

**Pilootprojekti „Teekatemärgistuse
valguspeegelduvuse mobiilne mõõtmine
riigi põhimaanteedel“
aruanne**

2017



Pilootprojekti „Teekattemärgistuse valguspeegelduvuse mobiilne mõõtmine riigi põhimaanteedel“ aruanne

| | |
|-------------------------------------|---|
| Tellijaja | Maanteeamet |
| Tellijaja esindaja ja kontaktandmed | Janno Sammul janno.sammul@mnt.ee Teelise 4 10916 Tallinn Tel. 611 9347 |
| Lepingu nr | Töövõtuleping nr 17-00121/006 |
| Aruande kuupäev | 19. juuni 2017 |
| Aruande nr | ERC/18/2017 |
| 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. Valguspeegelduvusest | 4 |
| 3. RetroTek-M™ mõõteseade | 5 |
| 4. Kokkuvõtte mõõtmistulemustest | 8 |
| 5. Soovitused ja ettepanekud | 12 |

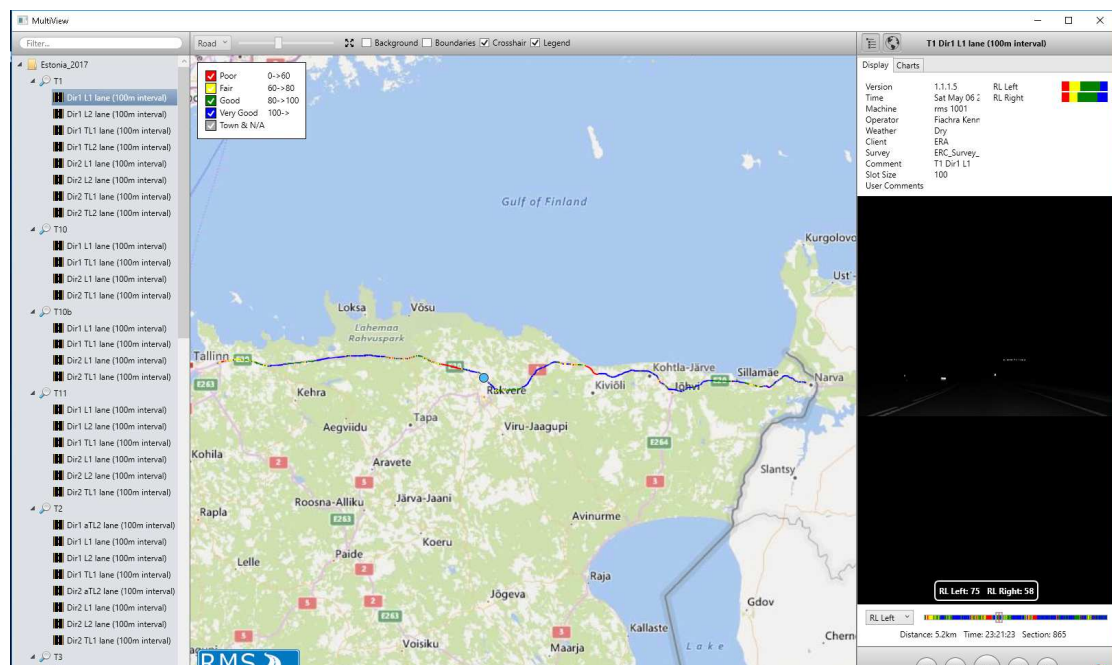
1. SISSEJUHATUS

Maanteeameti tellimisel teostas ERC Konsultatsiooni OÜ koostöös firmaga Reflective Measurement Systems Ltd. pilootprojekti raames riigi põhimaanteed 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 põhimaanteed (vt ptk 4 tabel 1).

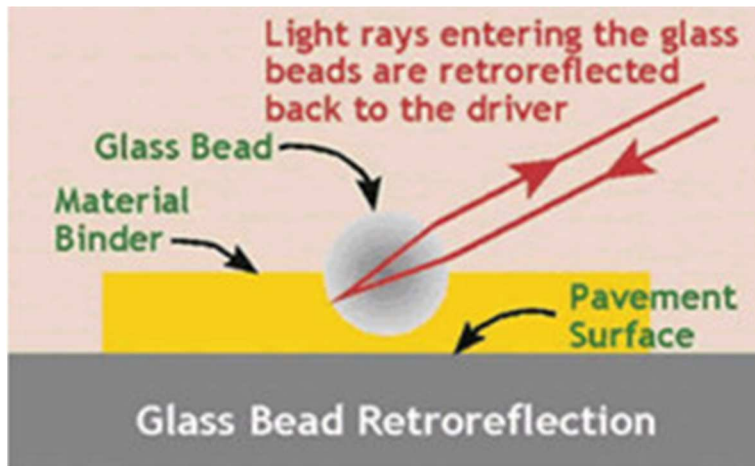
Mõõtmistulemused on esitatud Maanteeametile exceli failidena eraldi iga maantee iga mõõdetud sõiduraja kohta. Lisaks on esitatud mõõtmiste käigus tehtud teevideod (eraldi pöörise kummagi suuna kohta). Maanteeametile on antud ligipääs MultiView süsteemile (joonis 1), kus on võimalik GIS-põhiselt vaadata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



Joonis 1. MultiView süsteem teekatete valguspeegelduvuse mõõtmistulemuste vaatamiseks

2. VALGUSPEEGELDUVUSEST

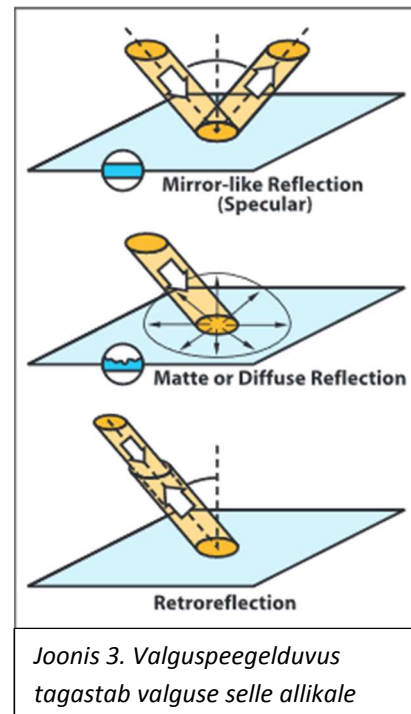
Valguspeegelduvus näitab kui suur hulk pinnale langevast valgusest peegeldub sealt tagasi ning seda väärtust väljendatakse protsentides.



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.



Joonis 3. Valguspeegelduvus tagastab valguse selle allikale

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.

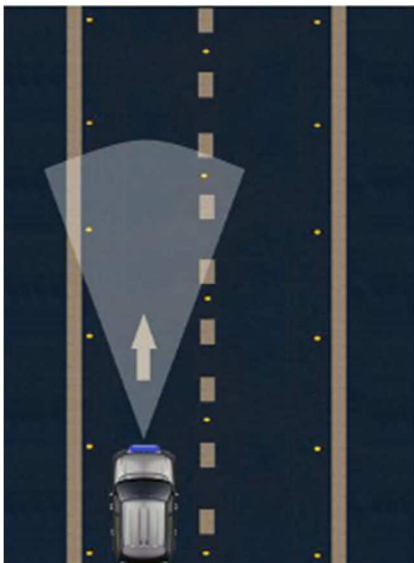


Erinevat tüüpi reflektiivsete märgistuste mõõdistamine

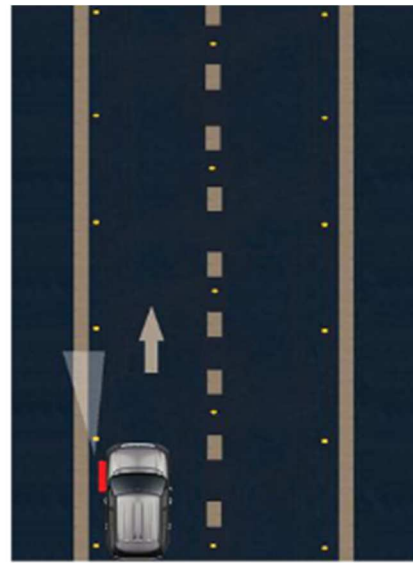
1. Vasakpoolne teemärgistus (joon)
2. Parempoolne teemärgistus (joon)
3. Vasakpoolne teemarker (naast)
4. Parempoolne teemarker (naast)
5. Teid eristav barjäär
6. Tee keskel paiknev märgistus (sümbol, nool jne)

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 või 10 tollist puutetundlikku ekraani. 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, mõõteseade mõõdab valguspeegelduvust täpsusega +/- 5%, mis vastab teistele turul olevatele käsi- ja mobiilsetele mõõteseadmetele.

4. KOKKUVÕTE MÕÕTMISTULEMUSTEST

Käesoleva pilootprojekti raames mõõdeti teekattemärgistuse valguspeegelduvus kõigil riigi põhimaanteedel. Mõõtmised teostati sõiduradade kaupa 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
- TL1 – kiirendus/aeglustusrada
- TL2 – teine kiirendus/aeglustusrada

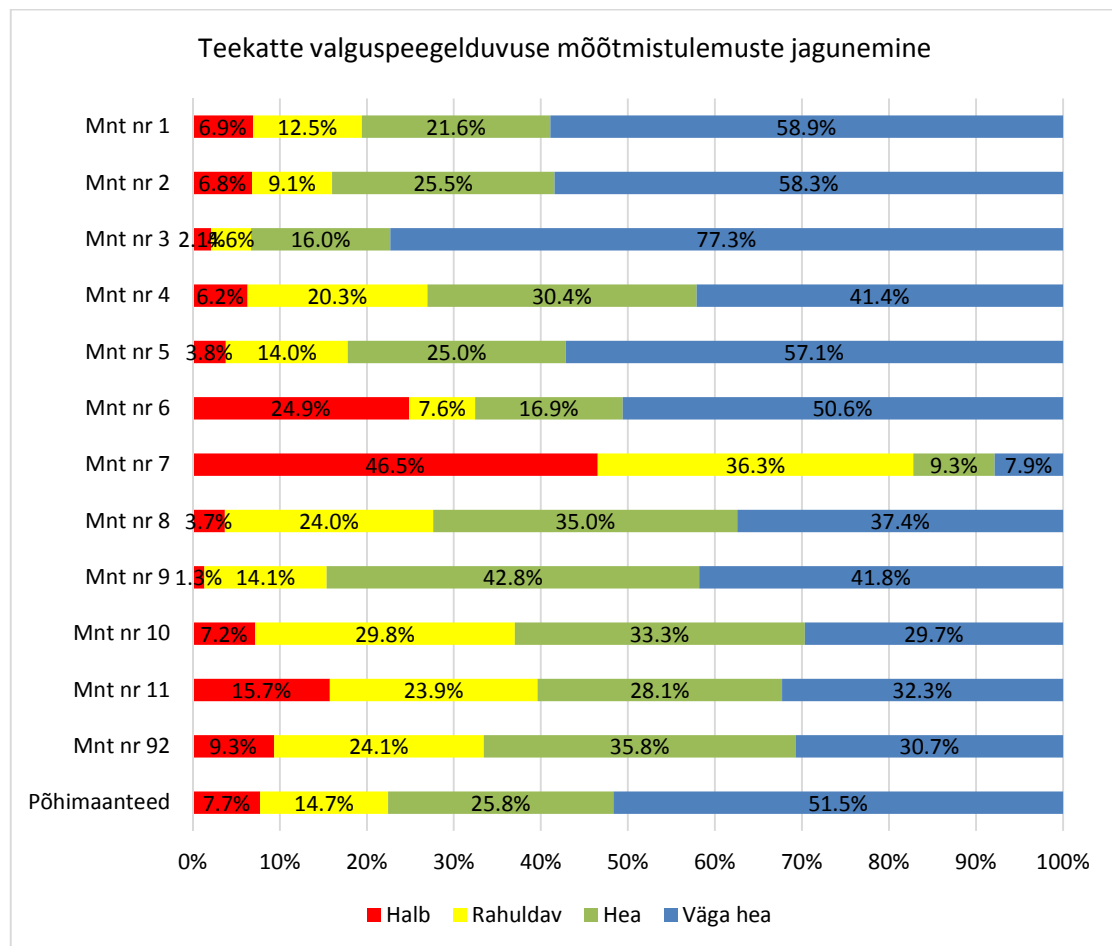
Tabel 1. Teekattemärgistuse valguspeegelduvuse mõõtmismahud (m)

| Maantee nr ja nimi | DIR_1 | | | | | DIR_2 | | | | | Kõik kokku |
|--|----------------|---------------|--------------|-------------|----------------|----------------|---------------|--------------|-------------|----------------|----------------|
| | L1 | L2 | TL1 | TL2 | Kokku | L1 | L2 | TL1 | TL2 | Kokku | |
| 1 Tallinn-Narva | 199913 | 81695 | 22378 | 2274 | 306259 | 199913 | 81700 | 19332 | 2192 | 303138 | 609397 |
| 2 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa | 282387 | 46918 | 16960 | | 346265 | 282369 | 46138 | 17184 | | 345691 | 691956 |
| 3 Jõhvi-Tartu-Valga | 209632 | | 8096 | | 217728 | 209605 | | 10459 | | 220064 | 437792 |
| 4 Tallinn-Pärnu-Ikla | 179210 | 22398 | 14822 | 1370 | 217799 | 179210 | 21809 | 13147 | 1689 | 215855 | 433654 |
| 5 Pärnu-Rakvere-Sõmeru | 182890 | 1821 | 6407 | | 191118 | 182890 | 1821 | 4445 | | 189156 | 380274 |
| 6 Valga-Uulu | 123340 | | 2491 | | 125831 | 123340 | | 1910 | | 125250 | 251082 |
| 7 Riia-Pihkva | 21353 | | | | 21353 | 21353 | | 534 | | 21887 | 43240 |
| 8 Tallinn-Paldiski | 35844 | | 1271 | | 37115 | 35844 | | 2886 | | 38730 | 75845 |
| 9 Ääsmäe-Haapsalu-Rohuküla | 77633 | | 4087 | | 81720 | 76596 | | 3768 | | 80364 | 162083 |
| 10 Risti-Virtsu-Kuivastu-Kuressaare | 140788 | | 4901 | | 145689 | 140788 | | 4188 | | 144976 | 290665 |
| 11 Tallinna ringtee | 38164 | 10666 | 3871 | | 52701 | 37919 | 10666 | 4294 | | 52879 | 105580 |
| 92 Tartu-Viljandi-Kilingi-Nõmme | 117708 | | 2533 | | 120241 | 117708 | | 2090 | | 119798 | 240039 |
| Kõik kokku | 1608862 | 163498 | 87817 | 3643 | 1863820 | 1607535 | 162134 | 84236 | 3881 | 1857787 | 3721606 |

Kokku mõõdeti riigi põhimaanteedel teekattemärgistuse valguspeegelduvust 3721,6 kilomeetrit. Sellest kogunes kiirendus- ja aeglustusradade mõõtmismahuks kokku 179,6 km, mis moodustab veidi alla 5% mõõtmiste kogumahuks. Samas pidi nende radade mõõtmiseks läbi sõitma kõik põhimaanteed mõlemas sõidusuunas, mis tähendas tegelikult väga suurt ressursi kulu suhteliselt väikese mõõtmismahu jaoks. Näiteks maanteel nr 6 Valga-Uulu oli kiirendus- ja aeglustusradasid kokku 2,5 km ja nende mõõtmiseks pidi sõitma 250 km.

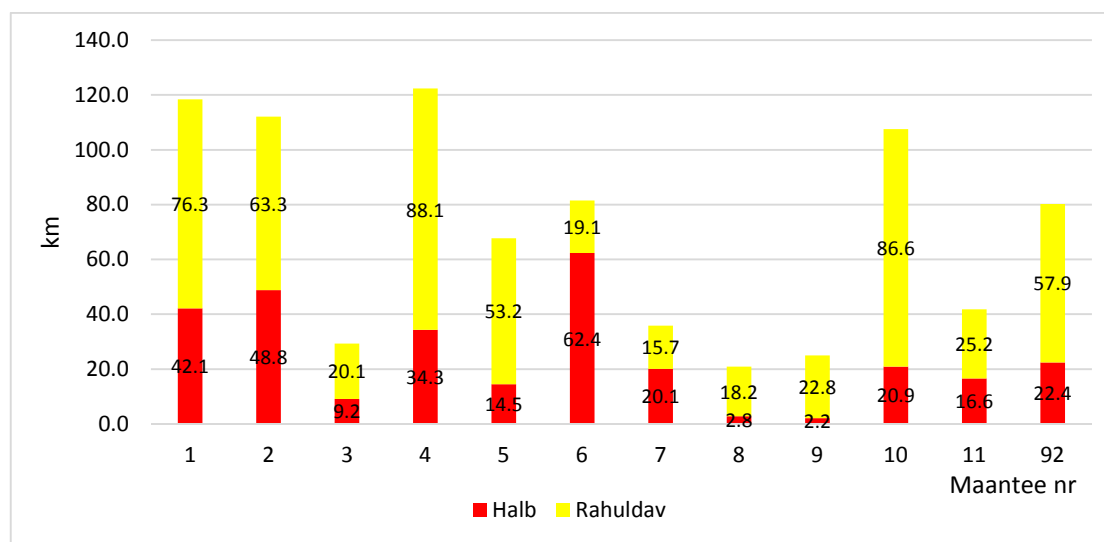
Põhimaanteed teekattemärgistuse valguspeegelduvuse mõõtmistulemuste jagunemine seisukorralklassidesse on toodud joonisel 7. Mõõtmistulemuste jagamisel seisukorralklassidesse on kasutatud järgmist jaotust:

- 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]



Joonis 7. Põhimaanteed teekattemärgistuse valguspeegelduvuse mõõtmistulemuste jagunemine seisukorra klassidesse

Kokkuvõttes vajab põhimaanteed teekattemärgistuse kogupikkusest kohest uuendamist (R_L väärtus alla 60 [mcd/m²/lx]) 7,7%, mis on veidi alla 300 km. Samas on suhteliselt madala R_L väärtusega (R_L väärtus vahemikus 60-80 [mcd/m²/lx]) veel ligi 15% põhimaanteedest (546,5 km). Halvas ja rahuldavas seisukorras oleva teekattemärgistuse mahud erinevad maanteed kaupa üsna oluliselt (joonis 8). Soomes näiteks läheb teekattemärgistus uuendamisele kui selle mõõdetud R_L väärtus on alla 100 [mcd/m²/lx]¹. Kui rakendada sama piiri ka Eesti põhimaanteedel, siis vajaks uuendamist ca 50% olemasolevast teekattemärgistusest.



Joonis 8. Põhimaanteedel halvas ja rahuldavas seisukorras oleva teekattemärgistuse mahud (km)

Detailed teekattemärgistuse valguspeegelduvuse mõõtmistulemused on toodud elektrooniliselt üle antud Exceli failides, kus iga põhimaantee 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)

¹ „Tiernerkintöjen laatuvaatimukset“ Liikenneviraston ohjeita 38/2015, Helsinki 2015
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-38_tiernerkintojen_laatuvaatimukset_web.pdf

- 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 põhimaanteedel 2017 aastal teostatud teekattemärgistuse valguspeegelduvuse mõõtmiste põhjal saab välja tuua järgmised soovitusel ja ettepanekud:

- Teekattemärgistuse valguspeegelduvuse teedevõrgu põhiste süsteemsete mõõtmistega tuleb kindlasti jätkata. Teekattemärgistuse olemasolu ja selle nõuetele vastavus on oluline parameeter, mis aitab liiklejaid ning kindlasti mõjub positiivselt ka liiklusohutuse parandamisele;
- Mõõtmiste teostamisega tuleks alustada kevadel nii vara kui võimalik, samas peab teekate mõõtmise ajal olema täitsa kuiv ja teekattemärgistus peab olema talvisest tolmust ja mustusest puhastatud;
- Antud projekti puhul oli mõõtmiste teostamise periood piiritletud mai kuu lõpuni. Arvestades antud projekti käigus saadud kogemust võib sarnase piiri rakendamine suuremate mõõtmismahtude puhul osutada probleemseks, kuna mõõtmisi ei ole lihtsalt võimalik antud ajaraamides teostada. Olulised takistused mõõtmiste teostamisel on seotud ilmaoludega (niiskus – nii otsesed sademed kui ka kõrge õhuniiskuse %) ja neid ei ole kuidagi võimalik ette planeerida;
- Mõõtmiste teostamisel öösel või päeval ei ole mõõtmistehniliselt otseselt vahet ja kummalgi on omad plussid ja miinused. Öösel on mõõtmiste teostamine üldiselt ohutum ja rahulikum, kuna liiklussagedused maanteedel on sel ajal väga madalad. Samas liigub öösiti teedel palju metsloomi ja kokkupõrge nendega võib mõõteseadet oluliselt vigastada, mistõttu võib mõõtmistes küllaltki pikk paus tekkida. Päeval on teisi liiklejaid palju ja üsna tõenäoliselt võib mõõtmiste käigus tekkida erinevaid konfliktolukordi;
- Teekattemärgistuse valguspeegelduvuse mõõtmiste jätkamisel on mõistlik kasutada pikemaajalist (vähemalt 3 aastane, soovituslikult 5 aastane) lepingut. See annab ühelt poolt mõõtjale kindluse vajalike investeeringute ja arendustööde tegemiseks ja teiselt poolt tagab tellijale saadavate mõõtmistulemuste ja mõõtmispõhimõtete järjepidevuse ning usaldatavuse;
- Teedevõrgu tasemel mõõtmiste jätkamisel tuleks tõsiselt kaaluda kiirendus- ja aeglustusradadel mõõtmiste teostamise vajadust. Nende mõõtmine nõuab palju ressursi, samas ei ole mõõtmiste käigus saadav tulemus kindlasti sama olulisusega kui põhiradade mõõtmistulemused. Mõistlik oleks käesoleva projekti raames teatud mõõtmistulemusi põhjalikumalt uurida, et saada selgus kas ja kui palju lisaväärtust annab kiirendus- ja aeglustusradade teekattemärgistuse mõõtmine;
- Käesoleva projekti raames oli mõõtmiste planeerimisel oluliseks probleemiks info puudumine sõiduradade arvu kohta teeregistris. Ettepanek on teeregistrisse lisada andmed sõiduradade kohta (arv, tüüp, jne.);
- Lisaks teekattemärgistusele tuleks kontrollida ka teiste teemärgistuste, sümboolite, tähispostide jne olukorda;

- 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.