

**Teekattemärgistuse valguspeegelduvuse
mobiilne mõõtmine riigi
tugimaanteedel**

2018



Teekattemärgistuse valguspeegelduvuse mobiilne mõõtmine riigi tugimaanteedel

Tellija	Maanteeamet
Tellija esindaja ja kontaktandmed	Janno Sammul janno.sammul@mnt.ee Teelise 4 10916 Tallinn Tel. 611 9347
Lepingu nr	Töövõtuleping nr 1-10/18/0257-1
Aruande kuupäev	14. juuni 2018
Aruande nr	ERC/8/2018
Märksõnad	Valguspeegelduvus, teekattemärgistus, teemärgised, liiklusohutus, RetroTek-M™
Keywords	Reflectivity, road markings, road markers, traffic safety, RetroTek-M™
Töös osalesid	Tiit Kaal konsultant, ERC Konsultatsiooni OÜ Toomas Kaal spetsialist, ERC Konsultatsiooni OÜ Joe Turley CEO, Reflective Measurement Systems Ltd. Fiachra Kenny Applications Engineer, Reflective Measurement Systems Ltd. Michael Brogan Software Development Engineer, Reflective Measurement Systems Ltd. Triin Kaal spetsialist, ERC Konsultatsiooni OÜ Luule Kaal konsultant, ERC Konsultatsiooni OÜ

ERC Konsultatsiooni OÜ
Väike-Ameerika 15-9
10129 Tallinn, Eesti
e-post: info@ercc.ee
tel.: +372526984
www.ercc.ee

SISUKORD

1. Sissejuhatus	3
2. Valguspegelduvusest	4
3. RetroTek-M™ mõõteseade	5
4. Kokkuvõte määtmistulemustest	8
5. Soovitused ja ettepanekud	15

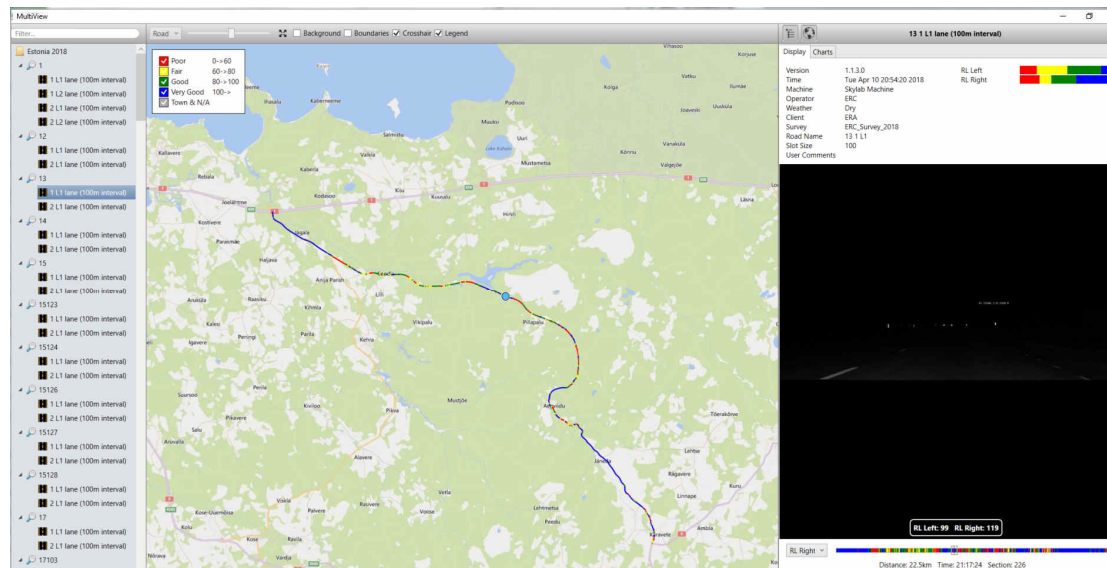
1. SISSEJUHATUS

Maanteeameti tellimisel teostas ERC Konsultatsiooni OÜ koostöös firmaga Reflective Measurement Systems Ltd. riigi tugimaanteede teekattemärgistuse valguspeegelduvuse R_L mobiilse mõõtmise. Mõõtmistööde teostamiseks kasutati mõõteseadet RetroTek-M™ ja mõõtmiste käigus registreeriti järgmised andmed:

- Mõõtmise aeg;
- Mõõtmiskoha GPS koordinaadid;
- Valguspeegeldavus R_L [$\text{mcd}/\text{m}^2/\text{lx}$]
- Temperatuur;
- Õhuniiskus;
- Mõõtmiskiirus;
- Mõõtmisest video (resolutsiooniga vähemalt 1920x1080).

Teekattemärgistuse valguspeegelduvuse mõõtmine hõlmas kõiki riigi tugimaanteid (vt ptk 4 tabel 1).

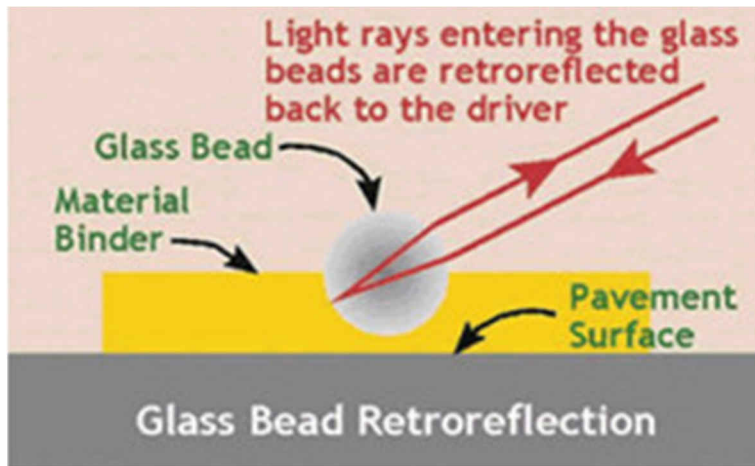
Mõõtmistulemused on esitatud Maanteeametile exceli failidena eraldi iga maantee iga mõõdetud sõidusuuna kohta. Lisaks on esitatud mõõtmiste käigus tehtud teevideod (eraldi pöörise kummagi suuna kohta). Maanteeametile on antud ligipääs MultiView süsteemile (joonis 1), kus on võimalik GIS-põhiselt vaadata kõiki teekatke valguspeegelduvuse mõõtmistulemusi.



Joonis 1. MultiView süsteem teekatke valguspeegelduvuse mõõtmistulemuste vaatamiseks

2. VALGUSPEEGELDUVUSEST

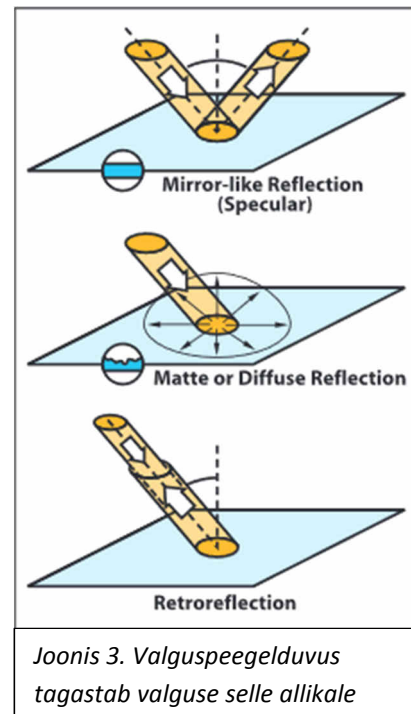
Valguspeegelduvus näitab kui suur hulk pinnale langevast valgusest peegeldub sealt tagasi ning seda väärtust väljendatakse protsentides.



Joonis 2. Klaaskuuli valguspeegelduvus

Materjali peegeldusvõime on üks tehnoloogiatest, mida kasutatakse erineva informatsiooni loetavuse ja tajumise parandamiseks halvasti valgustatud ja öisel ajal. Kergesti märgatavad ja loetavad liiklusemärgid ning teemärgistused on olulised faktorid tagamaks liiklejate turvalisust, eriti just nõrgalt valgustatud kohtades ja pimedal ajal. Liiklusemärgide ja teemärgistuste valguspeegelduvus aitab sõidukijuhtidel visuaalselt hinnata sõiduradasid ning nende äärjooni. Liiklusemärgide ja teemärgistuste valguspeegelduvus on oluline parameeter efektiivse liiklusvoolu, sõitmise mugavuse ning turvalise liikluskeskkonna tagamiseks.

Tingituna erinevatest faktoritest materjali peegeldusvõime kahaneb aja jooksul, mistõttu selle regulaarne seire on oluline. Liiklusemärgid ja teemärgistused kaotavad oma värvi, loetavust ja valguspeegeldusvõimet erinevate faktorite tõttu nagu näiteks heitgaasidest tingitud korrosioon, rehvidest põhjustatud erosioon ning erinevad ilmastikuolud. Ebaadekvaatsed ning halvasti hooldatud liiklusemärgid ja teemärgistused on tihtipeale liiklusohu allikateks. Nende regulaarne kontroll ja mõõtmine tagavad selle, et vähemalt minimaalne aktsepteeritav standard oleks tagatud.



Nõuded teekattemärgistuse valguspeegelduvusele ja selle mõõtmisele on määratletud standardiga EVS-EN 1436:2007+A1:2009.

3. RETROTEK-M™ MÕÕTESEADE

Käesolevas pilootprojektis kasutati teekattemärgistuse valguspeegelduvuse mõõtmiseks firma Reflective Measurement Systems Ltd. mõõteseadet RetroTek-M™. RetroTek-M™ mõõteseadmes kasutatav tehnoloogia esindab järgmise põlvkonna tavasõidukiirusel liikuvate mobiilsete valguspeegelduvuse mõõtmise seadmeid.



Joonis 4. Mõõtesõidukile paigaldatud RetroTek-M™

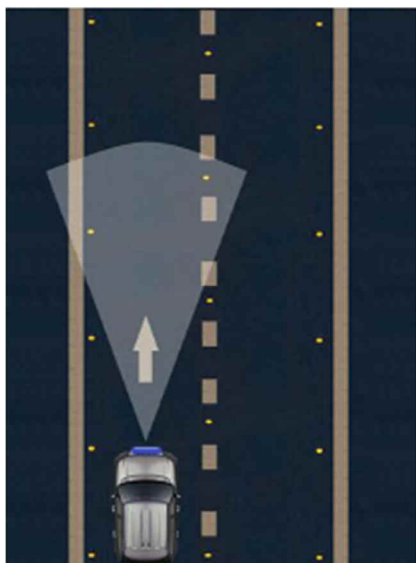
RetroTek-M™ mõõteseadmes kasutatav tehnoloogia võimaldab teostada mõõtmist terve sõiduraja laiuses kõikidel sõidukiirustel. Kogutavate andmete hulka kuulub teemärgistuste (jooned, sümbolid, nooled jne) retroreflektiivsus, ehk valguspeegelduvus ning teemärgistuste olemasolu ja selle puudumine. Tehnoloogia eripärasus seisneb selles, et mõõdistamist on võimalik teostada korraga ühe sõiduraja terve laiuse ulatuses, mõõtes korraga kuni kuute erinevat teemärgistust. Ehk, samaaegselt suudab seadmes kasutatav tehnoloogia tuvastada ühe sõiduraja parem- ja vasakpoolsed äärejooned, tee keskel olevad märgistused (nooled vmt) ning ka sõidusuundi eraldaval barjääril paiknevad märgistused.



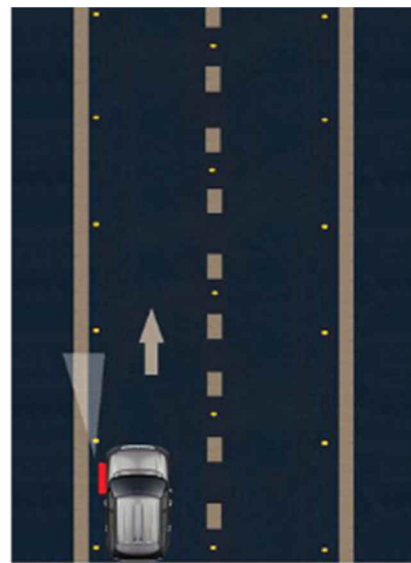
- Erinevat tüüpi reflektiivsete märgistuste mõõdistamine
1. Vasakpoolne teemärgistus (joon)
 2. Parempoolne teemärgistus (joon)
 3. Vasakpoolne teemarker (naast)
 4. Parempoolne teemarker (naast)
 5. Teid eristav barjäär
 6. Tee keskel paiknev märgistus (sümbol, nool jne)

Joonis 5. RetroTek-M™ mõõteseadme poolt mõõdetavad erinevad teekattemärgistused

Andmetöötluse käigus genereeritakse igale teemärgistusele individuaalne mõõtmistulemus. RetroTek-M™ tehnoloogia plussiks on veel see, et riistvara on lihtne kalibreerida ja kasutada, piisab põhimõtteliselt ühest inimesest, kes samal ajal nii sõidab kui ka kasutab mõõtesüsteemi. Tehnoloogia kasutamiseks piisab liiklusreeglite järgimisest, sõidukiirus ei pea erineva teiste liiklejate omast. Mõõtmisseadet on turvaline kasutada liikluses, kuna see on paigaldatud otse auto ette, mitte kõrvale, kus see võiks häirida teisi liiklejaid. Maksimaalne laius, mida mõõteseadet suudab sõidurajal paiknevate märgistuste mõõdistamiseks korraga hallata on 4,6 m. Mõõteseadme praeguse versiooni puhul peab mõõtmised sooritama pimedas.



RetroTek-M™ mõõteseadet, mis mõõdab korraga terve sõiduraja ulatuses



Sõiduki küljele paigaldatud mõõteseadet, mis mõõdab korraga ühte joont

Joonis 6. Erinevate teekattemärgistuse mõõteseadmete tööpõhimõtted

RetroTek-M mõõtesüsteem sisaldab sensoriüksust, mis on paigaldatud sõiduki esiossa ja mille toiteallikaks on sõiduki aku. Mõõteseadet saab mõõdistamise käigus juhtida kasutades selleks sülearvutit. Mõõteseadet sisaldab protsessorit, digitaalkaameraid, valgusallikat, projektsioon-optikat, GPS'i ning nendega seotud juhtimisahelat, kaasa arvatud WiFi't ja 4G traadita mobiilside varianti, mis võimaldab vajadusel mõõteseadmele ligipääsu eemalt (näit. tarkvara uuenduste tegemiseks).

Mõõteseadet kaalub umbes 40kg ja selle valgusallikaks on LED lamp, mille tööiga on orienteeruvalt 15 000 töötundi. Mõõteseadme töötemperatuur on vahemikus 0°C kuni +55°C.

RetroTek-M mõõtesüsteem on vastavuses allpool toodud Euroopa Liidu direktiivide standarditega:

- 2001/95/EC General Product Safety;
- 2006/95/EC Low Voltage Directive;
- 2004/108/EC Electromagnetic Compatibility Directive (EMC).

Tehnoloogia on välja töötatud järgimaks CEN EN 1436 ja EN 1463 Standardit teemärgistele ja markeritele (naastad) [Standard for Road Markings and Markers (studs)] ning ASTM E-1710 Standardit katsemeetodit mõõdistamaks valguspeegelduvust kõnnitee märgistuste materjalidelt CEN-ettekirjutatud geomeetriaga [Standard Test Method for measurement of retroreflective pavement marking materials with CEN-Prescribed Geometry].

2015. aasta juunikuus hindas StrausZert RetroTek-M tehnoloogiat ja väljastas sellele sertifikaadi No. 0913-2015-02 EN 1436. Sertifikaat tõendab RetroTek-M mobiilse retroreflektomeetri sobivust mõõdistamaks valguspeegelduvuse väärtust erinevat tüüpi teemärgistustelt – termoplastsed, külmplastsed, aglomeraadid nii korrapäraste kui ebakorrapäraste elementidega.

Lisaks teekattemärgistuse valguspeegelduvusele saab sellega mõõta veel valgete joonte laiust, nii katkend- kui pidevjoonte puhul. Mõõtmisandmeid kogudes salvestab süsteem kuupäeva, algus- ja lõpp-kellaajad, mõõtmise vahemaa, sõidukiiruse, tee nime/numbri, mõõdistamise tulemused, temperatuuri ning õhuniiskuse. RetroTek-M salvestab mõõtmise ajal video, mis on seotud GPS koordinaatidega.

RetroTek-M seadme mõõtmistäpsus ei sõltu sõidukiirusest, mõõteseadme mõõdab valguspeegelduvust täpsusega +/- 5%, mis vastab teistele turul olevatele käsi- ja mobiilsetele mõõteseadmetele.

4. KOKKUVÕTE MÕÕTMISTULEMUSTEST

Käesoleva pilootprojekti raames mõõdeti teekattemärgistuse valguspegelduvus kõigil riigi tugimaanteedel. Mõõtmised teostati maanteede põhisõiduradadel mõlemas sõidusuunas ja kokkuvõtte mõõtmismahtudest on toodud tabelis 1. Tabelis toodud andmete selgituseks:

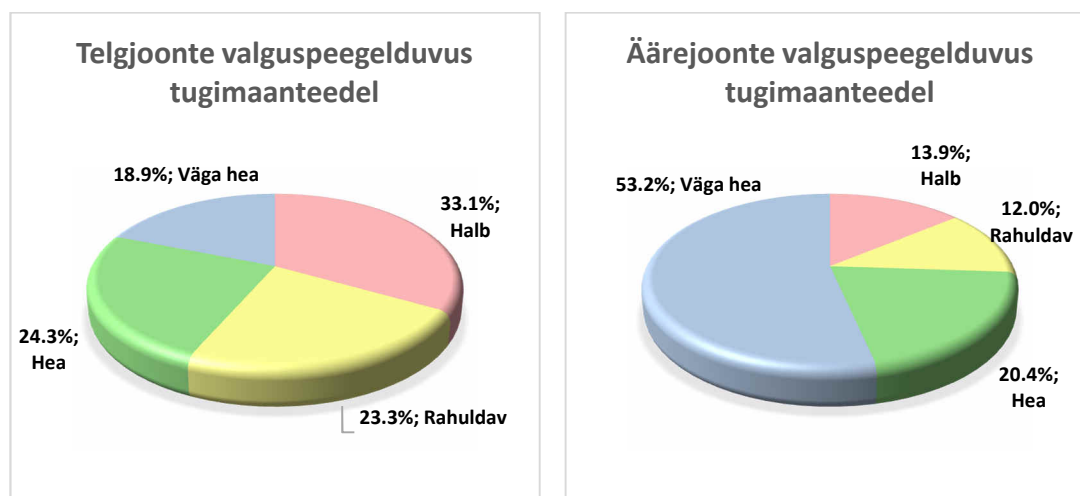
- DIR_1 – maantee teeregistri järgne suund
- DIR_2 – maantee teeregistrile suunale vastupidine suund
- L1 – maantee põhisõidurada
- L2 – maantee teine põhisõidurada

Kokku mõõdeti riigi tugimaanteedel teekattemärgistuse valguspegelduvust 4805,6 kilomeetrit.

Kokkuvõtte tugimaanteede teekattemärgistuse valguspegelduvuse mõõtmistulemuste jagunemisest seisukorralklassidesse on toodud joonisel 7 ja iga tugimaantee kohta eraldi joonisel 8 ja 9. Mõõtmistulemuste jagamisel seisukorralklassidesse on kasutatud järgmist jaotust:

- Väga hea – $R_L > 100$ [mcd/m²/lx]
- Hea – $R_L = 80 - 100$ [mcd/m²/lx]
- Rahuldav – $R_L = 60 - 80$ [mcd/m²/lx]
- Halb – $R_L < 60$ [mcd/m²/lx]

Tugimaanteede teekattemärgistuse seisukorra osas on suur erinevus telgjoonte ja äärejoonte vahel. Ca kolmandik (33,1%) tugimaanteede telgjoontest ja ainult 13,9% äärejoontest vajab kohest uuendamist (R_L väärtus alla 60 [mcd/m²/lx]). Kui lisada veel suhteliselt madala R_L väärtusega (R_L väärtus vahemikus 60-80 [mcd/m²/lx]) jooned, siis on need väärtused vastavalt 56,4% (telgjooned) ja 25,9% (äärejooned). Tugimaanteedelt puuduvate joonte mahud teede kaupa (R_L väärtus on 0) on toodud joonisel 10.

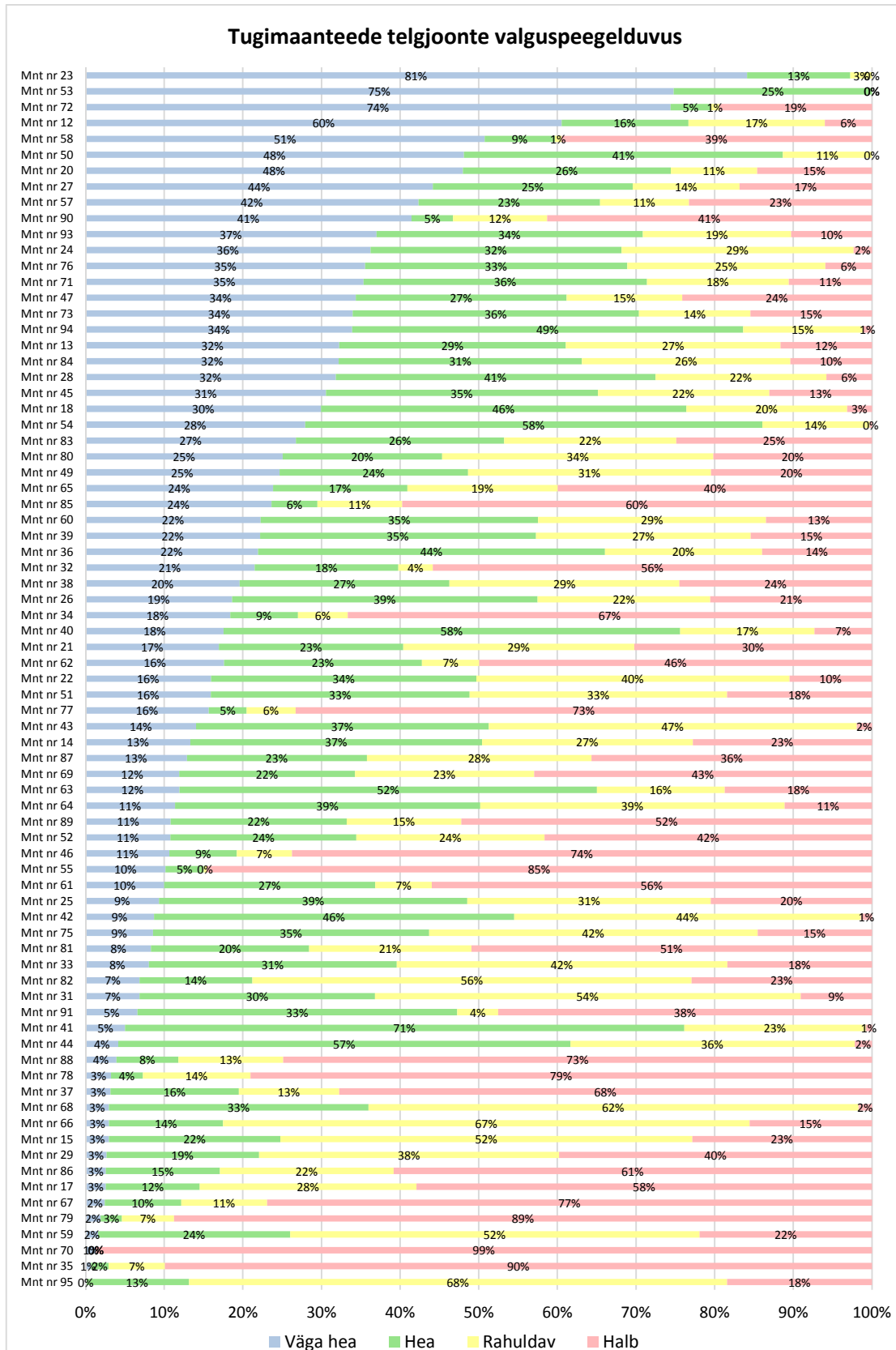


Joonis 7. Kokkuvõtte tugimaanteede teekattemärgistuse valguspegelduvuse mõõtmistulemuste jagunemisest seisukorralklassidesse

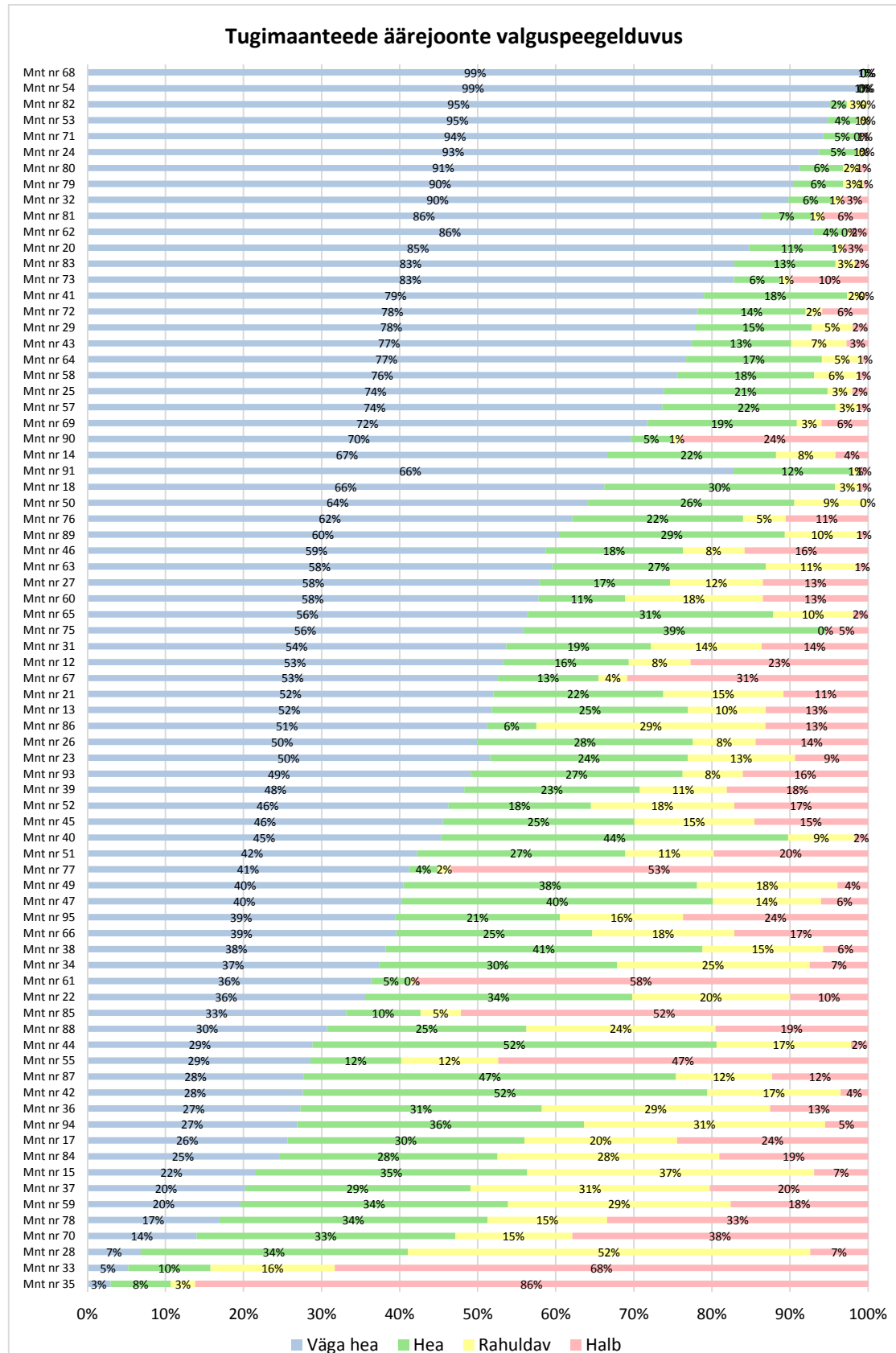
Tabel 1. Teekatemärgistuse valguspeegelduvuse mõõtmismahud (m)

Mnt nr	Maantee nimetus	DIR_1			DIR_2			Kõik kokku
		L1	L2	Kokku	L1	L2	Kokku	
12	Kose - Jägala	36792		36792	36524		36524	73316
13	Jägala - Käravete	52673		52673	52673		52673	105346
14	Kose - Purila	39103		39103	39115		39115	78218
15	Tallinn - Rapla - Türi	92716		92716	92569		92569	185285
17	Keila - Haapsalu	66031		66031	66031		66031	132062
18	Niitvälja - Kulna	4736		4736	4736		4736	9472
20	Põdruse - Kunda - Pada	24825		24825	24825		24825	49650
21	Rakvere – Luige	66237		66237	66237		66237	132474
22	Rakvere - Väike-Maarja – Vägeva	49157		49157	49157		49157	98314
23	Rakvere – Haljala	9300		9300	8886		8886	18186
24	Tapa - Loobu	23657		23657	23457		23457	47114
25	Mäeküla - Koeru – Kapu	25289		25289	25289		25289	50578
26	Türi – Arkma	21168		21168	21168		21168	42336
27	Rapla - Järvakandi – Kergu	40795		40795	40795		40795	81590
28	Rapla – Märjamaa	21578		21578	21578		21578	43156
29	Märjamaa – Koluvere	25065		25065	24949		24949	50014
31	Haapsalu - Laiküla	33429		33429	33436		33436	66865
32	Jõhvi - Vasknarva	50040		50040	50040		50040	100080
33	Jõhvi - Kose	1907		1907	1900		1900	3807
34	Kiviõli - Varja	8700		8700	8700		8700	17400
35	Iisaku - Tudulinna - Avinurme	33588		33588	33618		33618	67206
36	Jõgeva - Mustvee	39012		39012	39000		39000	78012
37	Jõgeva - Põltsamaa	25117		25117	25117		25117	50234
38	Põltsamaa - Võhma	26032		26032	26032		26032	52064
39	Tartu - Jõgeva - Aravete	107986		107986	107963		107963	215949
40	Tartu - Tiksoja	2927		2927	2927		2927	5854
41	Kärevere - Kärkna	12945		12945	12939		12939	25884
42	Kärkna - Kobratu	7142		7142	7142		7142	14284
43	Aovere - Kallaste - Omedu	57029		57029	57029		57029	114058
44	Aovere - Luunja	11343		11343	11343		11343	22686
45	Tartu - Räpina - Värskä	82282	1392	83674	82328	1392	83720	167394
46	Tatra - Otepää - Sangaste	46645		46645	46645		46645	93290
47	Sangla - Rõngu	22384		22384	22384		22384	44768
49	Imavere - Viljandi - Karksi-Nuia	82070		82070	82070		82070	164140
50	Viljandi tee	2650		2650	2650		2650	5300
51	Viljandi - Põltsamaa	42409		42409	42409		42409	84818
52	Viljandi - Rõngu	61111		61111	61111		61111	122222
53	Laidu tee	3568		3568	3568		3568	7136
54	Karksi-Nuia - Lilli	16780		16780	16780		16780	33560
55	Mõisaküla tee	4432		4432	4432		4432	8864
57	Mudiste - Suure-Jaani - Vändra	42827		42827	42827		42827	85654
58	Aluste - Kergu	12281		12281	12281		12281	24562
59	Pärnu - Tori	21897		21897	21897		21897	43794
60	Pärnu - Lihula	56059	3200	59259	56059	3201	59260	118519
61	Põlva - Reola	36452		36452	36439		36439	72891
62	Kanepi - Leevaku	36346		36346	36346		36346	72692
63	Karisilla - Petseri	17426		17426	17328		17328	34754
64	Võru - Põlva	23122		23122	23122		23122	46244
65	Võru - Räpina	41796		41796	41796		41796	83592

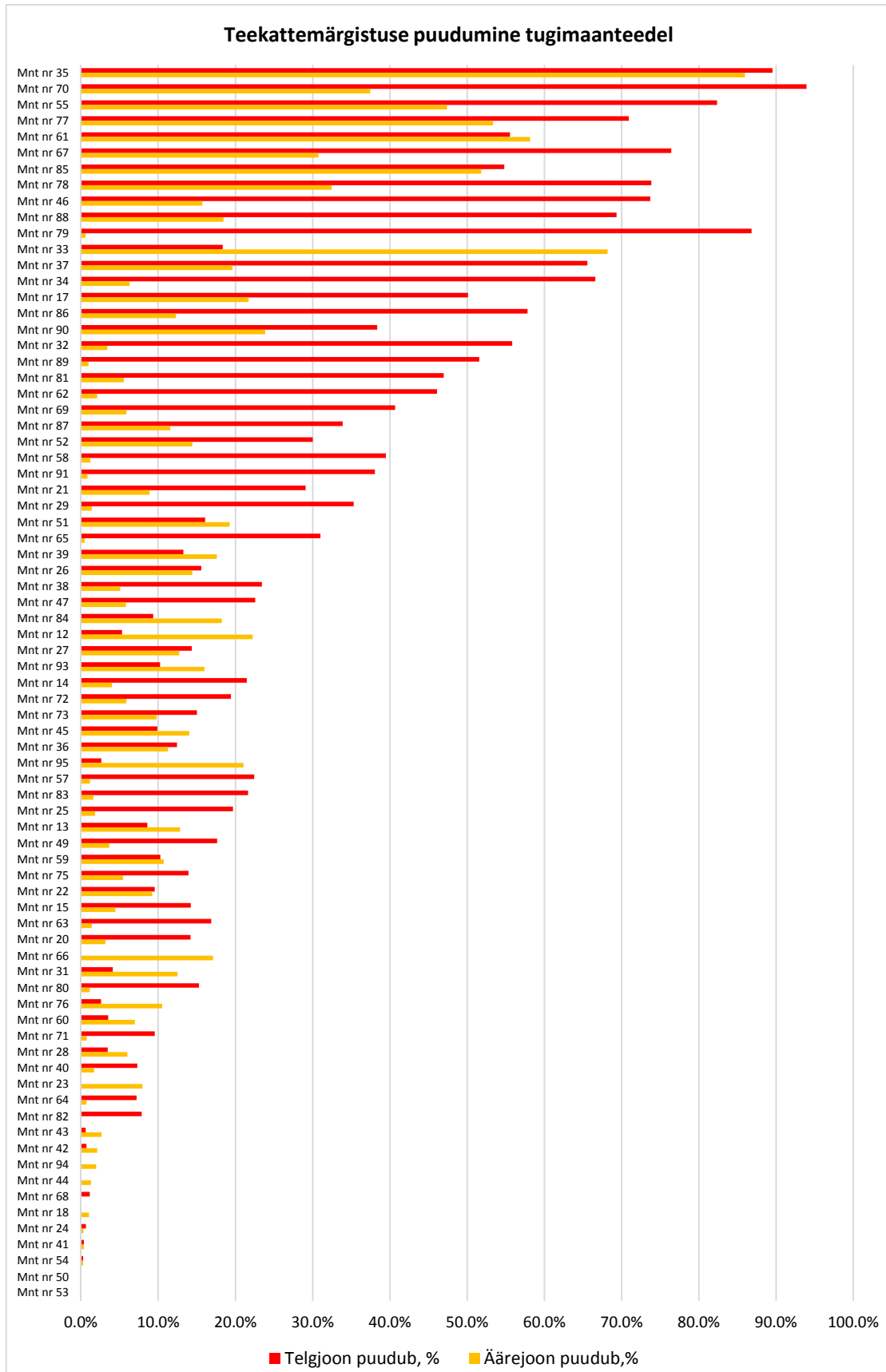
Mnt nr	Maantee nimetus	DIR_1			DIR_2			Kõik kokku
		L1	L2	Kokku	L1	L2	Kokku	
66	Võru - Verijärve	3804		3804	3779		3779	7583
67	Võru - Mõniste - Valga	74790		74790	74790		74790	149580
68	Mõniste - Ape	8823		8823	8823		8823	17646
69	Võru - Kuigatsi - Tõrva	71250		71250	71250		71250	142500
70	Antsla - Vaabina	6942		6942	6942		6942	13884
71	Rõngu - Otepää - Kanepi	39247		39247	39247		39247	78494
72	Sangaste - Tõlliste	16627		16627	16627		16627	33254
73	Tõrva - Pikasilla	11980		11980	11980		11980	23960
75	Tumala - Orissaare - Väike väin	8257		8257	8257		8257	16514
76	Kuressaare ringtee	13525		13525	13477		13477	27002
77	Kuressaare - Sääre	44637		44637	44630		44630	89267
78	Kuressaare - Kihelkonna - Veere	45635		45635	45635		45635	91270
79	Upa - Leisi	36773		36773	36773		36773	73546
80	Heltermaa - Kärdla - Luidja	50205		50205	50205		50205	100410
81	Kärdla - Käina	21639		21639	21639		21639	43278
82	Lehtma sadama tee	6980		6980	6980		6980	13960
83	Suuremõisa - Käina - Emmaste	31170		31170	31140		31140	62310
84	Emmaste - Luidja	29901		29901	29901		29901	59802
85	Liiapeksi - Loksas	15454		15454	15422		15422	30876
86	Kuressaare - Võhma - Panga	36839		36839	36839		36839	73678
87	Põlva ringtee	6021		6021	6021		6021	12042
88	Rakvere - Rannapungerja	66259		66259	66391		66391	132650
89	Põlva - Saverna	20332		20332	20332		20332	40664
90	Põlva - Karisilla	34149		34149	34115		34115	68264
91	Narva - Narva-Jõesuu - Hiiemetsa	9557		9557	9592		9592	19149
93	Kohtla-Järve - Kukruse - Tammiku	12940		12940	13001		13001	25941
94	Muuga sadama tee	3342	970	4312	3342	900	4242	8554
95	Kõrveküla - Tartu	1900		1900	1900		1900	3800
Kõik kokku		2397834	5562	2403396	2396677	5493	2402170	4805566



Joonis 8. Tugimaanteede telgjoonte valguspeegelduvuse mõõtmistulemuste jagunemine seisukorra klassidesse



Joonis 9. Tugimaanteede äärejoonte valguspeegelduvuse mõõtmistulemuste jagunemine seisukorra klassidesse



Joonis 10. Tugimaanteedel puuduva telg- ja äärejoonte mahud (%)

Detailed teekatemärgistuse valguspeegelduvuse mõõtmistulemused 100m teelõikude kaupa on toodud elektrooniliselt üle antud Exceli failides, kus iga tugimaantee iga mõõdetud sõiduraja kohta on toodud järgmised andmed:

- Road no – maantee number
- CW – sõidutee number
- SEC – teeosa number
- Direction – mõõtmise suund
- Lane – mõõdetud sõiduraja kood (vt ptk. 4 algust)
- Start_Distance – 100m teelõigu alguse kaugus teeosa algusest (m)
- End_Distance – 100m teelõigu lõpu kaugus teeosa algusest (m)
- Start_Km – 100m teelõigu alguse kaugus tee algusest (km)
- End_Km – 100m teelõigu lõpu kaugus tee algusest (km)
- Length – teelõigu pikkus (m)
- Date – mõõtmise kuupäev
- Time – mõõtmise kellaaeg
- Weather – ilmaolud mõõtmiste ajal (Dry – kuiv)
- RL_left – sõiduraja vasaku äärejoone teekatemärgistuse valguspeegelduvus
- RL-right – sõiduraja parema äärejoone teekatemärgistuse valguspeegelduvus
- Temperature – temperatuur mõõtmise ajal (C⁰)
- Humidity – õhuniiskus mõõtmise ajal (%)
- Speed – sõidukiirus mõõtmise ajal (km/h)
- Device – kasutatud mõõteseadme tunnus (RMS 1001)
- Comments – mõõtmise ajal registreeritud märkused
- GPS Latitude Start – 100m teelõigu alguse laiuskraad
- GPS Longitude Start – 100m teelõigu alguse pikkuskraad
- GPS Latitude End – 100m teelõigu lõpu laiuskraad
- GPS Longitude End – 100m teelõigu lõpu pikkuskraad

5. SOOVITUSED JA ETTEPANEKUD

Eesti tugimaanteedel 2018 aastal teostatud teekattemärgistuse valguspeegelduvuse mõõtmiste põhjal saab välja tuua järgmised soovitusel ja ettepanekud:

- Teekattemärgistuse valguspeegelduvuse teedevõrgu põhise süsteemse mõõtmisega tuleb kindlasti jätkata. Teekattemärgistuse olemasolu ja selle nõuetele vastavus on oluline parameeter, mis aitab liiklejaid ning kindlasti mõjub see positiivselt ka liiklusohutuse parandamisele;
- Teekattemärgistuse valguspeegelduvuse mõõtmiste jätkamisel on mõistlik kasutada pikemaajalist (vähemalt 3 aastast, soovituslikult 5 aastast) lepingut. See annab ühelt poolt mõõtjale kindluse vajalike investeeringute ja arendustööde tegemiseks ja teiselt poolt tagab tellijale saadavate mõõtmistulemuste ja mõõtmispõhimõtete järjepidevuse ning usaldatavuse;
- Mõõtmiste teostamisega tuleks alustada kevadel nii vara kui võimalik, samas peab teekatte mõõtmise ajal olema täitsa kuiv ja teekattemärgistus peab olema talvisest tolmust ja mustusest puhastatud;
- Antud projekti puhul oli mõõtmiste teostamise piiritletud perioodiga aprill-juuni, mis oli piisav lepinguga määratletud tööde teostamiseks. Olulised takistused mõõtmiste teostamisel on seotud ilmaoludega (niiskus – nii otsesed sademed kui ka kõrge õhuniiskuse %) ja neid ei ole kuidagi võimalik ette planeerida. Seetõttu on vaja tööde teostamiseks arvestada täiendavat ajavaru;
- Teostatud mõõtmiste ja nende käigus saadud tulemuste põhjal tuleb välja töötada teekatte- ja teemärgistuse kvaliteedinõuded, mis sisaldab nii nõuded erinevatele märgistustele kui ka nende mõõtmise põhimõtted;
- Teekattemärgistuse valguspeegelduvuse mõõtmistulemused on mõistlik lisada teeregistrisse;
- Käesoleva projekti raames nii mõõtmiste planeerimisel ja nende teostamisel kui ka andmetöötluse käigus olulisi probleeme ei esinenud.