



MAANTEEAMET

 Teede
Tehnokeskus

JALGRATTA KÜLGVAHE MÄRKIDE MÕJUANALÜÜS

Töö on koostatud Maanteeameti taristu arendamise osakonna tellimusel

Tallinn
2020

Projektijuht:

Tanel Jairus, AS Teede Tehnokeskus

Töös osalesid:

Stanislav Metlitski, AS Teede Tehnokeskus

Andres Teder, AS Teede Tehnokeskus

© Maanteeamet, 2020

Töö tellija on Maanteeamet, kuid töö tulemus ei pea olema kooskõlas Maanteeameti seisukohaga ega väljenda Maanteeameti poolt heakskiidetud arvamusi. Vastutus antud dokumendis toodud informatsiooni ja esitatud arvamuste eest lasub täies mahus töö teostajal. Tööd võib vabalt tervikuna tasuta kasutamiseks välja anda või tsiteerida allikale viidates.

1. SISSEJUHATUS

Aastal 2019 paigaldas Maanteeamet kolmele Harjumaa kõrvalmaanteele kuus liiklusmärki, mille ülesandeks on tuletada liiklejatele meelde ohutu külgsuuna hoidmise olulisust.



Joonis 1. Paigaldatud liiklusmärgi kujutis

Märgid paigaldati järgmistele teelõikude otstele:

- Kõrvalmaantee 11303 Jüri – Aruküla 4,7. ja 8,2. kilomeetrile;
- Kõrvalmaantee 11300 Lagedi – Aruküla – Peningi 3,7. ja 11,1. kilomeetrile;
- Kõrvalmaantee 11390 Tallinn – Rannamõisa – Kloogaranna 18,7. ja 25,5. kilomeetrile.



Joonis 2. Külgsuuna märk Jüri – Aruküla ja Tallinn – Rannamõisa – Kloogaranna teedel

Käesoleva töö eesmärk on hinnata külgsuuna märkide mõju mootorsõidukijuhi käitumisele jalgratturist möödumisel. Selleks mõõdeti tegelikke mootorsõidukite möödumise kaugusi jalgratturist nii märkidega tähistatud lõikudel kui nendega muus osas sarnastel referentslõikudel.

2. UURITAVAD TEELÕIGUD

Vastavalt lähteülesandele on ette antud järgmised külgvahe märkidega tähistatud maanteelõigud. Kõik lõigud paiknevad Harju maakonnas ja nende liiklussagedus ületab mitmekordselt Eesti keskmist. Lõikude andmed on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Jalgratturi külgvahe märkidega tähistatud teelõigud

Tee	Lõigu algus km	Lõigu lõpp km	Katte laius, m	Sõidutee laius, m	Peenra laius, m	Kaalutud keskmise AKÖL, autot ööp	Raskeliikluse osakaal, %
11303	4,7	8,2	8	6	1	3686	2
11300	3,7	11,1	7	7	0,5	2406	3
11390	18,7	25,5	9	7,5	0,5	1921	2

Analüüsi läbiviimiseks külgvahe märkidega tähistatud maanteelõikudele valiti referentslõigud. Nende valimisel lähtuti järgmistest põhimõtetest:

- teelõigud peavad olema lähedase laiusega;
- teelõigud peavad olema lähedase aasta keskmise liiklussagedusega (AKÖL);
- teelõigud peavad asuma samas piirkonnas, võimaldamaks moodustada loogilisi sõidumarsruute;
- teelõigu ääres ei tohi olla eraldiseisvat kergliiklusteed.

Sellest tulenevalt oli referentslõigule esitatavad parameetrid ja sobivad referentslõigud vastavalt teelõikudele järgmised (elistatud valik paksus kirjas):

Kõrvalmaantee 11303 Jüri – Aruküla: Sõidutee laius 6-7 meetrit, AKÖL vahemikus 2000-4000 autot ööpäevas, raskeliikluse osakaal 5% või vähem. Sobivad referentslõigud on toodud tabelis 2.

Tabel 2. 11303 Jüri – Aruküla sobivad referentslõigud

Tee	Tee nimetus	Lõigu algus km	Lõigu lõpp km	Katte laius, m	Sõidutee laius, m	AKÖL, autot ööp	Raskeliikluse osakaal, %
12	Kose - Jägala	30.193	36.784	8	6.5	2301	3
11410	Küla - Vääna-Viti	1.327	5.991	7	6	2105	1

Kõrvalmaantee 11300 Lagedi – Aruküla – Peningi: Sõidutee laius 7 meetrit, AKÖL vahemikus 1500-4000, raskeliikluse osakaal 3% või vähem. Sobivad referentslõigud on toodud tabelis 3.

Tabel 3. 11300 Lagedi – Aruküla – Peningi sobivad referentslõigud

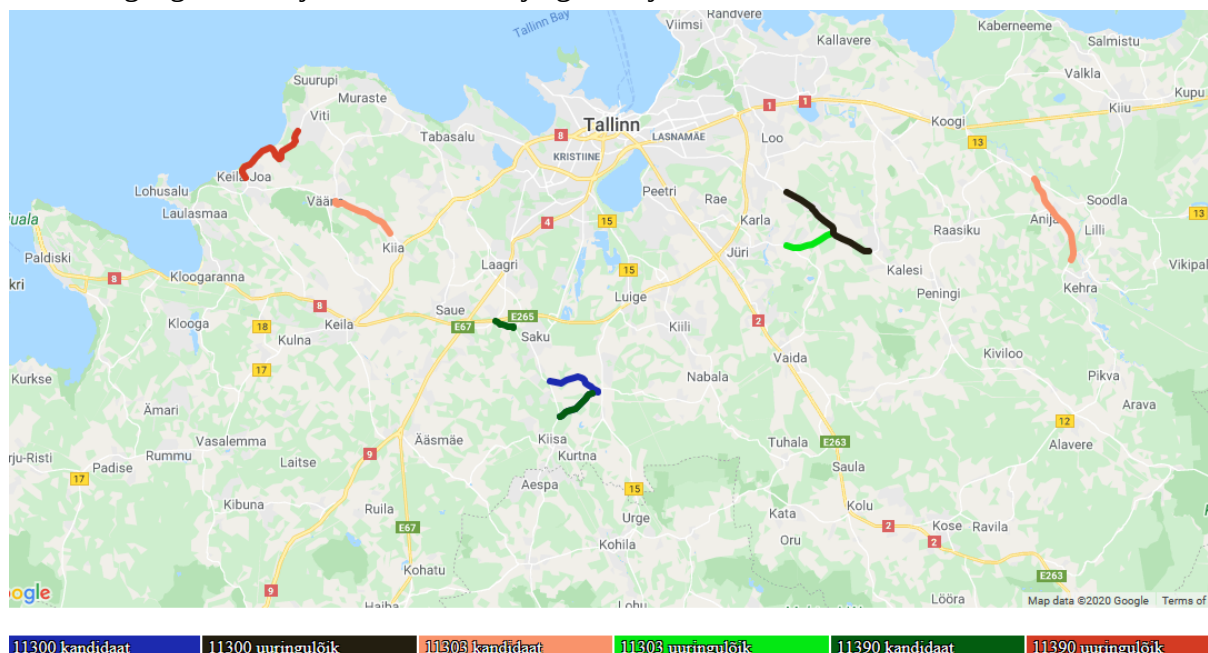
Tee	Tee nimetus	Lõigu algus km	Lõigu lõpp km	Katte laius, m	Sõidutee laius, m	AKÖL, autot ööp	Raskeliikluse osakaal, %
11240	Tõdva - Hageri	0.723	3.584	7.6	7	2281	2
11342	Saku - Tõdva	3.425	7.378	8	7	1648	3

Kõrvalmaantee 11390 Tallinn – Rannamõisa – Kloogaranna: Sõidutee laius 7-8 meetrit, AKÖL vahemikus 1500-2500, raskeliikluse osakaal 2% või vähem. . Sobivad referentslõigud on toodud tabelis 4.

Tabel 4. 11390 Tallinn – Rannamõisa – Kloogaranna sobivad referentslõigud

Tee	Tee nimetus	Lõigu algus km	Lõigu lõpp km	Katte laius, m	Sõidutee laius, m	AKÖL, autot ööp	Raskeliikluse osakaal, %
11240	Tõdva - Hageri	0.723	3.584	7.6	7	2281	2
11425	Kanama - Saku	2.415	3.811	9	7	1697	2

Lõikude geograafiline jaotus on toodud järgmisel joonisel.



Joonis 3. Analüüsitavate lõikude kaart

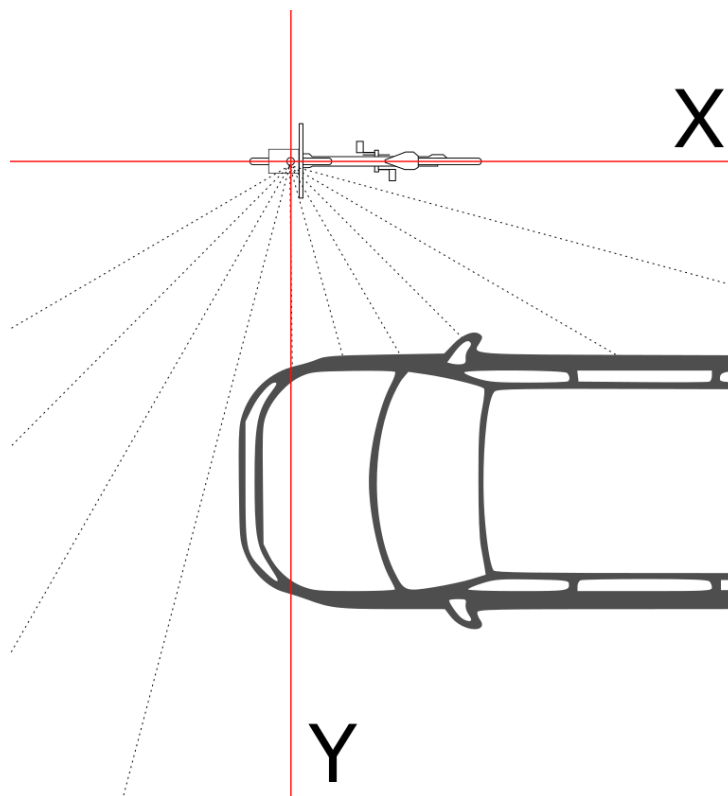
3. METOODIKA JA ANDMESTIK

Vastavalt lähteülesandele oli vaja välja töötada metoodika, mis võimaldab sõitvast jalgratturist mööduva mootorsõiduki kaugust mõõta vähemalt 0,1 meetri täpsusega ja soovituslikult hinnata jalgratturist lähemalt kui 1,5 meetri kauguselt mööduva mootorsõiduki kiirust.

Külgvahe mõõtmiseks kasutati jalgrattale paigaldatavat seadet, mis koosneb juhtarvutist, LIDAR seadmest, GPS vastuvõtjast ja toiteallikast. Juhtarvutile oli renditud eritarkvara, mis võimaldas registreerida mööduva mootorsõiduki kauguse ja möödumise aja. Mootorsõidukite kiiruste mõõtmiseks paigaldati jalgrattale eraldi radarseade. Erinevatest seadmetest saadud andmed ühendati ajatempli alusel ja teisendati möödumiseepisoodideks. Joonisel 4 on kujutatud seadet jalgrattale paigaldatuna.



Joonis 4. Mõõteseadmete komplekt jalgrattale kinnitatuna.



Joonis 5. LIDAR -seadme tööpõhimõte.

Joonisel 5 on toodud laserskaneerimisseadme (LIDAR) tööpõhimõte. Iga mõõtmisega salvestuvad polaarkoordinaadid, mis näitavad peegeldava objekti kaugust seadmest ja nurka seadme telje suhtes. Käesoleva ülesande jaoks ühitati seadme telg jalgratta pikiteljega. Polaarkoordinaatidest arvutati ristkoordinaadid, mille Y-telje väärtused näitavad objekti kaugust jalgratta pikiteljest. Mõõdumiskaugusena fikseeriti kõigist mõõdumiseepisoodi punktidest vähim Y-telje väärtus. Saadud tulemustest lahutati järeltöötluses maha pool jalgratta juhtraua laiuusest (660 mm) ehk 330 mm. Samuti liideti radarseadme poolt mõõdetud kiirusele GPS signaalist loetud jalgratta kiirus.

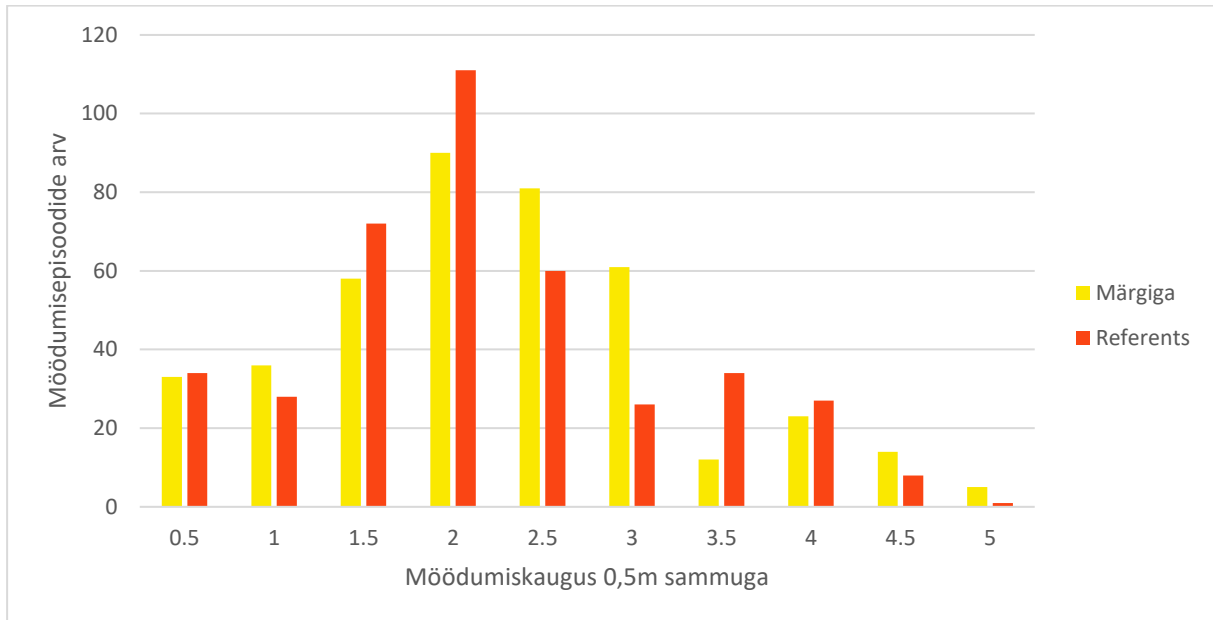
Tabel 5. Toorandmete näide.

Mõõtmise aeg	Sõiduki kiirus	Sõiduki klass	Jalgratta kiirus	Asukoha koordinaadid	Sõidurajal	Kaugus
26.08.2020 17:07	66	SAPA	16	540228 6571191	TRUE	4801
26.08.2020 17:08	76	SAPA	18	539943 6571093	TRUE	4273
26.08.2020 17:09	32	SAPA	16	539917 6571084	TRUE	4041
26.08.2020 17:09	70	SAPA	19	539801 6571042	TRUE	3832
26.08.2020 17:11	71	SAPA	15	539290 6570774	TRUE	3643
26.08.2020 17:12	63	SAPA	18	539124 6570804	TRUE	3618
26.08.2020 17:12	70	SAPA	18	539115 6570806	TRUE	3408
26.08.2020 17:13	59	AR	14	538792 6570876	TRUE	3372
26.08.2020 17:13	70	SAPA	8	538703 6570894	TRUE	3094
26.08.2020 17:14	26	SAPA	16	538851 6570860	TRUE	2984

Igal teelõigul koguti vähemalt 100 mõõdumiseepisoodi. Andmeid koguti tööpäeviti sõites jalgrattaga vastavatel teelõikudel edasi-tagasi valimi täitumiseni. Teedel 11303 Jüri – Aruküla ja 11410 Kiia - Vääna-Viti sõideti ainult sõidurajal, ülejäänutel poole valimi jagu teepeenral.

4. MÖÖDUMISKAUGUSTE ANALÜÜS

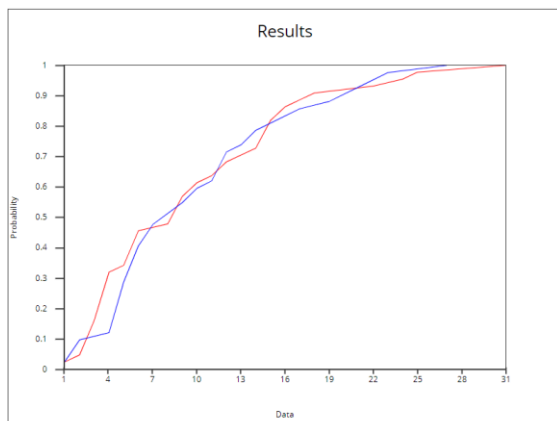
Kõigi lõikude peale kokku tuvastati 814 möödumiseepisoodi (märkidega tähistatud teelõikudel koguti 413 ja referents teelõikudel koguti 401). Keskmine möödumiskaugus oli 2,0 meetrit. Keskmine möödumiskiirus oli 80 km/h. Jalgratta keskmine kiirus oli 16 km/h. Tulemuste jaotus uuritavate ja referentslõikude vahel 0,5m sammuga on toodud järgmisel joonisel.



Joonis 6. Möödumiseepisoodide jaotumine kauguse alusel.

Külgvahe märgiga tähistatud teelõikude puhul oli keskmine külgvahe möödumisel ümardatult 2,1 meetrit. Referentslõikudel oli vastav näitaja 2,0 meetrit. Võrreldes märkidega tähistatud ja referentsteelõikudelt saadud andmeid leiti, et märgiga teelõikude keskmine külgvahe on 8 sentimeetrit suurem. Kolmogorov-Smirnovi testi¹ järgi ei ole saadud tulemuste erinevus statistiliselt oluline. See tähendab, et võttes aluseks käesoleva uuringu üldvalimi, ei avalda külgvahe märgid möödumiskauguse osas kuigi märkimisväärset mõju mootorsõiduki juhtide käitumisele jalgratturist möödumisel. Testi tulemus on toodud joonisel 7.

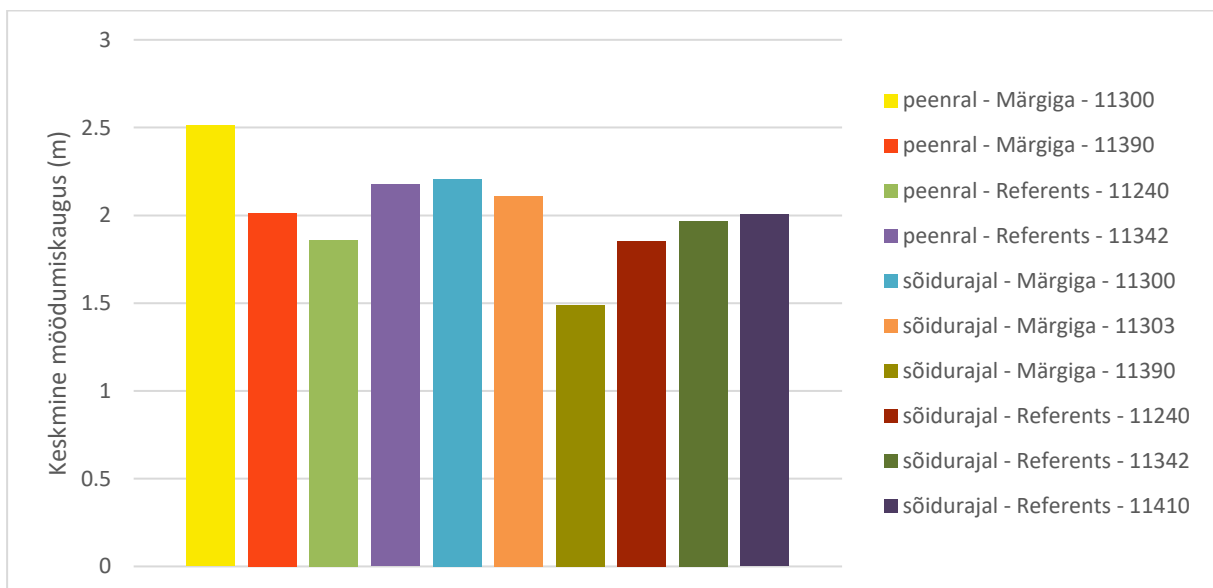
¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Kolmogorov%E2%80%93Smirnov_test



Parameter	Value
H_0	Sample follows given distribution
H_a	Sample does not follow given distribution
Kolmogorov-Smirnov statistic (D)	0.2
P-value of Test (p)	0.355
$p > 0.05 (\alpha)$	Accept H_0

Joonis 7. Kolmogorov-Smirnovi testi tulemus üldvalimi kohta.

Teede ja teel paiknemiste lõikes on variatsioon suurem, erinevus suurima ja vähima vahel on ligi meeter. Kõige väiksem keskmine on sealjuures märgiga varustatud lõigul.

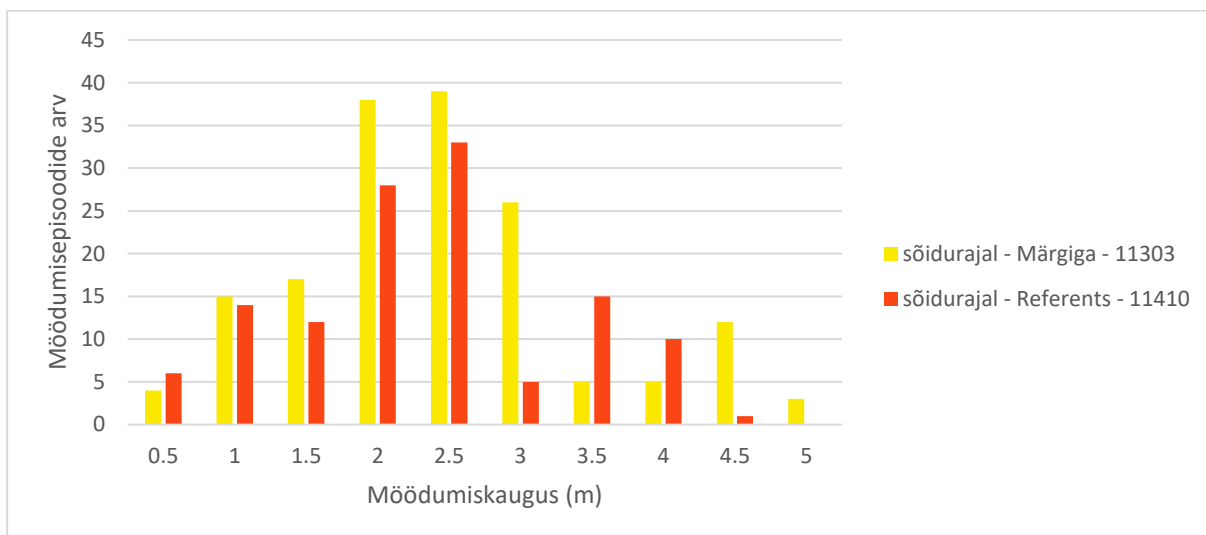


Joonis 8. Keskmesed möödumiskaugused teede lõikes.

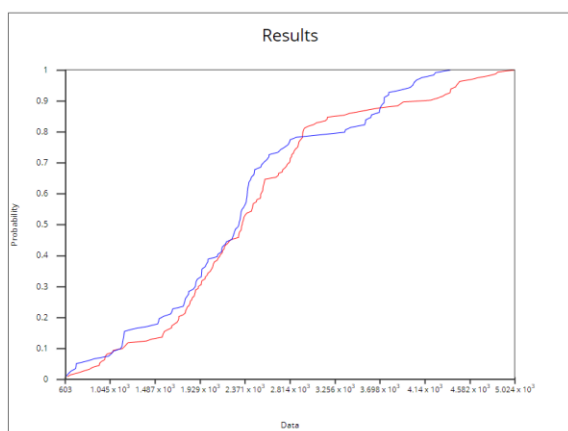
Järgnevalt on esitatud mõõtmistulemused lõigupaaride kaupa.

4.1. Tee 11303 Jüri – Aruküla ja tee 11410 Kiia – Vääna-Viti

Antud teede lõikudel toimusid mootorsõidukite möödumiskauguse mõõtmised ainult sõidurajal sõites. Teel 11303 sattus valimisse 164 ja teel 11410 124 sõidukit, keskmine möödumiskaugus oli vastavalt 2,1 ja 2,0 meetrit. Joonisel 9 on toodud möödumiseepisoodide jaotumine vastavalt möödumiskaugusele.



Joonis 9. Möödumiskauguste jaotumine teedel 11303 Jüri – Aruküla ja 11410 Kiia – Vääna-Viti



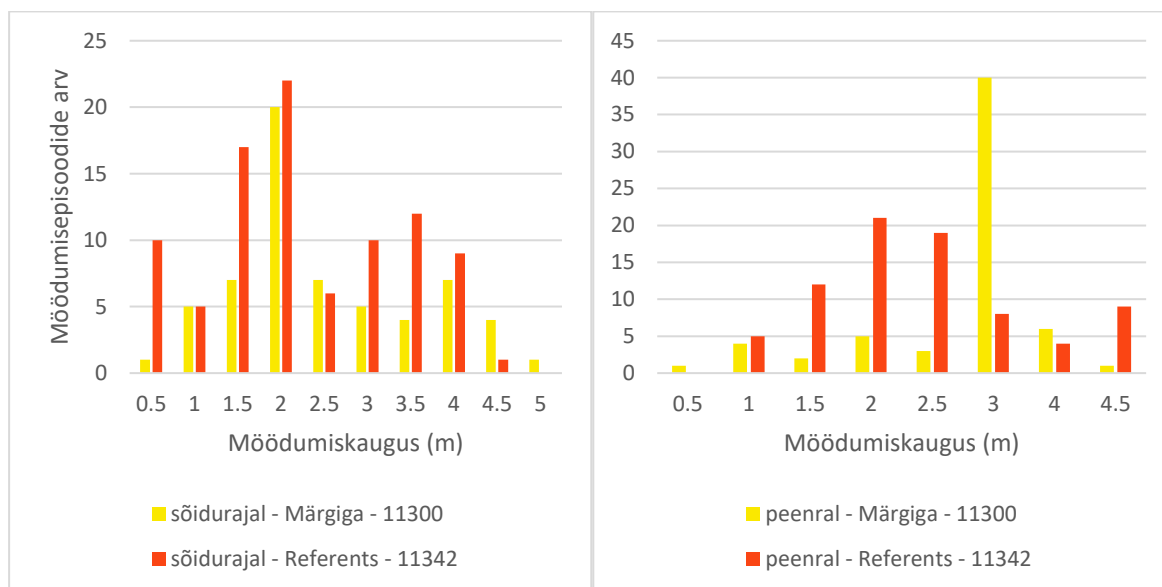
Parameter	Value
H_0	Sample follows given distribution
H_a	Sample does not follow given distribution
Kolmogorov-Smirnov statistic (D)	0.111
P-value of Test (p)	0.354
$p > 0.05$ (α)	Accept H_0

Joonis 10. Möödumiskauguste jaotuse Kolmogorov-Smirnovi testi tulemus teedel 11303 Jüri – Aruküla ja 11410 Kiia – Vääna-Viti.

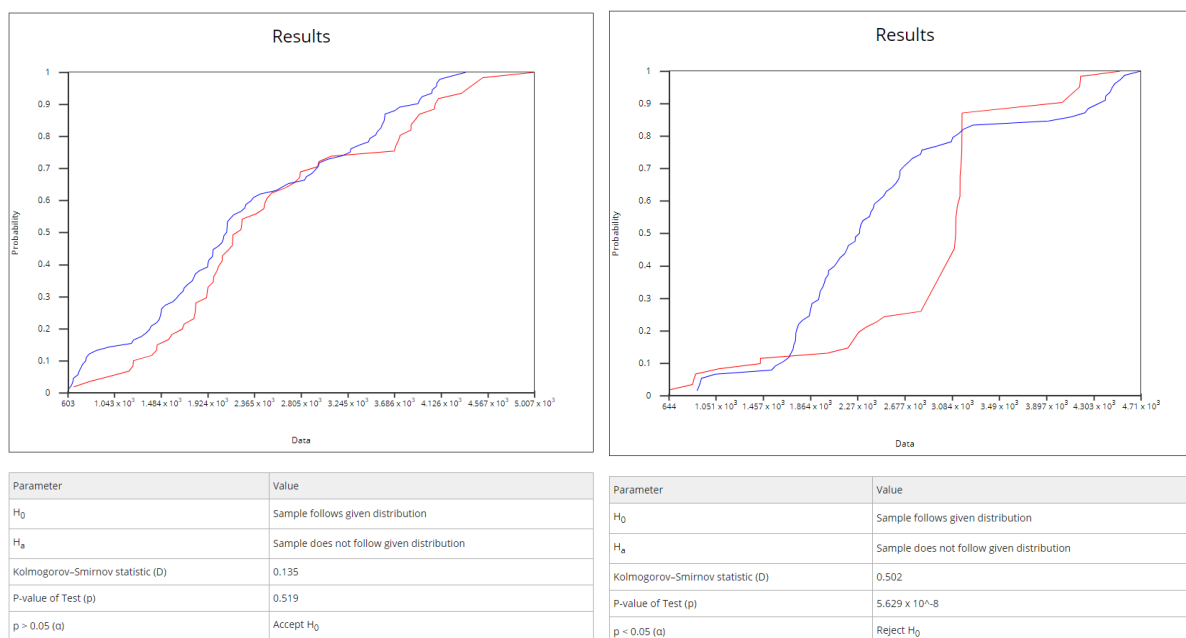
Statistilist erinevust kahe tee möödumiskauguste jaotustel polnud, testi tulemus on toodud joonisel 10. Keskliste möödumiskauguste erinevus 0,1 meetrit näitab selle paari vastavust üldvalimi järeltulele, et märgi olemasolu ei mõjuta liikluskäitumist.

4.2. 11300 Lagedi – Aruküla – Peningi ja 11342 Saku – Tõdva

Antud teede paaril mõõdeti mootorsõidukite möödumiskaugust nii teepeenral kui sõidurajal sõites. Valimid oli teedel vastavalt 123 (sõidurajal 61, peenral 62) ja 170 (sõidurajal 92, peenral 78). Keskmine möödumiskaugus oli suurem märgiga varustatud teelõikudel, seda nii peenral (2,5m vs 2,2m) kui sõidurajal (2,2m vs 2,0m) sõites. Joonisel 11 on toodud möödumiseepisoodide jaotumine vastavalt möödumiskaugusele.



Joonis 11. Möödumiskauguste jaotumine teedel 11300 Lagedi – Aruküla – Peningi ja 11342 Saku – Tõdva sõidurajal (vasakul) ja peenral (paremal).



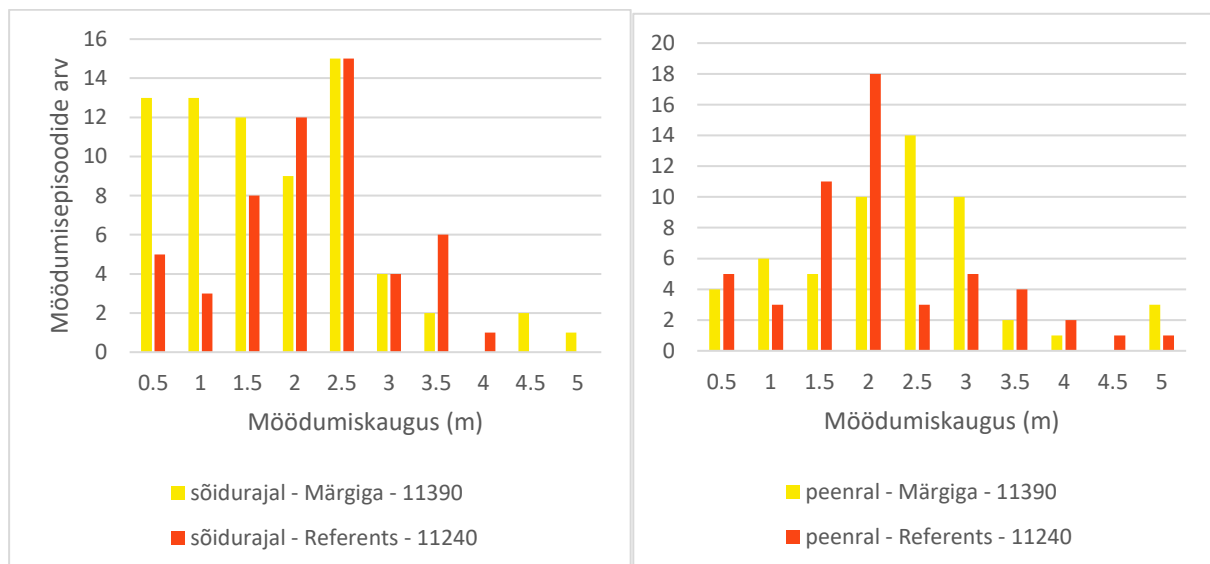
Joonis 12. Möödumiskauguste jaotuse Kolmogorov-Smirnovi testi tulemus teedel 11300 Lagedi – Aruküla – Peningi ja 11342 Saku – Tõdva sõidurajal (vasakul) ja peenral (paremal).

Sõidurajal sõites statistiline erinevus puudub, kuid peenral on erinevus olemas, testi tulemus on toodud joonisel 12. Nimelt on peenral mõõdetud tulemuste osas suhteliselt vähem

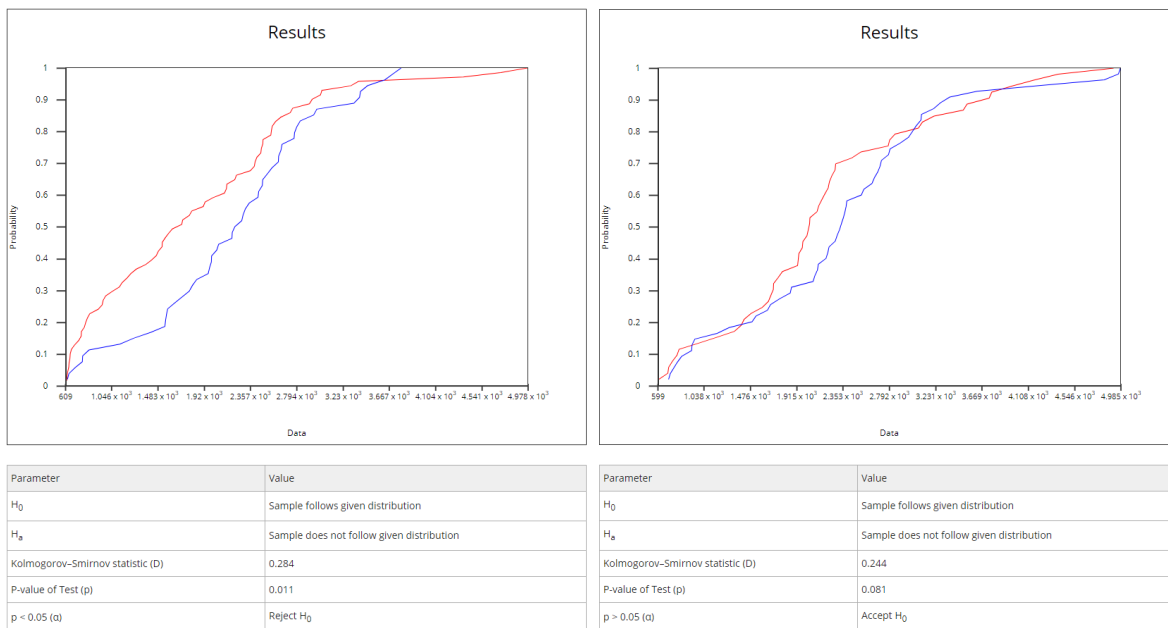
mõõtetulemusi vahemikus 1 – 3 meetrit, kuid oluliselt rohkem episoodide vahemikus 3 – 3,5 meetrit. Sõidurajal mõõdetud kaugused jaotus samal teel on kahe harjaga, 2 ja 4 meetri juures. See viitab asjaolule, et sõidukijuhid ei saa valida suvalist trajektoori, vaid püsivad kindlatel radadel, mis võivad olla määratud pikiroobastega. Viimased roopa sügavuse mõõtmised antud teedel näitavad, et tee 11300 Lagedi – Aruküla – Peningi vastaval lõigul on roopa sügavused üle 12 mm, teel 11342 Saku – Tõdva aga valdavalt alla 6 mm. Sellest võib järeldada, et sõidukijuhtide trajektoori valikut mõjutab ka teekatte seisukord. Sügavamate roobaste korral on möödumiskauguste valik piiratum.

4.3. 11390 Tallinn – Rannamõisa – Kloogaranna ja 11240 Tõdva - Hageri

Antud teede paaril mõõdeti mootorsõidukite möödumiskauguse nii teepeenral kui sõidurajal sõites. Valimid oli teedel vastavalt 126 (sõidurajal 71, peenral 55) ja 107 (sõidurajal 54, peenral 53). Tee peenral sõites mõõdetud möödumiskaugus märkidega varustatud lõigul oli suurem kui referents lõigul (2,0m vs 1,9m). Seevastu sõidurajal mõõdetud tulemuste osas oli pilt vastupidine. Märgiga lõigul oli keskmine külgvahe 1,5 meetrit, referentslõigul 1,9 meetrit. Joonisel 13 on toodud möödumiseepisoodide jaotumine vastavalt möödumiskaugusele.



Joonis 13. Külgvahe jaotumine teedel 11390 Tallinn – Rannamõisa – Kloogaranna ja 11240 Tõdva – Hageri sõidurajal (vasakul) ja peenral (paremal).

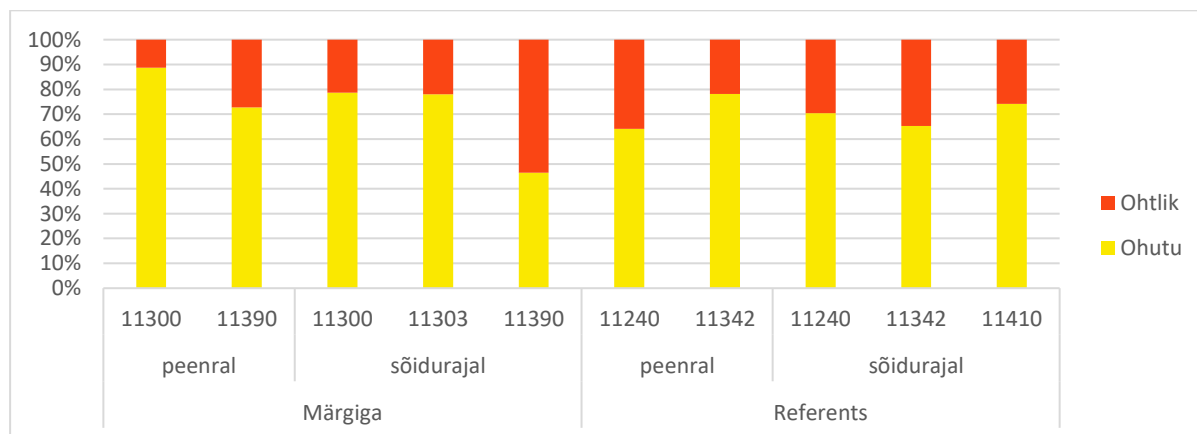


Joonis 14 Mõõdumiskauguste jaotuse Kolmogorov-Smirnovi testi tulemus teedel 11390 Tallinn – Rannamõisa – Kloogaranna ja 11240 Tõdva sõidurajal (vasakul) ja peenral (paremal).

Peenral mõõdetud tulemuste jaotuses ei olnud Kolmogorov-Smirnovi testi järgi olulist erinevust. Seevastu sõidurajal mõõdetud tulemuste jaotuse puhul oli erinevus statistiliselt oluline, näidates märgiga lõigul väiksemate külgvahede kõrgemat osakaalu. Testi tulemus on toodud joonisel 14.

4.4. Ohutute mõõdumiste osakaal

Ohutuks mõõdumiskauguseks võeti märgil tähistatud 1,5 meetrit ning hinnati eraldi märgiga tähistatud ja referentslõikudel fikseeritud mõõdumised. Järgmisel graafikul on toodud ohutute ja ohtlike möödasõitude jaotus teede lõikes.



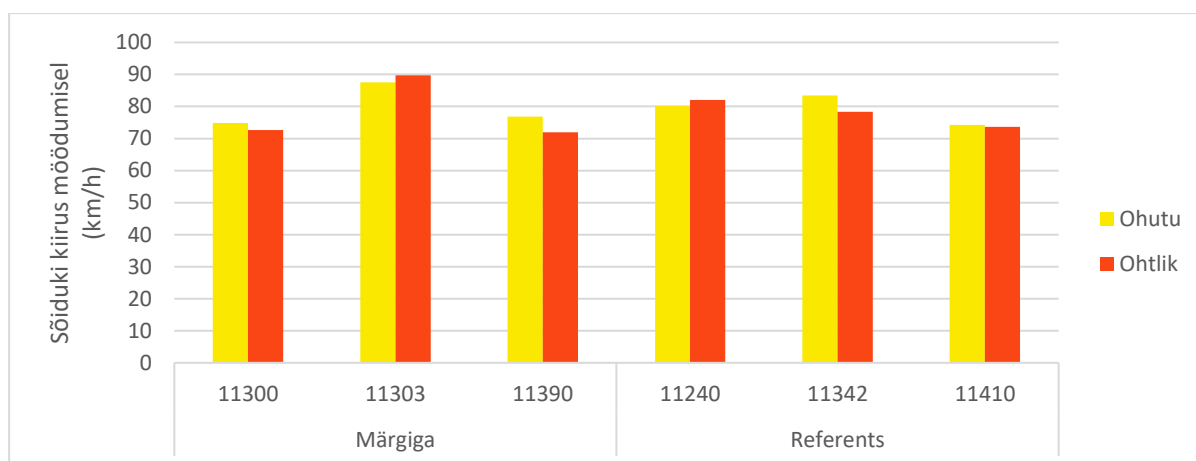
Joonis 15. Ohutute mõõdumiste osakaal.

Nii suurim (89%) kui väikseim (46%) ohutute möödasõitude osakaal oli märgiga varustatud lõikudel. Referentslõikudel oli aga kõikumine oluliselt väiksem – ohutute möödasõitude osakaal oli stabiilselt 70% – 75%, mis on lähedal üldkeskmisele 72% juures. Kõigist valimisse sattunud sõidukijuhtidest valis 6% mõõdumiskauguseks 0,5 meetrit või vähem. Alla 1 meetri

kauguselt möödus 15% juhtidest. Kõige levinum möödumiskaugus oli vahemikus 1,5 kuni 2 meetrit, mida kasutas 183 juhti ehk 22% koguvalimist.

4.5. Liikumiskeskonda ja liiklust iseloomustavate parameetrite mõju möödumiskaugusele

Kuna külgvahe märgi olemasolu ei omanud mootorsõidukite möödumiskauguse suhtes olulist mõju, tuli kontrollida, kas ja mis määral mõjutavad möödumiskaugust ja ohutute möödumiste osakaalu muud liikumiskeskonda ja liiklust iseloomustavad parameetrid – tee laius, liiklussagedus ja mööduva sõiduki kiirus. Joonisel 16 on toodud keskmiste kiiruste jaotus ohutu ja ohtliku möödumise korral.

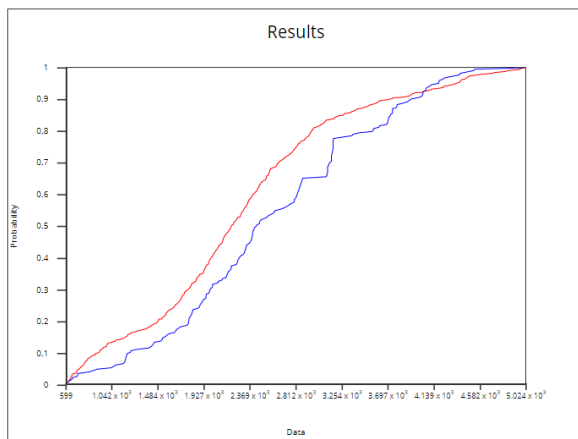


Joonis 16. Keskmise kiirus ohutu ja ohtliku möödumise korral.

Keskmine kiirus ohutu möödasõidu korral oli 80 km/h, ohtliku möödasõidu korral 78 km/h. See on kooskõlas välitöödel kogetuga, kus sõidukijuhid alandasid kiirust kui neil polnud võimalik vastutulevate sõidukite tõttu tagada piisavat külgvahet.

Andmete võrdluses liiklussagedusega selgeid seoseid ei ilmnenud. Edasistes uuringutes tuleks tõsta valimi mahtu ning teostada mõõtmisi nii tipptunni kui selle välisel ajal. Samal ajal tuleks teha liiklusloendus määramaks ka vastassuunas liikuvate sõidukite arvu.

Uuringulõikudel esines nii 0,5 kui 1,0 meetri laiusega teepeenraid. Statistiline erinevus selliste kohtade vahel oli olemas, laiema peenra korral on möödumiskaugus keskmiselt 0,3 meetrit suurem sõltumata sõidutee laiusest. Testi tulemus on toodud Joonisel 17.



Parameter	Value
H_0	Sample follows given distribution
H_a	Sample does not follow given distribution
Kolmogorov-Smirnov statistic (D)	0.182
P-value of Test (p)	0
$p = 0$	Indeterminate

Joonis 17. Tee peenra erinevate laiuste korral esinevate möödumiskauguste jaotuste Kolmogorov-Smirnovi test.

5. KOKKUVÕTE

Mõõtmistulemuste analüüs näitas, et möödumiskauguse osas puudub statistiline erinevus külgsuuna liiklusmärgiga varustatud ja varustamata teelõikude puhul. Sisuline erinevus on olemas, kuid minimaalne – keskmiste möödumiskauguste erinevus on alla 10 sentimeetri.

Keskmine külgsuuna möödasõidul oli 2,0 meetrit. Kõigist möödasõitjatest 72% oli külgsuunaga üle 1,5 meetri. Väiksema külgsuuna möödasõitjate korral oli mööduva sõiduki keskmine kiirus madalam. Keskmise möödasõidukiiruse erinevus ohutu ja ohtliku möödasõidu korral viitab sellele, et sõidukijuhid alandavad kiirust, kui ohutut külgsuuna vahet ei ole võimalik tagada.

Kõigist valimisse sattunud sõidukijuhtidest valis 6% möödumiskauguseks 0,5 meetrit või vähem. Alla 1 meetri kauguselt möödus 15% juhtidest. Kõige levinum möödumiskaugus oli vahemikus 1,5 kuni 2 meetrit, mida kasutas 183 juhti ehk 22% koguvalimist.