPORT_IRTADe.pdf (12.02.2019)

[47] L.Tooding (2015), Andmete analüüs ja tõlgendamine sotsiaalteadustes, Tartu:Tartu Ülikooli Kirjastus

[48] S. Hirsjärvi, P. Remes, P. Sajavaara (2010), Uuri ja kirjuta, Tartu: kirjastus Greif

[49] M.Anissimov, Digiõppevaramu (2017), Korrelatsioon [WWW] <https://vara.ee-koolikott.ee/taxonomy/term/2355> (16.05.2019)

[50] Eetikaveeb, Hea teadustava Lisa 1 Sõnastik [WWW] https://www.eetika.ee/sites/default/files/www_ut/lisa1_sonastik.pdf (11.05.2019)

[51] Teede Tehnokeskus, Intelligentset teeinfosüsteemid [WWW] <http://www.teed.ee/et/teenused/teeinfosusteemid/intelligentset-transpordisusteemid/teeilmajaamade-infosusteemid/> (07.03.2019)

[52] Microsoft, Forecasting with ARIMA [WWW] <https://appsource.microsoft.com/en-us/product/power-bi-visuals/WA104380888?tab=Overview> (25.04.2019)

[53] S. Grudkowska, Department of Statistics, Narodowy Bank Polski (2017), JDemetra+ User Guide Version 2.2 [WWW] https://ec.europa.eu/eurostat/cros/content/jdemetra-user-guide-version-22_en (16.05.2019)

[54] S. Grudkowska, Department of Statistics, Narodowy Bank Polski (2016), JDemetra+ Reference Manual Version 2.1 [WWW] https://ec.europa.eu/eurostat/cros/system/files/jdemetra_reference_manual_version_2.1_0.pdf (16.05.2019)

[55] Statistikaamet (2011), Eesti Statistika Kvartalikirj 2011 [WWW] https://www.stat.ee/valjaanne-2011_eeesti-statistika-kvartalikirj-1-11 (20.05.2019)

- [56] Statistikaamet, Sisemajanduse koguprodukti sesoonne ja tööpäevade arvuga korrigeerimine [WWW] <https://www.stat.ee/dokumendid/713905> (20.05.2019) allikas 63
- [57] Microsoft, Combine text and numbers [WWW] <https://support.office.com/en-us/article/combine-text-and-numbers-a32c8e0e-90a2-435b-8635-5dd2209044ad> (15.05.2019)
- [58] Maanteeamet, KKK muutuva teabega liiklusmärkide kohta [WWW] <https://www.mnt.ee/et/tee/liikluskorraldus/liiklusjuhtimiskeskus/kkk-muutuva-teabega-liiklusmarkide-kohta> (10.05.2019)
- [59] European Road Safety Observatory (2018), Cost Benefit Analysis 2018 [WWW] https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/ersosynthesis2018-costbenefitanalysis.pdf (25.04.2019)
- [60] GB Department of Transport (2014), Modelling the impact of the weather on road casualty statistics [WWW] https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/463049/rrcgb2014-03.pdf (13.03.2019)
- [61] J.B. Edwards, (1998), The relationship between road accident severity and recorded weather. [Online] Journal of Safety Research 29 (4), p 249–262 (06.03.2019)
- [62] L.Qiu, W.A. Nixon, (2008) Effects of Adverse Weather on Traffic Crashes Systematic Review and Meta-Analysis. [Online] Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board 2055, p 139–146 (06.03.2019)
- [63] L. Fridstrøm, J. Ifver, S. Ingebrigtsen, R. Kulmala, L. K. Thomsen (1995) Measuring the contribution of randomness, exposure, weather and daylight to the variation in road accident counts. [Online] Accident Analysis and Prevention 27 (1), p 1–20 (06.03.2019)
- [64] R. Elvik, (2006), Laws of accident causation. [Online] Accident Analysis & Prevention 38 (4), p 742–747 (06.03.2019)
- [65] J. Andrey, (2010), Long-term trends in weather-related crash risks. [Online] Journal of Transport Geography 18, vol 2, p 247–258 (06.03.2019)
- [66] J.H. Hogema, (1996) Effects of rain on daily traffic volume and on driving behaviour. A study as part of the Project Road and Weather Conditions. Rapport TNO-TM 1996-B019. TNO Human Factors Research Institute TM, Soesterberg. (06.03.2019)
- [67] M. Agarwal, T. Maze, R. Souleyrette (2005). Impact of weather on urban freeway traffic flow characteristics and facility capacity. Iowa State University, Center for Transportation Research and Education (06.03.2019)

LISAD

LISA 1 Teeilmajaamad

Tabel L 1.1 Teeilmajaamad

Ilmajaama ID	Nimetus	Ilmajaama ID	Nimetus	Ilmajaama ID	Nimetus	Ilmajaama ID	Nimetus
3	Kangru	26	Urge	52	Rae	110	Ristna
4	Kanama	27	Partsi	53	Tabasalu	111	L-Nigula
5	Märjamaa	28	Jaakna	55	Kõpu	112	Virtsu
6	Sõmeru	29	Kassinurme	56	Tartu	113	Kuusiku
7	Ussisoo	30	Padaorg	57	Napsi	114	Türi
8	Viitna	31	Kauksi	58	Tatra	115	Tiirikoja
9	Kärevere	32	Enge	59	Jõhvi	116	Pärnu
10	Lihula	33	Mudiste	60	Aegviidu	117	Viljandi
11	Nurme	34	Priipalu	61	Luhamaa	118	Valga
13	Vastseliina	35	Ünnaste	62	Kemba	119	Võru
14	Jüri	36	Paunküla	63	Hüüru	212	Mäo
15	Valjala	37	Adavere	64	Pikknurme	214	Lilaste
16	Saverna	39	Ristiküla	79	Väike-Maarja	287	Loo
17	Jägala	42	Karisilla	81	Tõravere	309	Peetrimõisa
18	Sinimäe	43	V-Rakke	83	Vilsandi	322	Vaela
19	Uhmardu	44	Muhu	85	Roomassaare	323	Pärnamäe
20	Rõngu	45	Rohuküla	86	Ruhnu	324	Rohuneeme
21	Kernu	46	Mõisaküla	87	Kihnu	335	Papiniidu
22	Võiste	47	Melliste	89	Jõgeva	336	Ääsmäe
23	Ambla	49	Aranküla	105	Pakri	346	Kanama2
24	Ainja	50	Emumäe	106	Tallinn (Harku)	347	Kanama3
25	Riisipere	51	Ikla	109	N-Jõesuu		

Allikas: Teede Tehnokeskus AS. Autori koostatud (2019)

LISA 2 Ilmaolude esinemine kuude kaupa 2014-2018

Tabel L 2.1 Ilmaolude esinemine kuude kaupa 2014. aastal

Aasta/kuu	Kuiv	Märg	Jäine/härmatis	Niiske	Lumine
2014 jaanuar	8	9	5	18	2
2014 veebruar	6	1	2	14	0
2014 märts	18	4	0	8	1
2014 aprill	38	1	0	8	0
2014 mai	26	5	0	9	0
2014 juuni	17	5	0	22	0
2014 juuli	36	1	0	13	0
2014 august	34	5	0	12	0
2014 september	26	4	0	15	1
2014 oktoober	24	5	0	10	0
2014 november	13	7	3	12	1
2014 detsember	4	24	0	20	0
Kokku	250	71	10	161	5

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Tabel L 2.2 Ilmaolude esinemine kuude kaupa 2015. aastal

Aasta/Kuu	Kuiv	Märg	Jäine/härmatis	Niiske	Lumine
2015 jaanuar	3	10	3	8	0
2015 veebruar	6	10	3	13	0
2015 märts	13	5	0	8	0
2015 aprill	23	8	0	8	0
2015 mai	38	0	0	8	0
2015 juuni	44	2	0	3	0
2015 juuli	37	4	0	4	0
2015 august	53	1	0	5	0
2015 september	28	6	0	11	0
2015 oktoober	30	1	1	3	0
2015 november	10	9	0	23	0
2015 detsember	13	13	0	19	1
Kokku	298	69	7	113	1

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Tabel L 2.3 Ilmaolude esinemine kuude kaupa 2016. aastal

Aasta/Kuu	Kuiv	Märg	Jäine/härmatis	Niiske	Lumine
2016 jaanuar	1	4	0	4	1
2016 veebruar	2	3	1	8	0
2016 märts	6	0	0	6	0
2016 aprill	12	0	1	4	1
2016 mai	31	2	0	3	0
2016 juuni	23	2	0	4	0
2016 juuli	30	2	0	1	1
2016 august	21	0	0	5	0
2016 september	28	0	1	2	0
2016 oktoober	17	0	0	4	0
2016 november	4	2	0	7	0
2016 detsember	5	8	0	13	0
Kokku	180	23	3	61	3

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Tabel L 2.4 Ilmaolude esinemine kuude kaupa 2017. aastal

Aasta/Kuu	Kuiv	Märg	Jäine/härmatis	Niiske	Lumine
2017 jaanuar	8	7	4	22	1
2017 veebruar	11	10	2	25	2
2017 märts	13	5	2	6	1
2017 aprill	35	4	0	11	0
2017 mai	52	1	1	4	0
2017 juuni	43	3	1	4	3
2017 juuli	50	4	1	2	0
2017 august	38	3	0	10	0
2017 september	38	10	0	14	2
2017 oktoober	24	11	0	15	0
2017 november	12	14	0	34	0
2017 detsember	4	26	3	27	1
Kokku	328	98	14	174	10

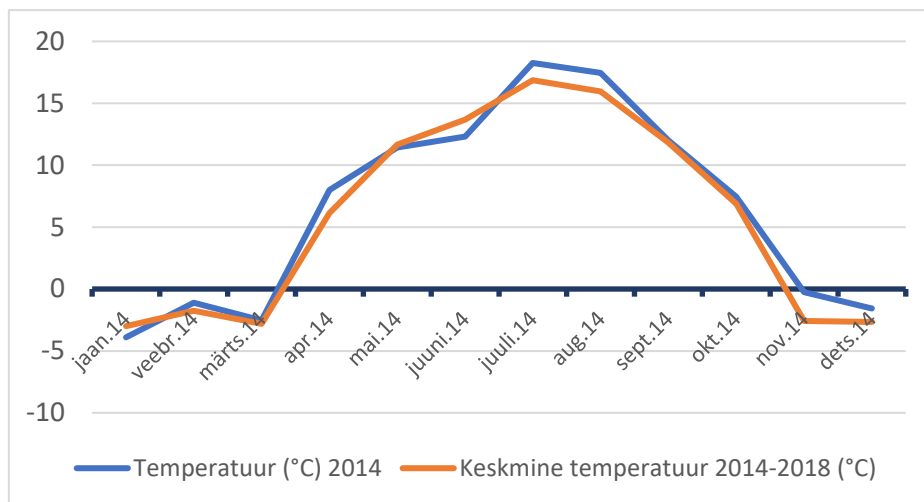
Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Tabel L 2.5 Ilmaolude esinemine kuude kaupa 2018. aastal

Aasta/Kuu	Kuiv	Märg	Jäine/härmatis	Niiske	Lumine
2018 jaanuar	4	18	4	25	6
2018 veebruar	7	7	4	12	5
2018 märts	19	6	4	10	0
2018 aprill	34	8	0	8	0
2018 mai	79	1	0	8	0
2018 juuni	62	3	0	2	0
2018 juuli	75	3	0	4	0
2018 august	56	7	0	3	1
2018 september	40	4	1	6	0
2018 oktoober	27	12	0	11	1
2018 november	14	17	0	16	2
2018 detsember	14	22	3	10	1
Kokku	431	108	16	115	16

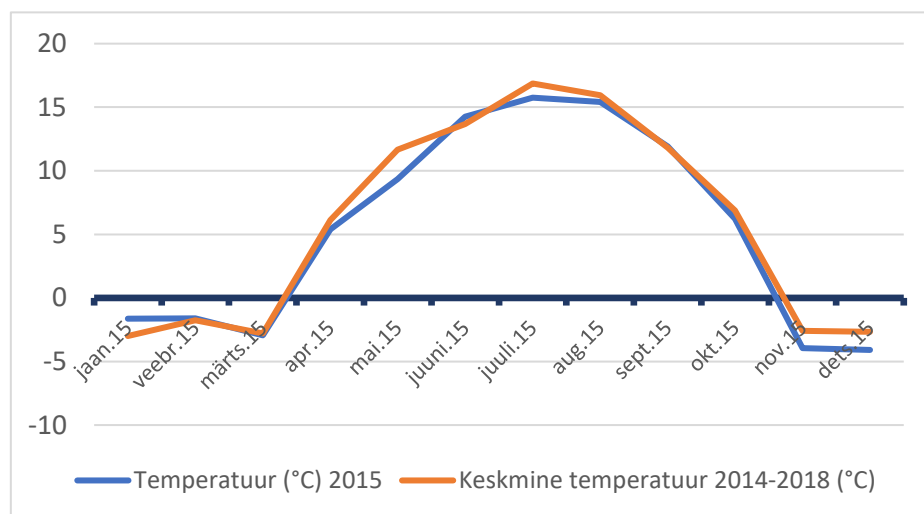
Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

LISA 3 Õhutemperatuuride võrdlus keskmisega kuude kaupa 2014-2018



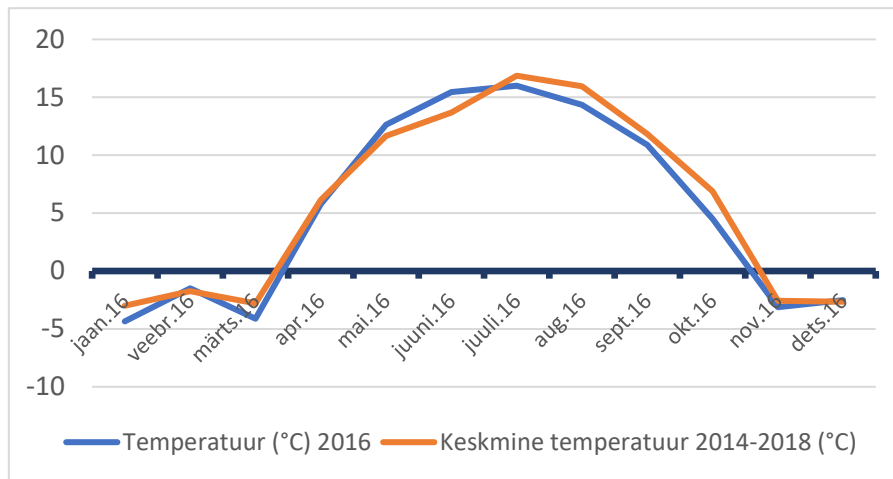
Joonis L 3.1 2014. aasta temperatuuride võrdlus keskmisega

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)



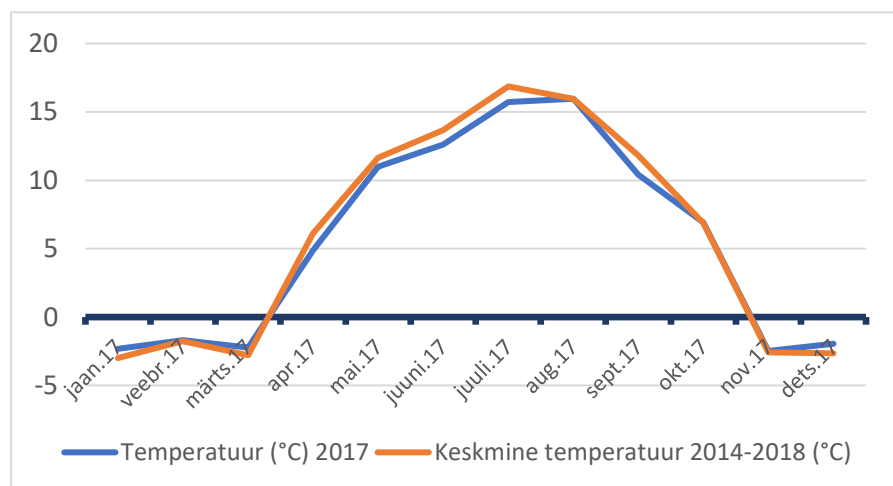
Joonis L 3.2 2015. aasta temperatuuride võrdlus keskmisega

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)



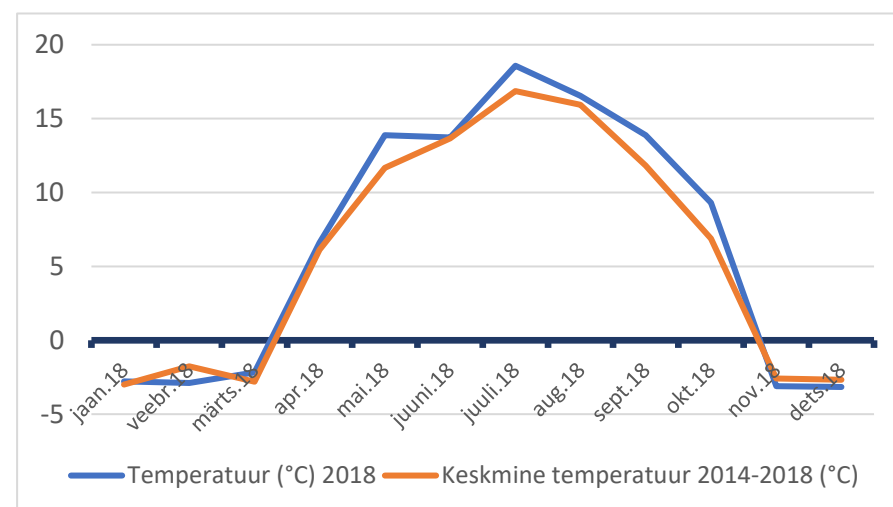
Joonis L 3.3 2016. aasta temperatuuride võrdlus keskmisega

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)



Joonis L 3.4 2017. aasta temperatuuride võrdlus keskmisega

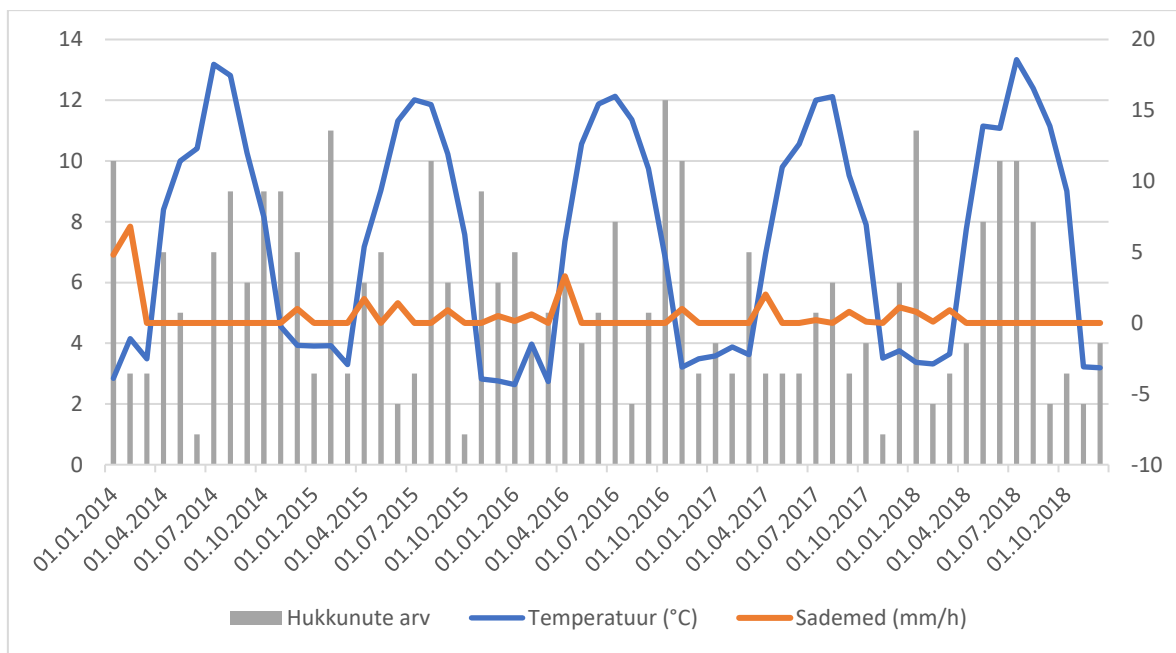
Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)



Joonis L3.5 2018. aasta temperatuuride võrdlus keskmisega

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

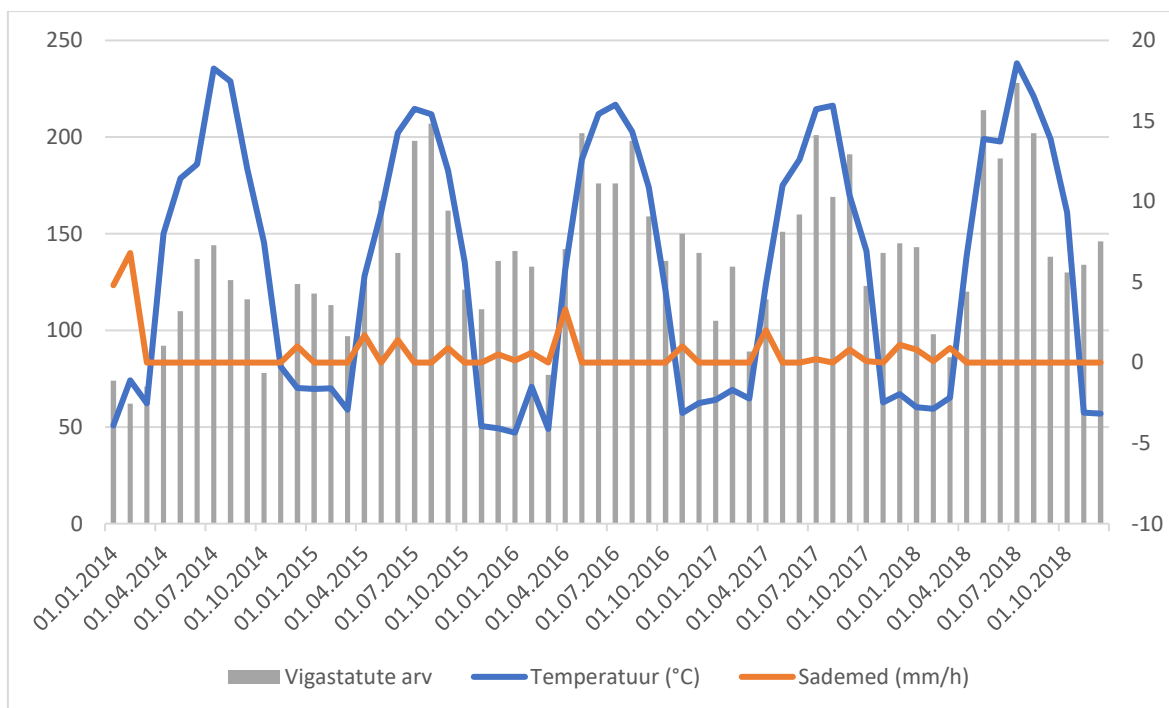
LISA 4 Õhutemperatuuride, hukkunute ja sademete esitamine kuude kaupa 2014-2018



Joonis L 4.1 Temperatuuri, sademete ja hukkunute arvu seosed liiklusõnnetustes 2014-2018

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

LISA 5 Õhutemperatuuride, vigastatute ja sademete esitamine kuude kaupa 2014-2018



Joonis L 5.1 Temperatuuri, sademete ja vigastatute arvu seosed liiklusõnnetustes 2014-2018

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

LISA 6 Temperatuuri, sademete, hukkunute ja vigastatute andmed kuude kaupa 2014-2018

Tabel L 6.1 Temperatuuri, sademete, hukkunute ja vigastatute andmed kuude kaupa 2014

Kuu	Temperatuur (°C) 2014	Sademed (mm/h)	Hukkunute arv	Vigastatute arv	Keskmine temperatuur 2014- 2018 (°C)	Keskmine sademete hulk 2014-2018 (mm/h)	Keskmine hukkunute arv	Keskmine vigastatute arv
01.2014	-3.9	4.8	10	74	-2.996	1.146	7	116
02.2014	-1.1	6.8	3	62	-1.754	1.5	5	108
03.2014	-2.53	0	3	71	-2.802	0.18	4	84
04.2014	8	0	7	92	6.13	1.4	5	119
05.2014	11.44	0	5	110	11.658	0	5	169
06.2014	12.31	0	1	137	13.672	0.28	4	160
07.2014	18.26	0	7	144	16.864	0.04	7	189
08.2014	17.47	0	9	126	15.946	0	7	180
09.2014	12	0	6	116	11.818	0.34	4	153
10.2014	7.44	0	9	78	6.884	0.02	6	118
11.2014	-0.25	0	9	85	-2.58	0.2	6	124
12.2014	-1.58	1	7	124	-2.662	0.52	5	138

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Tabel L 6.2 Temperatuuri, sademete, hukkunute ja vigastatute andmed kuude kaupa 2015

Kuu	Temperatuur (°C) 2015	Sademed (mm/h)	Hukkunute arv	Vigastatute arv	Keskmine temperatuur 2014- 2018 (°C)	Keskmine sademete hulk 2014-2018 (mm/h)	Keskmine hukkunute arv	Keskmine vigastatute arv
01.2015	-1.63	0	3	119	-2.996	1.146	7	116.4
02.2015	-1.6	0	11	113	-1.754	1.5	4.6	107.8
03.2015	-2.94	0	3	97	-2.802	0.18	4.2	84
04.2015	5.38	1.7	6	125	6.13	1.4	5.2	119
05.2015	9.35	0	7	167	11.658	0	5.4	168.8
06.2015	14.26	1.4	2	140	13.672	0.28	4.2	160.4
07.2015	15.75	0	3	198	16.864	0.04	6.6	189.4
08.2015	15.41	0	10	207	15.946	0	7	180.4
09.2015	11.92	0.9	6	162	11.818	0.34	4.4	153.2
10.2015	6.23	0	1	121	6.884	0.02	5.8	117.6
11.2015	-3.95	0	9	111	-2.58	0.2	6.2	124
12.2015	-4.09	0.5	6	136	-2.662	0.52	5.2	138.2

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Tabel L 6.3 Temperatuuri, sademete, hukkunute ja vigastatute andmed kuude kaupa 2016

Kuu	Temperatuur (°C) 2016	Sademed (mm/h)	Hukkunute arv	Vigastatute arv	Keskmine temperatuur 2014- 2018 (°C)	Keskmine sademete hulk 2014-2018 (mm/h)	Keskmine hukkunute arv	Keskmine vigastatute arv
01.2016	-4.35	0.13	7	141	-2.996	1.146	7	116.4
02.2016	-1.5	0.6	4	133	-1.754	1.5	4.6	107.8
03.2016	-4.13	0	5	77	-2.802	0.18	4.2	84
04.2016	5.77	3.3	6	142	6.13	1.4	5.2	119
05.2016	12.62	0	4	202	11.658	0	5.4	168.8
06.2016	15.44	0	5	176	13.672	0.28	4.2	160.4
07.2016	16	0	8	176	16.864	0.04	6.6	189.4
08.2016	14.34	0	2	198	15.946	0	7	180.4
09.2016	10.88	0	5	159	11.818	0.34	4.4	153.2
10.2016	4.51	0	12	136	6.884	0.02	5.8	117.6
11.2016	-3.12	1	10	150	-2.58	0.2	6.2	124
12.2016	-2.52	0	3	140	-2.662	0.52	5.2	138.2

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Tabel L 6.4 Temperatuuri, sademete, hukkunute ja vigastatute andmed kuude kaupa 2017

Kuu	Temperatuur (°C) 2017	Sademed (mm/h)	Hukkunute arv	Vigastatute arv	Keskmine temperatuur 2014- 2018 (°C)	Keskmine sademete hulk 2014-2018 (mm/h)	Keskmine hukkunute arv	Keskmine vigastatute arv
01.2017	-2.32	0	4	105	-2.996	1.146	7	116.4
02.2017	-1.69	0	3	133	-1.754	1.5	4.6	107.8
03.2017	-2.23	0	7	89	-2.802	0.18	4.2	84
04.2017	4.89	2	3	116	6.13	1.4	5.2	119
05.2017	11	0	3	151	11.658	0	5.4	168.8
06.2017	12.62	0	3	160	13.672	0.28	4.2	160.4
07.2017	15.73	0.2	5	201	16.864	0.04	6.6	189.4
08.2017	15.96	0	6	169	15.946	0	7	180.4
09.2017	10.41	0.8	3	191	11.818	0.34	4.4	153.2
10.2017	6.93	0.1	4	123	6.884	0.02	5.8	117.6
11.2017	-2.48	0	1	140	-2.58	0.2	6.2	124
12.2017	-1.96	1.1	6	145	-2.662	0.52	5.2	138.2

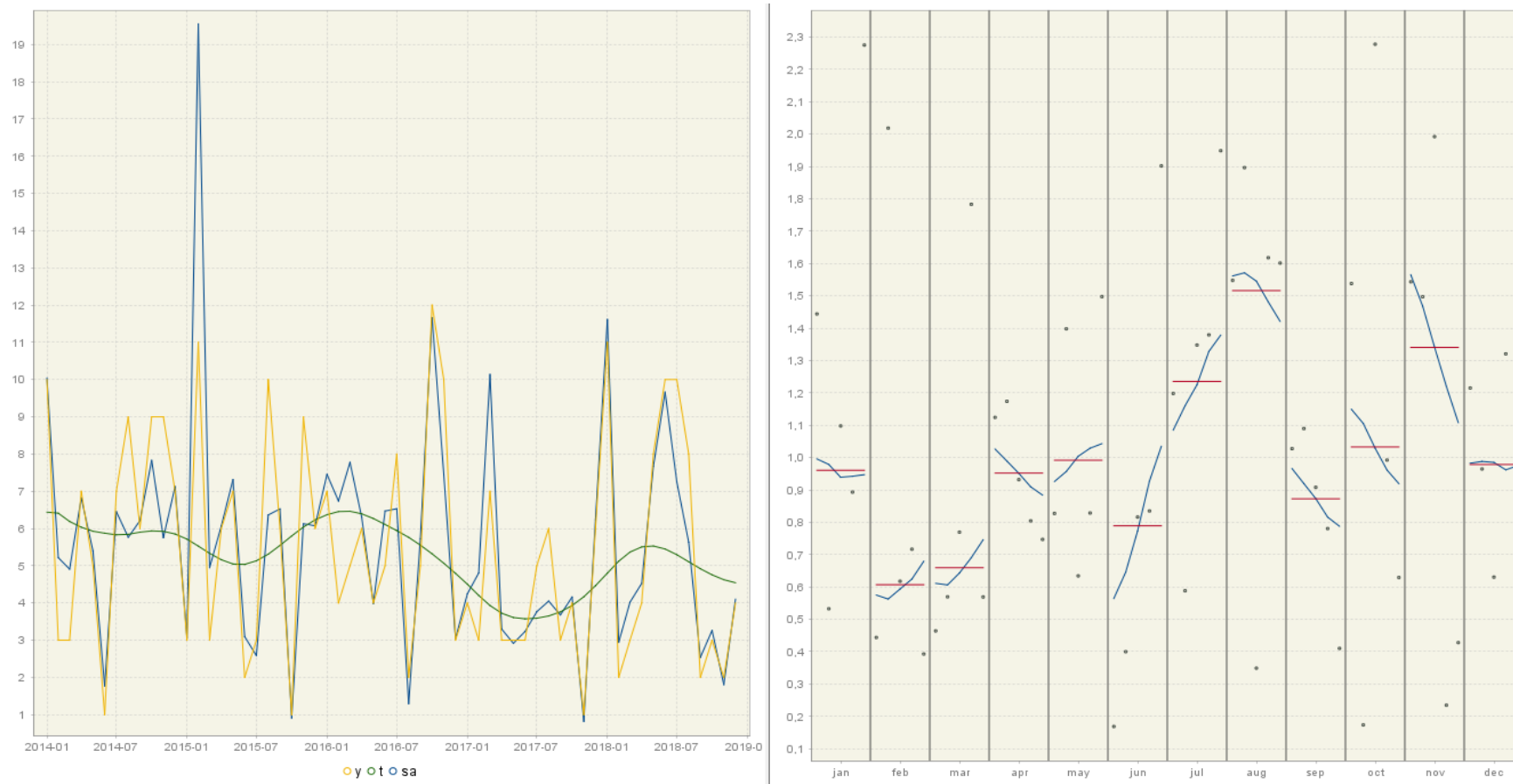
Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

Tabel L 6.5 Temperatuuri, sademete, hukkunute ja vigastatute andmed kuude kaupa 2018

Kuu	Temperatuur (°C) 2018	Sademed (mm/h)	Hukkunute arv	Vigastatute arv	Keskmine temperatuur 2014- 2018 (°C)	Keskmine sademete hulk 2014-2018 (mm/h)	Keskmine hukkunute arv	Keskmine vigastatute arv
01.2018	-2.78	0.8	11	143	-2.996	1.146	8	116.4
02.2018	-2.88	0.1	2	98	-1.754	1.5	3	107.8
03.2018	-2.18	0.9	3	86	-2.802	0.18	4.5	84
04.2018	6.61	0	4	120	6.13	1.4	5	119
05.2018	13.88	0	8	214	11.658	0	5	168.8
06.2018	13.73	0	10	189	13.672	0.28	4.75	160.4
07.2018	18.58	0	10	228	16.864	0.04	7.5	189.4
08.2018	16.55	0	8	202	15.946	0	6.25	180.4
09.2018	13.88	0	2	138	11.818	0.34	4	153.2
10.2018	9.31	0	3	130	6.884	0.02	7	117.6
11.2018	-3.1	0	2	134	-2.58	0.2	5.5	124
12.2018	-3.16	0	4	146	-2.662	0.52	5	138.2

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

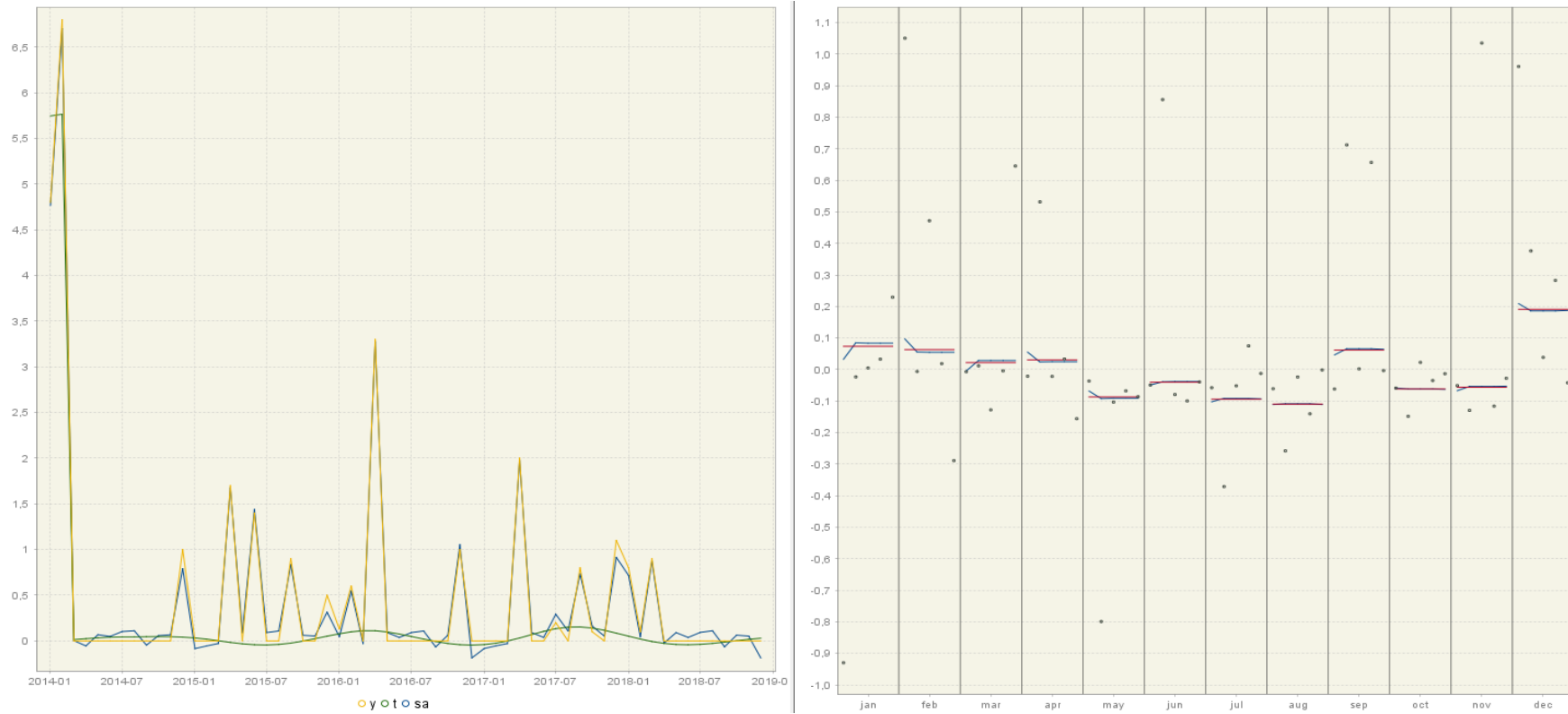
LISA 7 Hukkunute aegrida 2014-2018 andmete põhjal



Joonis L 7.1 Hukkunute aegrida 2014-2018 andmete põhjal

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

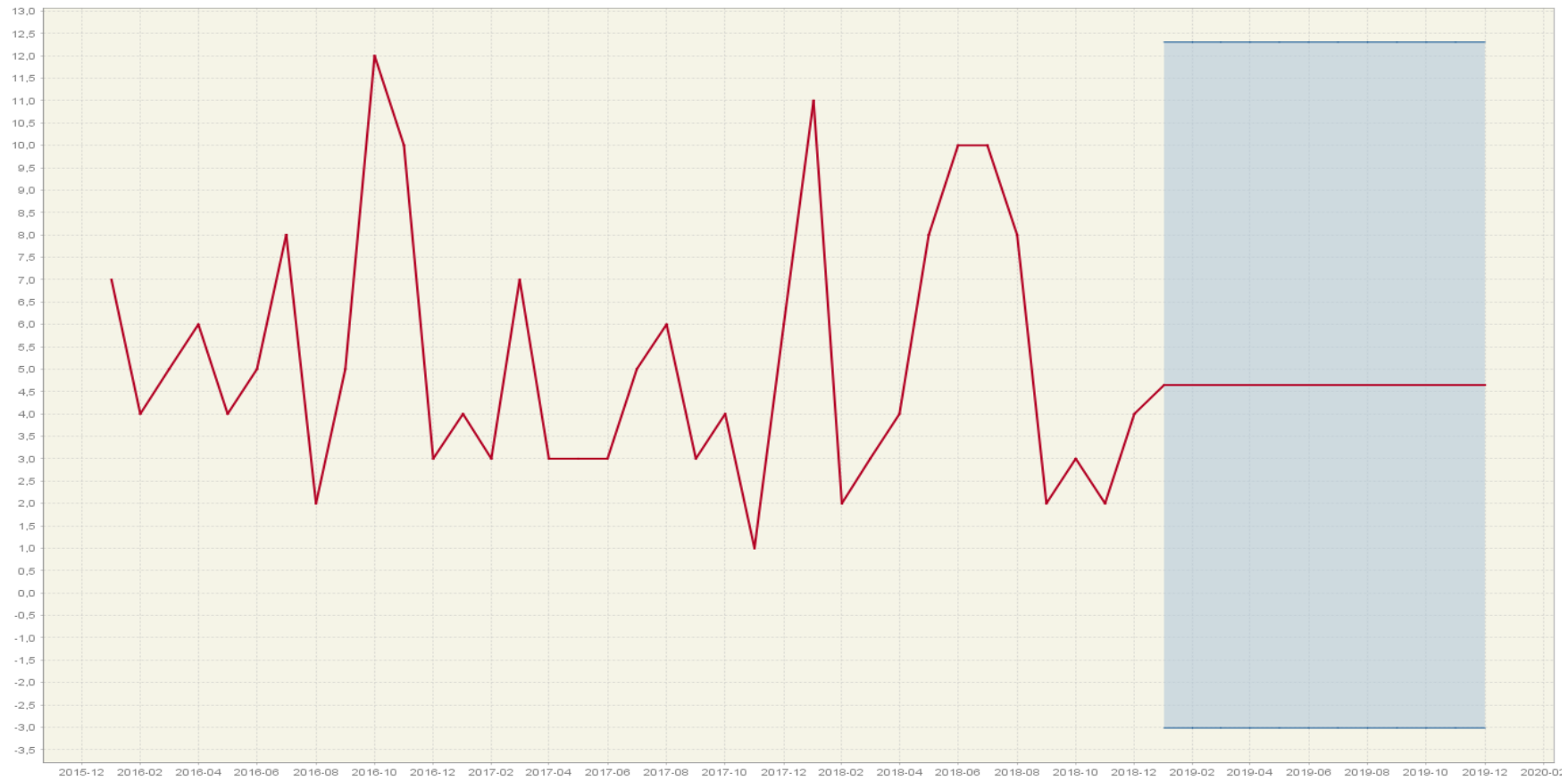
LISA 8 Sademete aegrida 2014-2018 andmete põhjal



Joonis L 8.1 Sademete aegrida 2014-2018 andmete põhjal

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

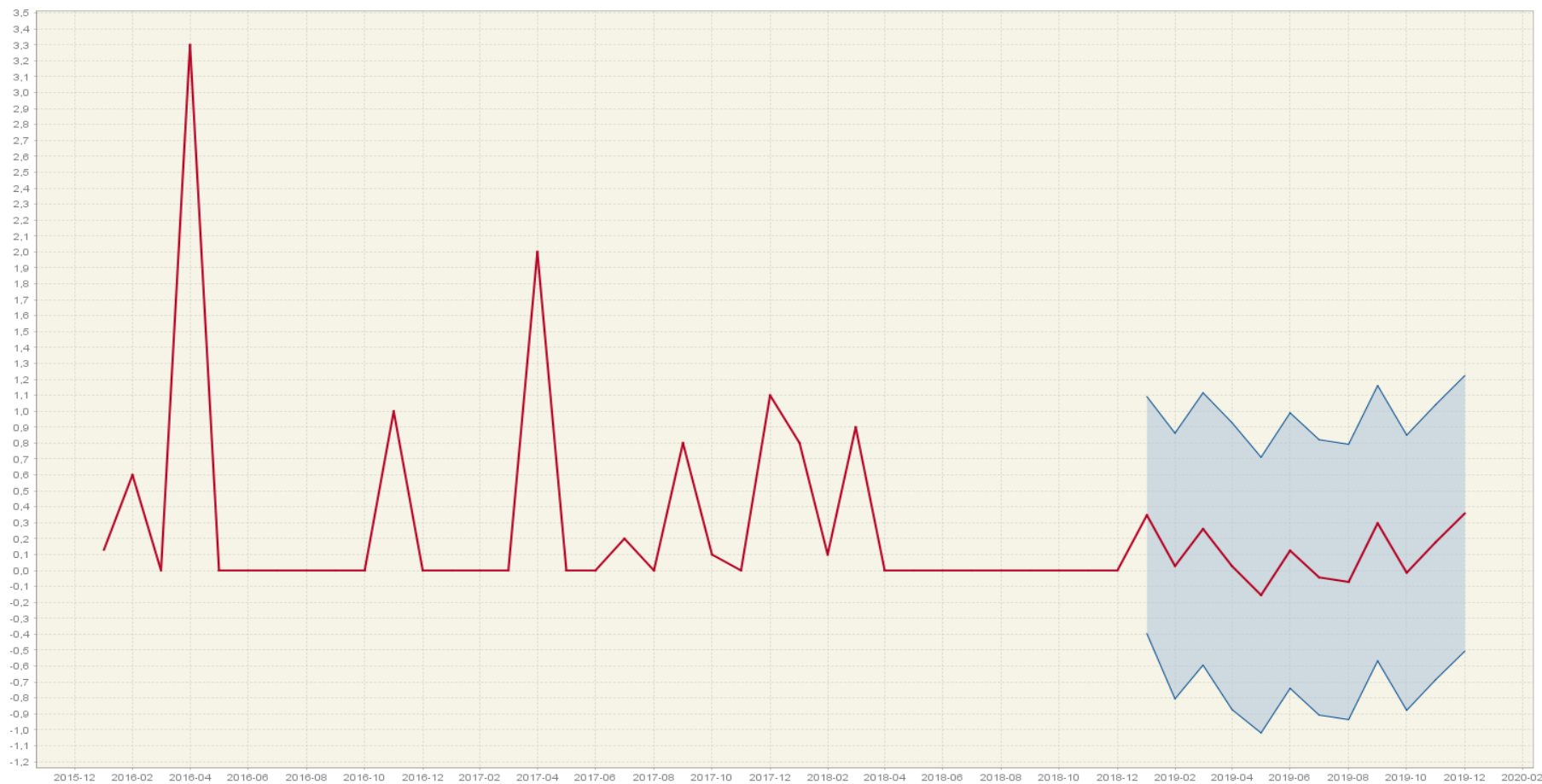
LISA 9 Hukkunute arvu prognoos 2014-2018 andmete põhjal



Joonis L 9.1 Hukkunute arvu prognoos 2014-2018 andmete põhjal

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)

LISA 10 Sademete prognoos 2014-2018 andmete põhjal



Joonis L 10.1 Hukkunute arvu prognoos 2014-2018 andmete põhjal

Allikas: Teede Tehnokeskus AS teeilmajaamade andmekogu ja Maanteeameti liiklusõnnetuse andmekogu andmed. Autori koostatud (2019)