

Lauri Rahtu

**TIEMERKINTÖJEN PALUUHEIJASTAVUUDEN MITTAAMINEN  
JATKUVATOIMISENA MITTAUKSENA**

**TIEMERKINTÖJEN PALUUHEIJASTAVUUDEN MITTAAMINEN  
JATKUVATOIMISENA MITTAUKSENA**

Lauri Rahtu  
Opinnäytetyö  
Syksy 2015  
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennusalan työnjohto, infrarakennustekniikka

---

Tekijä: Lauri Rahtu  
Opinnäytetyön nimi: Tiemerkintöjen paluuheijastavuuden mittaaminen jatkuvatoimisena mittauksena  
Työn ohjaaja: Jarmo Erho  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2015  
Sivumäärä: 29 + 2 liitesivua

---

ELY-keskus teettää päällystysurakoiden lisäksi myös erillisiä tiemerkintäurakoita, joissa urakoitsijan tehtävä on ylläpitää määrättyä kuntotasoa seuraamalla tiemerkintöjen kuntoa erilaisilla mittauksilla ja tarvittaessa uusimalla tiemerkintöjä. Pääasialliset mittaustavat ovat paluuheijastavuusmittaukset jatkuvatoimisena mittauksena ja pistemittauksena. Lisäksi tiemerkinnöille määritetään silmäääräinen kuntoarvo.

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä tiemerkinnän paluuheijastavuusmittauksen tekemiseen jatkuvatoimisena mittauksena. Työssä perehdyttiin mittauslaitteiden toimintaperiaatteisiin, ELY-keskuksen vaatimukseen tiemerkintäurakassa ja itse paluuheijastavuuden mittaukseen autoon kiinnitetyllä mittalaitteella. Lopuksi pohdittiin mittausten luotettavuutta ja olosuhteiden vaikutusta mittaustuloksiin.

Opinnäytetyötä tehdessä kävi ilmi, että paluuheijastavuusmittauksen tekeminen jatkuvatoimisena mittaamisena antaa kohtalaisen luotettavan kuvan tiemerkinnän kunnosta, kunhan olosuhteet ovat mittauksen aikana sopivat. Mikäli tiemerkintä on märkä tai siinä on päällä esimerkiksi hiekkaa, saatu mittaustulos laskee todella paljon eikä tulos siten vastaa tiemerkinnän todellista kuntoa. Myös mitausajankohdalla oli suuri merkitys mittaustuloksiin; keväällä mitatut tulokset olivat selkeästi alemmat kuin loppukesällä mitatut.

---

Asiasanat: tiemerkintä, paluuheijastavuus, laadunvalvonta, ELY-keskus

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 PALUUHEIJASTAVUUS JA SEN TODENTAMINEN	6
2.1 Jatkuvatoiminen mittaus	6
2.2 Paikallaan tehtävä mittaus	7
3 ELY-KESKUKSEN VAATIMUKSET URAKOISSA	9
4 PALUUHEIJASTAVUUSMITTAUS	12
4.1 Kalibrointi	12
4.2 Mittaus	16
5 MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY	20
5.1 Mittausajankohdan ja -suunnan vaikutus paluuheijastavuustuloksiin	23
5.2 Paluuheijastavuus ylläpitotöiden jälkeen	25
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	27
LÄHTEET	28
LIITTEET	30
Liite 1 Delta LTL-M -esite	

# 1 JOHDANTO

Suomessa on noin 78 000 kilometriä Liikenneviraston ylläpitämiä maanteitä, joista noin 13 000 kilometriä on pääteitä. Maanteitä päällystetään vuosittain noin 3 000 kilometrin matkalta, mutta ylläpitääkseen edes nykyisen tiestön kunnon täytyisi maanteitä päällystää yli 4 000 kilometriä vuodessa. Suurin menoerä on itse päällystys- ja rakenteenparannustöissä, mutta myös tiemerkinntyöt aiheuttavat valtiolle paljon kustannuksia. ELY-keskus teettää erillisiä tienmerkintäurakoita, joissa urakoitsijoilta edellytetään tiemerkinntä laadunvalvontaa erilaisilla mittausvälineillä. (1; 2.)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä tiemerkinntäurakassa vaaditun paluuheijastavuuden mittaamiseen niin sanottuna jatkuvatoimisena mittauksena VAR ELY- ja UUD ITÄ -urakoissa. Siinä mittaus suoritetaan liikkuvalla ajoneuvolla siihen suunnitellulla mittalaitteella, joka mittaa tiemerkinntä paluuheijastavuutta sen joka kohdasta ja esittää mittausdatan esimerkiksi kartalla ja taulukoilla.

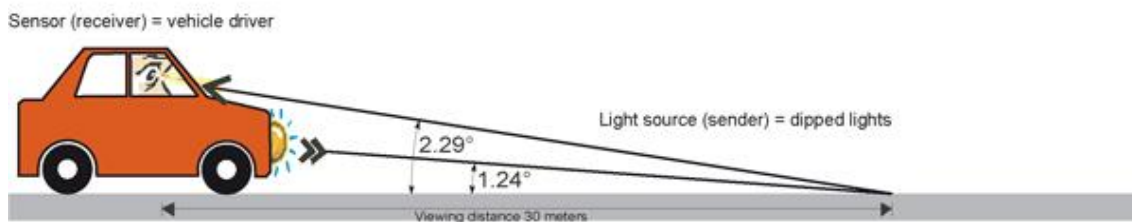
Työssä perehdytään jatkuvatoimisen paluuheijastavuusmittarin käyttömenetelmään, vaadittuihin mittausolosuhteisiin ja ongelmakohtiin. Sen lisäksi käydään läpi ELY-keskuksen asettamat laatuvaatimukset ylläpidettäville tiemerkinntöille. Lopuksi pohditaan, ovatko mittauksien tulokset täysin luotettavia ja minkälaisia eroavaisuuksia esimerkiksi erilaiset mittausolosuhteet saavat aikaiseksi mittauksissa.

Työ suoritettiin Skanska Asfaltti Oy:ssä, joka on yksi Suomen suurimmista infrarakentajista. Sen toimialoihin kuuluvat tiemerkinntä lisäksi muun muassa useat eri päällystemenetelmät, tiemerkinntät ja rakenteenparannustyöt. Skanska Asfaltti Oy on osa maailmanlaajuisesta Skanska-konsernista.

## 2 PALUUHEIJASTAVUUS JA SEN TODENTAMINEN

Paluuheijastavuudella tarkoitetaan sitä, kuinka hyvin auton ajovalot heijastuvat pimeällä tiemerkinnästä tienkäyttäjän silmiin. Vaikka paluuheijastavuudessa onkin kyse näköhavainnosta, sitä ei voi arvioida tarkasti silmämääräisesti, vaan se on mitattava siihen soveltuvalla mittalaitteella. Paluuheijastavuuden yksikkö on  $\text{mcd/m}^2/\text{lx}$  ja tunnus  $R_L$ . Paluuheijastavuus voidaan mitata sekä uuden tiemerkin­nän laadunvarmistamiseksi että tiemerkin­nä­toiden tarpeiden kartoittamiseksi. Kun paluuheijastavuusarvo alittaa sille määrätyn raja-arvon, on tiemerkin­nä­koitsijalla velvollisuus korjata tilanne tekemällä paikalle uudet tiemerkin­nät. (3; 4.)

Perusperiaate paluuheijastavuuden mittauksessa on se, miten kuljettaja näkee heijastuksen 30 metrin päästä valaistuskulman ollessa ajovaloista  $1,24^\circ$  ja havaintokulman ollessa kuljettajan silmiin  $2,29^\circ$ . Periaate on havainnollistettu kuvassa 1. (5.)



KUVA 1. Paluuheijastavuuden periaate (5)

Paluuheijastavuus saadaan aikaiseksi merkintämassassa sisällä ja sen pinnalla olevilla pienillä lasihelmillä, jotka taivuttavat valon takaisin kuljettajan silmiin. Optimaalinen paluuheijastavuus saadaan aikaiseksi, kun kolmasosa pintalasi­hel­mestä on näkyvissä. Ajan kuluessa pintahelmet ja hiljalleen myös massan sisällä olevat helmet kuluvat liikenteen ja talvikunnossapidon vuoksi pois aiheut­taen paluuheijastavuuden alenemisen. (13.)

### 2.1 Jatkuvatoiminen mittaus

Paluuheijastavuus on nopeinta suorittaa niin sanottuna jatkuvatoimisena mit­tauksena. Siinä mittalaite kiinnitetään auton kylkeen (kuva 2) ja se kalibroidaan

siihen tehdyllä laitteella. Tämän jälkeen mittaus suoritetaan ajamalla autolla haluttu mittausväli siten, että mittalaite pysyy jatkuvasti suurin piirtein viivan päällä. (6.)



*KUVA 2. Delta LTL-M -paluuheijastavuusmittari*

Urakoissa käytetään tanskalaisvalmisteista Delta LTL-M -laitetta (liite 1). Sillä mittaus voidaan suorittaa normaaleissa liikennöintinopeuksissa, minkä ansiosta normaalin työviikon aikana on mahdollista mitata jopa 3 000 kilometriä tiemerkinä. LTL-M:n mittausetäisyys on 6 metriä ja näkemäalue 1 m<sup>2</sup>, joten mittausauton kuljettajan ei tarvitse pysyä tarkalleen viivan päällä, vaan laite havaitsee paluuheijastavuuden myös hieman viistosta.

Mittari välkyttää salamavaloa ja mittaa takaisin tulevan valon määrää 25 kertaa sekunnissa. Se lähettää mittajalle jatkuvasti ajantasaista dataa taulutietokoneelle, jolloin mittaja pysyy koko ajan tietoisena niin viivan sijainnista kuin sen hetkisestä paluuheijastavuudestaan. Mittauksen päätyttyä mittausdata voidaan esittää esimerkiksi siten, että kullekin 100 metrin jaksolle lasketaan keskiarvo jakson sisältämistä tuloksista. Tulokset ovat katsottavissa taulukkoina, kaavioina ja karttapohjalla. (6; 16.)

## **2.2 Paikallaan tehtävä mittaus**

Paluuheijastavuutta voidaan mitata myös tiemerkin päälle asetettavalla mittalaitteella (kuva 3). Toisin kuin jatkuvatoimisessa mittauksessa on paikallaan

tehdyn mittauksen tulos vain yhden pisteen paluuheijastavuus. Jos tiemerkin-  
ten mittaus suoritetaan tällä menetelmällä, täytyy mittaukset suorittaa tietyin vä-  
lein. ELY-keskuksen tiemerkinäurakoiden maaliteillä paluuheijastavuus tode-  
taan jatkuvatoimisen mittauksen sijaan käsimittauksella 5 kilometrin välein. Mit-  
taustulos on jatkuvatoimista mittausta tarkempi, mutta se ei ole laajuudeltaan  
yhtä kattava. Lisäksi paikallaan tehtävä mittaus on työntekijälle muun liikenteen  
vuoksi vaarallista. (7.)

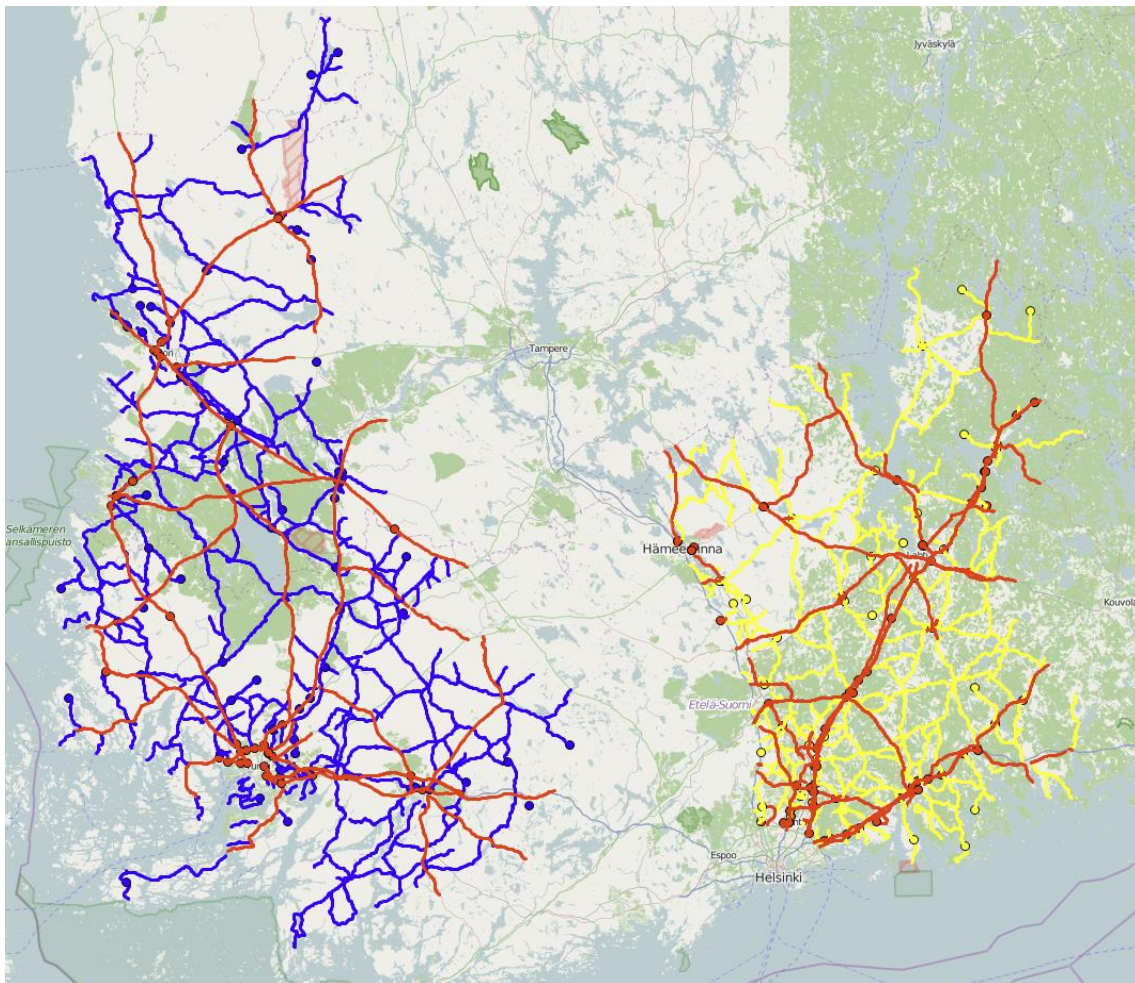


*KUVA 3. Delta LTL-2000 -paluuheijastavuusmittari paikallaan tehtävään mit-  
taukseseen*



### 3 ELY-KESKUKSEN VAATIMUKSET URAKOISSA

Paluuheijastavuusmittaukset suoritetaan VAR ELY- ja UUD ITÄ -urakoissa. VAR ELY sisältää Varsinais-Suomen ja Satakunnan tieverkon, johon sisältyy noin 1 600 kilometriä massavaatimusteita ja 3 200 kilometriä maaliteitä. UUD ITÄ -urakkaan kuuluu Itä-Uusimaan ja Päijät-Hämeen tieverkko, joka koostuu 1 570 kilometristä massavaatimustietä ja 2 250 kilometristä maalivaatimustietä (kuva 4). (12.)



KUVA 4. Urakoiden tieverkostot (12)

Tiemerkintäurakassa ELY-keskus on asettanut raja-arvoja paluuheijastavuudelle tiemerkinnän tyypistä riippuen. Tässä urakassa tiet, joilta vaaditaan jatkuvatoimisen paluuheijastavuuden raportointi, ovat niin sanottuja massavaatimusteitä. Tällöin tiemerkinnät toteutetaan maalin sijaan tiemerkintämässalla, jonka

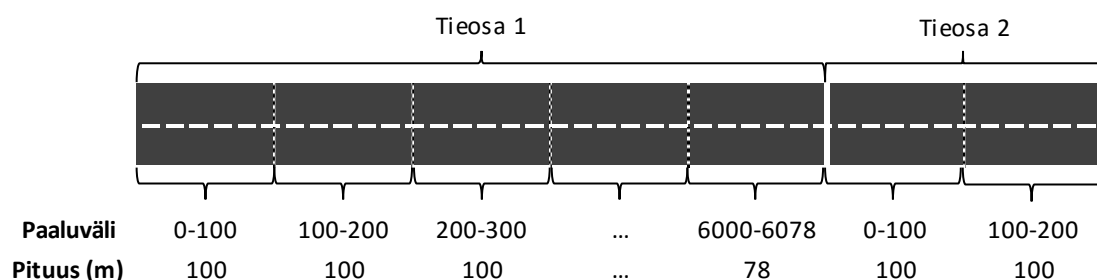
ominaisuudet ovat kauttaaltaan paremmat kuin maalatuilla tiemerkinnoilla. Tällöin myös vaatimukset paluuheijastavuudelle ovat maalattua tiemerkinntää korkeammat. Taulukossa 1 on kerrottu yleiset vaatimukset niin olemassa olevalle kuin uudellekin tiemerkinnälle. (8.)

TAULUKKO 1. Paluuheijastavuuden vaatimukset (14)

Paluuheijastavuus massateillä vähintään (VAR ELY), mcd/m <sup>2</sup> /lx		Paluuheijastavuus massateillä vähintään (UUD ITÄ), mcd/m <sup>2</sup> /lx		Paluuheijastavuus maaliteillä vähintään (VAR ELY), mcd/m <sup>2</sup> /lx		Paluuheijastavuus maaliteillä vähintään (UUD ITÄ), mcd/m <sup>2</sup> /lx	
Valkoinen	Keltainen	Valkoinen	Keltainen	Valkoinen	Keltainen	Valkoinen	Keltainen
100	100	100	100	80	80	80	80
10 % tuloksista saa olla 90–99.		1. vuonna 25 % tuloksista saa olla 80–99, myöhemmin 10 %.		10 % tuloksista saa olla 70–79.		10 % tuloksista saa olla 60–79 ja 2 % alle 60, mikäli kuntoarvo on 3 tai parempi.	

Tiemerkintöjen paluuheijastavuusarvot parantuvat kesän edetessä, sillä merkin­nät puhdistuvat pölystä ja muista epäpuhtauksista sateiden myötä. Sen vuoksi ELY-keskus on Itä-Uudenmaan urakkasopimuksessa määritellyt, että mikäli mit­taus suoritetaan ennen 15.6.2015, lisätään paluuheijastavuustulokseen 10 mcd/m<sup>2</sup>/lx:lla. (14.)

Massavaatimusteiden linjamerkinnät raportoidaan urakoitsijalle 100 metrin jak­soina siten, että kukin 100 metrin jakso saa yhden paluuheijastavuusarvon. 100 metrin jaksot käsitellään tieosittain siten, että jaksotus alkaa nollapaalusta ja päättyy tieosan viimeiseen paaluun. Tieosan viimeinen paaluväli voi olla lyhy­empi kuin 100 metriä, jolloin seuraavan tieosan ensimmäinen 100-metrinen jakso alkaa taas nollapaalusta kuvan 4 mukaisesti. (14.)



KUVA 4. 100-metrinen jaksotus

Alemman luokan tiet ovat maaliteitä, joilta ei edellytetä jatkuvatoimista paluuheijastavuusmittausta. Tilaaja määrittää koko maalityeverkosta noin 25 % kattavan otanta-alueen, joka ajetaan yhdessä tilaajan kanssa mitaten paluuheijastavuus 5 kilometrin välein käsimitarilla. Lisäksi tilaaja valvoo ajon aikana linjamerkintöjen silmämääräistä kuntoarvoa. Kyseisen alueen paluuheijastavuus- ja kuntoarvotulokset projisoidaan koskemaan koko maalityeverkkoa ja mahdolliset sanktiot kertautuvat siten neljällä. (14.)

Jotta urakoitsija saa käyttää käsi- ja jatkuvatoimisia mittareita viralliseen laadunvalvontaan ja tilaajalle raportointiin, täytyy mittarit hyväksyttää Liikenneviraston järjestämässä validointitilaisuudessa. Hyväksyntätestissä varmistetaan, että mittareiden antamat tulokset ovat luotettavia. Testissä mitataan määrätyt viivat useilla mittareilla, minkä jälkeen mittareiden antamia tuloksia verrataan keskenään. Mikäli jonkin mittarin antamat tulokset poikkeavat muiden mittareiden tuloksista, ei kyseistä mittaria hyväksytä. Tällöin urakoitsijan täytyy tehdä poikkeamasta selvitys ja hyväksyttää mittari uudelleen. (15.)

## 4 PALUUHEIJASTAVUUSMITTAUS

Paluuheijastavuuden mittaus edellytti, että tie ja tiemerkinntät olivat täysin kuivat. Kosteaa tai märkää tiemerkinntä olisi alentanut paluuheijastavuusarvoa merkittävästi, mikä olisi aiheuttanut urakoitsijalle ylimääräisiä töitä ja sen myötä turhia lisäkustannuksia. Vaikka viiva olisikin ollut kuiva, saattoi tiellä olla kohtia, joista lensi vettä mittarin linsseille. Myös likaiset tiemerkinntät laskivat mittaustulosta, joten mittaukset oli syytä suorittaa hyvissä olosuhteissa.

### 4.1 Kalibrointi

Mittaustyö aloitettiin asentamalla mittalaite auton sivussa olevaan kiinnikkeeseen. Sen jälkeen mittalaitteen kaapelit kytkettiin autossa sijaitsevaan tietokoneeseen, joka oli kytketty auton sähköjärjestelmään. (Kuva 5.)



KUVA 5. Mittausvälineet ja mittarin tietokone virtalähteeseen

Mittari asennettiin autossa olevaan kiinnikkeeseen siten, että tienpinnan ja mittarin pohjan välinen etäisyys on 10 senttimetriä (kuva 6). Säättö oli tärkeää tehdä silloin, kun kuljettaja ja mahdollinen matkustaja istuivat autossa, jotta mittarin korkeus oli mittaustilanteessa oikea.



*KUVA 6. Mittari kiinnitettynä autoon*

Kun mittari oli kiinnitetty paikoilleen, suoritettiin kalibrointi käyttäen siihen tarkoitettua kalibrointiyksikköä ja taulutietokonetta. Kalibrointiyksikkö vietiin mittarin eteen siten, että mittarin etuosan ja kalibrointiyksikön takaosan välinen etäisyys oli 5,94 metriä (kuva 7). Kalibrointi oli tehtävä joka päivä ennen mittausten aloitusta.



*KUVA 7. Kalibrointi*

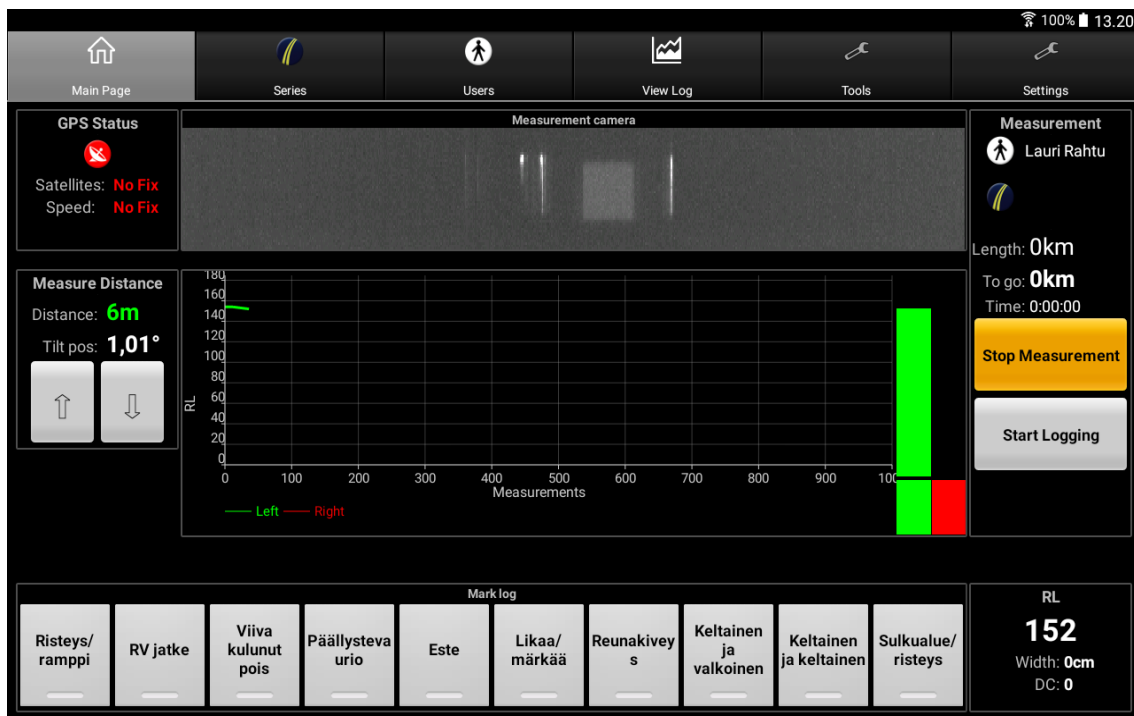
Tämän jälkeen mittari kytkettiin päälle ja sen valokeila kohdistettiin osoittamaan kalibrointiyksikön sisällä olevaa valkoista levyä, jonka paluuheijastavuus tunnettiin (kuva 8). Levyn heijastavuusarvo oli merkitty kalibrointiyksikön päällä olevaan tyyppikilpeen.



*KUVA 8. Valokeilan kohdistus kalibrointiyksikköön*

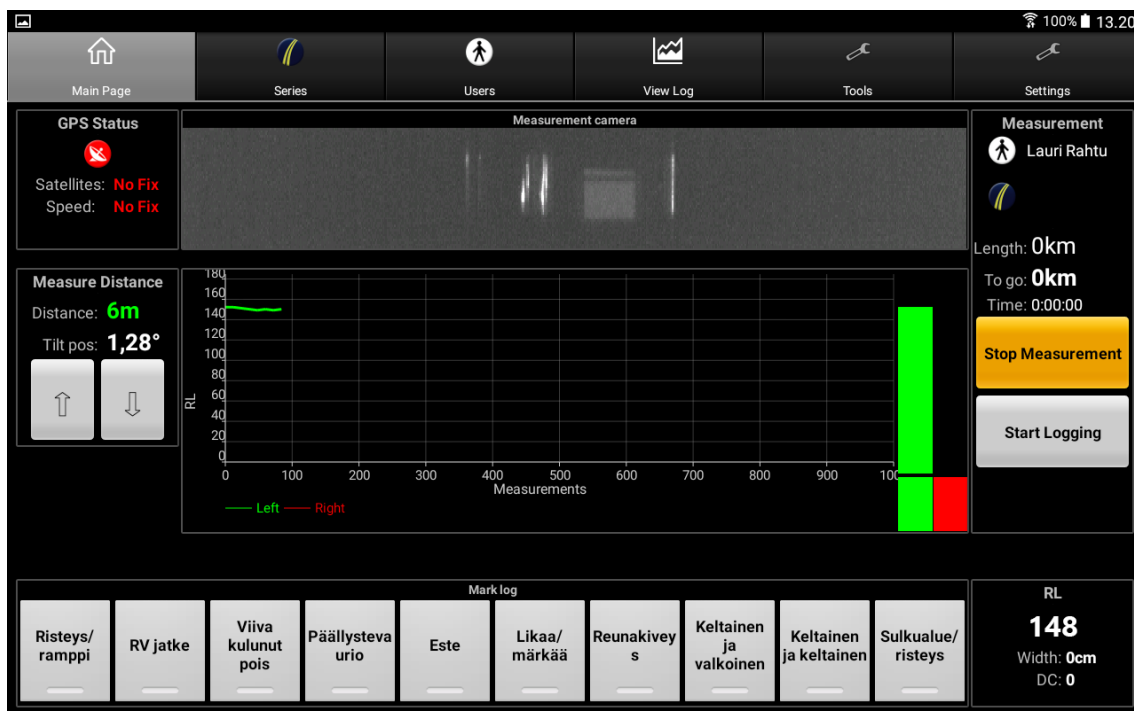
Kohdistus ja kalibrointiasetukset asetettiin taulutietokoneella, joka toimi mittarin käyttöliittymänä. Kalibroitaessa kohdistus ja kalibrointiyksikön oikea etäisyys olivat erittäin tärkeitä kalibroinnin onnistumisen kannalta. Huolimattomasti tehdyt järjestelyt olisivat aiheuttaneet virheellisen kalibroinnin, mikä olisi aiheuttanut myös väärin mittaustulosten syntymisen.

Mittarin käyttöliittymästä näki, miten valokeila osuu kalibrointiyksikköön. Kameranassa piti näkyä neliönmuotoinen vaalea alue keskellä kuva-alaa. Kuvassa 9 kohdistus oli tehty oikein, minkä ansiosta mittari mittasi sille arvon  $152 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$ , joka oli kalibrointiyksikön oikea paluuheijastavuusarvo.



KUVA 9. Oikein kohdistettu kalibrointi

Kuvassa 10 kohdistus tehtiin väärin ja sen vuoksi mitattu paluuheijastavuusarvo oli virheellisesti  $148 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$ . Mikäli kalibrointi olisi suoritettu kuvan 10 mukaisesti, olisi mittaustuloksissa systemaattisesti  $-4 \text{ mcd/m}^2/\text{lx}$ :n poikkeama. Kalibroinnin jälkeen oli aina tärkeää tarkistaa, että mittari mittasi kalibrointiyksikölle oikean arvon.



KUVA 10. Väärin kohdistettu kalibrointi

## 4.2 Mittaus

Kalibroinnin jälkeen auto ajettiin tasaiselle paikalle tiemerkin rinnalle (kuva 11) ja mittarin kulmaa säätämällä haettiin tiemerkintä mittariin näkyviin siten, että mittausetäisyys oli noin 6 metriä. Tämän jälkeen mittari oli säädetty kohdilleen ja mittaukseen voitiin aloittaa. Ajettaessa mittausetäisyys saattoi töyssyistä ja tien heitoista johtuen vaihdella 5 - 7 metrin välillä, mutta mittari osasi kompensoida eri mittausetäisyyksistä aiheutuvat vaihtelut vastaamaan todellista paluueijastavuutta. Kun kulma oli säädetty kohdilleen ja auto oli ajettu mitattavan osuuden alkuun, painettiin taulutietokoneesta tallennus päälle Start Logging -napista.





*KUVA 11. Auto mittausvalmiudessa*

Mitattaessa auto asemoitiin ajoradalle siten, että mittari kulki suurin piirtein tiemerkin päällä. Taulutietokoneelta näki, missä tiemerkinä oli suhteessa mittariin (kuva 12). Mittaustyön aikana mittaja pystyi poikkeamia, kuten likaa, märkää tai kulumaa, havaitessaan lisätä mittausdataan kommentteja, jotka helpottivat mittausdatan käsittelyä antamalla selityksen esimerkiksi huonoille mittausloksille. Mittauksen aikana havaittiin, että kommenttien lisääminen ajon aikana oli riskialtista, koska katse täytyi siirtää tiestä taulutietokoneelle. Esimerkiksi pienen näppäimistön avulla kommenttien lisäys onnistuisi turvallisemmin, koska tällöin ei tarvitsisi siirtää katsetta pois tiestä, vaan pelkkä napin painallus riittäisi.



*KUVA 12. Auton ohjaimossa on tiemerkinettä videokuvaava kamera, tabletti mittarin käyttöliittymää varten, GPS-vastaanotin mittarille, kannettava tietokone GPS-vastaanottimella kartalle ja tieosoitepaikannukselle sekä tarkkuustrippimitari*

Mitattaessa taulutietokoneella näkyi ajantasaista tietoa senhetkisestä paluuheijastavuudesta, viivan leveydestä, ajonopeudesta ja mittausetäisyydestä (kuva 13). Lisäksi mittarin kamera näytti taulutietokoneen näytöllä korostettuna viivojen sijainnin. Mittari tunnisti rinnakkain olevat viivat omikseen ja antoi kullekin viivalle oman tuloksen. Esimerkiksi keskiviivastoa mitatessa laite tunnisti rinnakkain olleet sulk- ja keskiviivat. Kuvassa 13 mittari mittasi kahden rinnakkaisen viivan paluuheijastavuutta. Lisäksi kyseiseen kohtaan oli lisätty kommentti ”keltainen ja valkoinen”. Koska keltainen viiva heijasti yleensä huonommin kuin valkoinen, voitiin päätellä, että vasen viiva oli valkoinen ja vastaavasti oikealla oleva viiva oli keltainen. Mittari ei kuitenkaan kyennyt erottamaan maastossa olevien viivojen väriä, vaan ainoastaan niiden paluuheijastavuuden.



KUVA 13. Mittarin käyttöliittymä mittauksen aikana

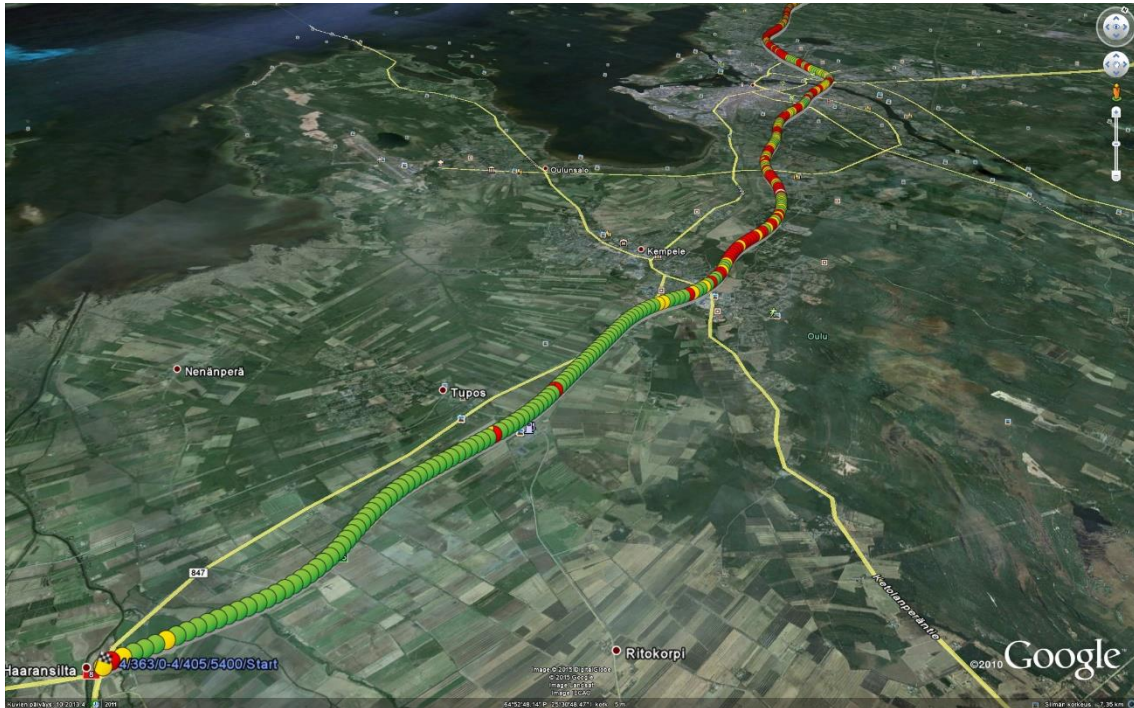
## 5 MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY

Mittauksen jälkeen mittausdata siirrettiin USB-muistiin ja sen kautta tietokoneelle tarkempaa käsittelyä varten. Taulutietokoneella pystyi katsomaan yhteenvetotietoja mittauksesta. Asettamalla halutun keskiarvotuksen sai näkyviin paluuheijastavuuden kuvaajan etäisyyden funktiona sekä paluuheijastavuuden minimi- ja maksimiarvot, keskiarvon ja keskihajonnan (kuva 14).



KUVA 14. Mittausdatan esikatselu mittarin käyttöliittymässä

Mittausdatan voitiin tuoda mittarista myös Google Earth -palveluun sopivassa formaatissa, jolloin paluuheijastavuustuloksia pystyi tutkimaan karttapohjalla (kuva 15). Tulokset näkyivät kartalla käyttäjän asettamien raja-arvojen mukaan joko punaisina, keltaisina tai vihreinä. Näin mittaja pystyi nopeasti näkemään, minkälaisissa paikoissa paluuheijastavuusaluksia tuli. Esimerkiksi ramppien kohdalla liikenne oli aiheuttanut usein reunaviivan jatkeen tuloksen putoamisen alle sallitun.



*KUVA 15. Vt 4 Haaransilta–Haukipudas, paluuheijastavuustulokset Google Earthissa*

Kuvissa 15 ja 16 punaisella ovat paluuheijastavuusarvot 40 - 89, keltaisella arvot 90 - 99 ja vihreällä arvot, jotka olivat yli 100. Raja-arvot asetettiin merkintätarpeen mukaan, eli kaikki punaisella merkityt kohdat täytyi korjata. Keltaisella merkityjä osuuksia ei tarvinnut korjata kokonaisuudessaan, koska 10 % tuloksista sai olla välillä 90 - 99. Vihreät kohdat olivat kunnossa, eli niille osuuksille ei tarvinnut tehdä mitään toimenpiteitä.



KUVA 16. Vt 4 Haaransilta–Haukipudas, paluuehijastavuustulokset Google Street View:ssä

Tuloksia käsiteltiin pääasiassa vain taulukkolaskentaohjelmassa. Mittausdata otettiin mittauslaitteesta ulos 5-metrinenä (kuva 17). Mittausdatan olisi voinut ottaa myös esimerkiksi 1-metrinenä, mutta se olisi hidastanut jatkokäsittelyä huomattavasti, koska jatkokäsittelyssä käsiteltävän datan määrä olisi viisinkertaistunut. Käytännössä eroa 1-metrinen ja 5-metrinen datan välillä ei huomattu.

Series nr 1/22/0-1/36/2785																			
Direction	1																		
Side	KV																		
Length (kr)	62.50																		
Driven Lei	62.51																		
Reference																			
Comment																			
User name	Lauri Rahtu																		
Comment																			
RL Choice	rl																		
Maximum	248	104																	
Minimum	41	61																	
Standard Dev.		15.30																	
Average	96.85	77.46																	
Driven dis	Timestamp	Logmark	RL Left	RL Center	Width Left	Daylight c	RL Right	RL Center	Width Right	Daylight c	No of Roa	Latitude (N/S)	Indica	Longitude (E/W)	Indica	Datum	Fix descrij	No of Sats	Altitude (
0	11.5.2015 14:56		124	125	8.9688360	3.0085337	1620178	0	60.376267	N	23.333794	E	w84?	Standard	(		9	57.766666	
0.005	11.5.2015 14:56							0	60.376282	N	23.333707	E	w84?	Standard	(		9	57.299999	
0.01	11.5.2015 14:56		98	101	8.3061054	2.5900740	6234741	0	60.376297	N	23.333622	E	w84?	Standard	(		9	57.299999	
0.015	11.5.2015 14:56		97	102	8.4783822	2.4810755	2528381	0	60.376313	N	23.333530	E	w84?	Standard	(		9	57.299999	
0.02	11.5.2015 14:56		111	115	8.6974918	2.8623206	615448	0	60.376328	N	23.333445	E	w84?	Standard	(		9	57.299999	
0.025	11/05/2015 14:56:10.085		114	116	8.1533279	2.8777921	11997986	0	60.376342	N	23.333366	E	w84?	Standard	(		9	56.940000	
0.03	11.5.2015 14:56							0	60.376357	N	23.333281	E	w84?	Standard	(		9	56.700000	
0.035	11.5.2015 14:56		132	134	8.5701189	2.9099358	7176005	0	60.376373	N	23.333196	E	w84?	Standard	(		9	56.700000	
0.04	11.5.2015 14:56							0	60.376388	N	23.333111	E	w84?	Standard	(		9	56.700000	
0.045	11.5.2015 14:56		98	99	8.4015399	2.8205432	28918457	0	60.376404	N	23.333026	E	w84?	Standard	(		9	56.700000	
0.05	11/05/2015 14:56:11.088		110	114	8.2062248	2.7503035	95068512	0	60.376419	N	23.332942	E	w84?	Standard	(		7	56.379999	
0.055	11.5.2015 14:56							0	60.376436	N	23.332852	E	w84?	Standard	(		7	56.299999	
0.06	11.5.2015 14:56		125	129	8.5089117	2.7024624	3476868	0	60.376453	N	23.332761	E	w84?	Standard	(		7	56.299999	
0.065	11.5.2015 14:56							0	60.376468	N	23.332679	E	w84?	Standard	(		7	56.299999	
0.07	11.5.2015 14:56		100	99	7.3550447	2.1623733	30436707	0	60.376483	N	23.332597	E	w84?	Standard	(		7	56.299999	

KUVA 17. Mittarista saatava 5-metrinen raakadata

Mittarista saatu data vietiin ohjelmaan, joka käänsi mittarin tallentamat koordinaatit tierekisterimuotoon ja laski keskiarvot 100-metrisille jaksoille (kuva 18). Tämän jälkeen data siirrettiin verkkopalveluun, johon kerättiin kaikki mittaustulokset. Näiden tietojen pohjalta tehtiin lopulta myös tiemerkinäohjelma ylläpityöntekijöille.

Merkintät	Merkintät	Viiva	Viivatyyppi	Luokka	Tie	Ajorata	Aosa	Aet	Losä	Let	Pituus	Viivaleve	Mittauspvm	Tulos_val
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	0	22	100	100	10	11.5.2015 0:00	113
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	100	22	200	100	10	11.5.2015 0:00	121
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	200	22	300	100	10	11.5.2015 0:00	119
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	300	22	400	100	10	11.5.2015 0:00	126
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	400	22	500	100	10	11.5.2015 0:00	117
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	500	22	600	100	10	11.5.2015 0:00	127
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	600	22	700	100	10	11.5.2015 0:00	115
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	700	22	800	100	10	11.5.2015 0:00	105
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	800	22	900	100	10	11.5.2015 0:00	111
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	900	22	1000	100	10	11.5.2015 0:00	114
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	1000	22	1100	100	10	11.5.2015 0:00	116
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	1100	22	1200	100	10	11.5.2015 0:00	114
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	1200	22	1300	100	10	11.5.2015 0:00	104
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	1300	22	1400	100	10	11.5.2015 0:00	101
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	1400	22	1500	100	10	11.5.2015 0:00	112
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	1500	22	1600	100	10	11.5.2015 0:00	108
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	1600	22	1700	100	10	11.5.2015 0:00	107
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	1700	22	1800	100	10	11.5.2015 0:00	107
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	1800	22	1900	100	10	11.5.2015 0:00	95
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	1900	22	2000	100	10	11.5.2015 0:00	108
1	Ylläpito	1	Keski	0	1	1	22	2000	22	2100	100	10	11.5.2015 0:00	110

*KUVA 18. Raakadastasta laskettu 100-metrinen keskiarvo ja käännetty koordinaatit tierekisterimuotoon*

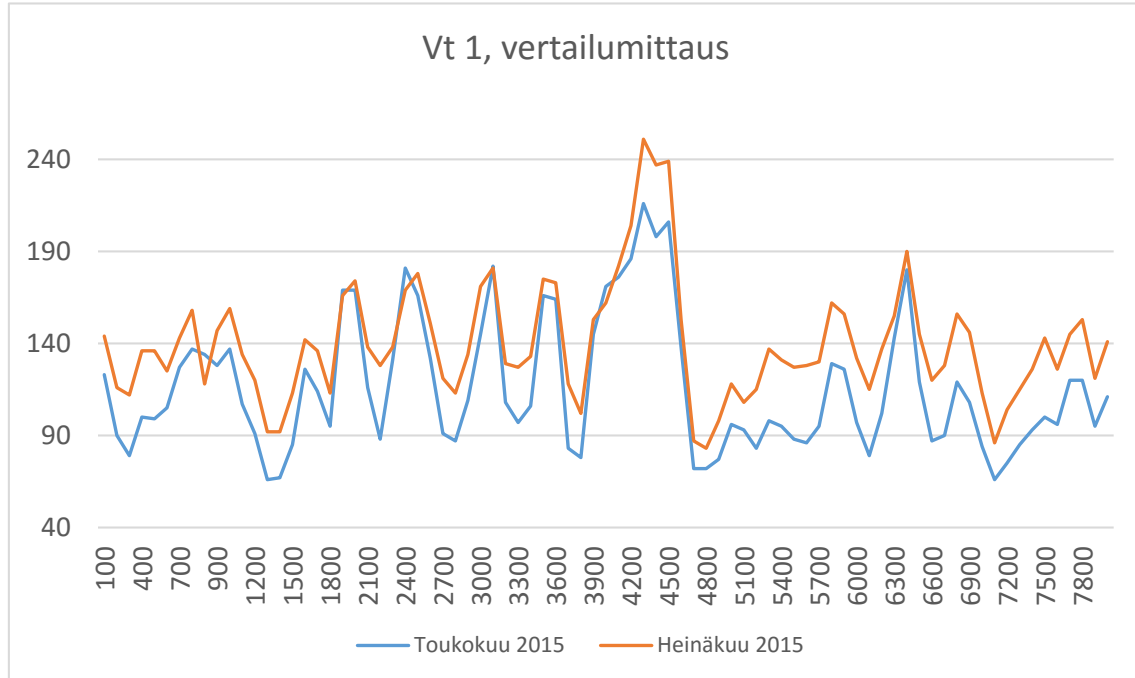
Tulosten perusteella urakoitsija määrittä, missä tarvitaan tiemerkinäojen ylläpitytöitä. Urakoitsija raportoi tilaajalle sekä mittaustulokset että paikat, joissa ylläpitytöitä oli tehty. Näiden tietojen perusteella tilaaja näki, että alittavat 100-metriset jaksot olivat korjattu, eikä uusintamittaukselle tämän ansiosta ollut tarvetta. Halutessaan tilaaja pystyi teettämään pistokoemaisia mittauksia toisella yrityksellä ja vertaamaan saatuja tuloksia urakoitsijan raportoiimiin tuloksiin.

### 5.1 Mittausajankohdan ja -suunnan vaikutus paluuheijastavuustuloksiin

VAR ELY:n massavaatimustiet mitattiin huhti- ja toukokuun aikana. Vertaillakseen mittausajankohdan merkitystä paluuheijastavuustuloksiin valikoitiin tieosuuksia, joissa tehtiin vertailumittauksia heinä- ja elokuun aikana. Tuloksista nähtiin, että keväällä mitattujen linjamerkinäojen paluuheijastavuustulokset olivat huomattavasti alemmat kuin samojen merkinäojen tulokset mitattuna loppukesällä. Kuvaajasta 1 näkee, että kuvaaja on molemmilla mittauskerroilla hyvin

samanmuotoinen, mutta heinäkuussa tehty mittaus oli lähes kauttaaltaan parempi kuin toukokuussa tehty mittaus.

*KUVAAJA 1. Mittausajankohdan merkitys paluuheijastavuustuloksiin*



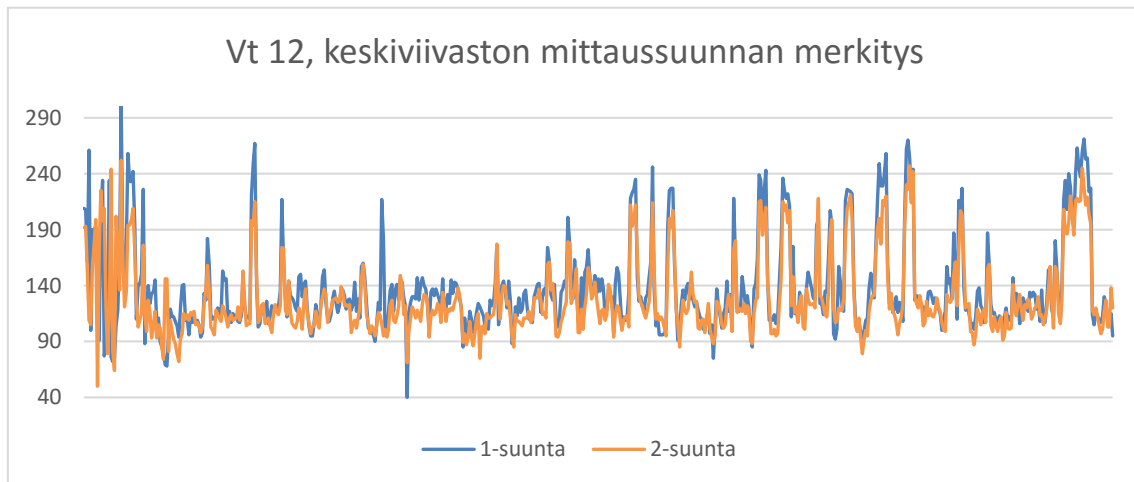
Tämän havainnon perusteella olisi järkevää tehdä mittaukset niin myöhään kuin mahdollista. Ongelmaksi kuitenkin muodostui se, että ylläpitotöiden olisi pitänyt olla valmiit jo heinäkuun loppuun mennessä eikä ylläpitotöitä voitu tehdä ilman paluuheijastavuustuloksia. Tilannetta olisi helpottanut ylläpitotyöntekijöiden ja koneiden määrän lisääminen, jotta ylläpitotöiden viemä aika olisi lyhentynyt. Tällöin paluuheijastavuusmittaukset olisi voitu ajoittaa myöhemmäksi, mikä olisi vähentänyt ylläpitotöiden tarvetta.

Paluuheijastavuuden aikaansaavat pintalasihelmet suihkutettiin paineella tiemerkintämassan päälle. Koska helmiä ei suihkutettu tiemerkintään kohtisuorassa, vaan hieman viistossa, oli myös mittaussuunnalla merkitystä. Reunaviivat tehtiin ja mitattiin aina liikenteensuuntaisesti, joten niiden tapauksessa eroja ei syntynyt, mutta keskiviivasto oli voitu tehdä kumpaankin suuntaan tahansa. Vt 12:lla mitattiin keskiviivasto kumpaankin suuntaan ja verrattiin saatuja mittaustuloksia. Kuvaajasta 2 nähdään, että tierekisterin suuntaan mitattaessa paluuheijastavuusarvo oli jatkuvasti suurempi kuin toiseen suuntaan mitattaessa. Tästä



voitiin päätellä, että tiemerkinnot oli tehty tierekisterin suuntaan. 1-suunnan tulosten keskiarvo on 137,47 ja 2-suunnan puolestaan 128,34. Merkintätarvetta määritettäessä yli 9 yksikön heitto tuloksessa oli merkittävä.

#### *KUVAAJA 2. Mittaussuunnan merkitys keskiviivaston paluuheijastavuuteen*

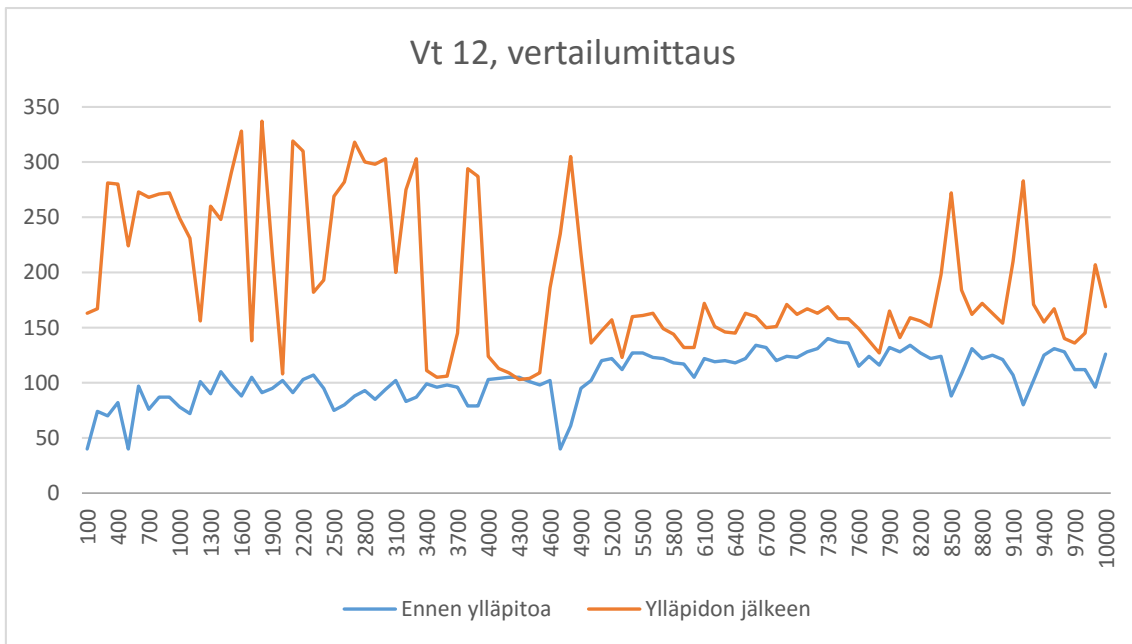


Tämän tuloksen perusteella mittajaan olisi tärkeää selvittää, mihin suuntaan tiemerkinnot on tehty, jotta tulos olisi optimaalinen. Tarkistuksen pystyi suorittamaan sekä jatkuvatoimisena mittauksena mittaamalla lyhyt testipätkä että käsimitarilla mittaamalla muutamasta pisteestä kumpaankin suuntaan. Eri suuntaan tehtyjä mittauksia vertailemalla pystyi päättämään, mihin suuntaan merkinnät on tehty.

### **5.2 Paluuheijastavuus ylläpitotöiden jälkeen**

Ylläpitotyöt suoritettiin spraymassalla, jonka kalvovahvuus oli noin 1,5 mm. Kaikki alle 100 mcd/m<sup>2</sup>/lx heijastaneet 100-metriset korjattiin. Vt 12:lla mitattiin uusintamittaus elokuussa ylläpitotöiden jälkeen, jotta voitiin todeta ylläpitotöiden onnistuminen. Tuloksista (kuvaaja 3) käy ilmi, että uusitut tiemerkinnot heijastivat erittäin hyvin. Lisäksi kuvaajasta voi nähdä, että paluuheijastavuustulos oli noussut myös sellaisissa paikoissa, joissa ei ollut tarvetta tehdä ylläpitotöitä. Tämä havainto on yhteneväinen Vt 1:llä tehtyyn vertailumittaukseen, jossa havaittiin mittausajankohdalla olleen suuri merkitys paluuheijastavuustuloksiin.

KUVAAJA 3. Paluuheijastavuustulokset ennen ja jälkeen ylläpitötöiden



## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä paluuheijastavuusmittausten tekemiseen jatkuvana mittauksena. Mittaustyö aloitettiin kalibroimalla mittari. Kalibrointi oli suoritettava joka päivä ennen mittauksen aloitusta. Itse mittaus suoritettiin liikennöintinopeuksilla, joten työviikon aikana pystyi mittaamaan jopa 3 000 km tiemerkintää. Työskentely oli kohtalaisen turvallista, koska mittaajan ei tarvinnut poistua autosta liikenteen sekaan tekemään mittausta. Toisaalta vilkkaassa liikenteessä vaadittiin erityistä tarkkaavaisuutta, jotta onnettomuuksilta vältyttiin. Paluuheijastavuustulosten pohjalta laadittiin merkintäohjelma ylläpitotyöntekijöille.

Paluuheijastavuuden mittaaminen jatkuvatoimisena mittauksena toteutettuna nopeutti laadunvalvontaa ja tiemerkintätarpeen kartoituksen tekemistä huomattavasti verrattuna esimerkiksi paikallaan mitattavaan menetelmään. Mittauksen ongelmakohdiksi osoittautuivat olosuhteiden ja mittausajankohtien vaikutukset mittaustuloksiin. Toukokuussa mitatut tulokset olivat selvästi alemmat kuin vastaavan tieosan tulokset heinäkuussa mitattuna. Lisäksi vähäinenkin kosteus tiemerkinnän päällä laskee tulosta huomattavasti.

Keskiviivastolla havaittiin n. 9 mcd/m<sup>2</sup>/lx:n ero muuttamalla mittaussuuntaa, mikä johtui tiemerkintäkoneen tavasta suihkuttaa paluuheijastavuuden aikaansaavat lasihelmet tiemerkintään viistossa. Sen vuoksi mittaajan oli tärkeää ennen mittauksen aloittamista selvittää, mihin suuntaan keskiviivaston merkinnät oli tehty. Kun olosuhteet olivat mittaukselle sopivat, eli tie oli kuiva ja puhdas, jatkuvatoiminen mittaus oli kohtalaisen luotettava mittausmenetelmä paluuheijastavuudelle. Huonoissa olosuhteissa tehdyt mittaukset olisivat aiheuttaneet urakoitsijalle täysin turhia kustannuksia lisääntyneen ylläpitotyötarpeen vuoksi.

Mikäli paluuheijastavuusmittaukset haluttaisiin tehdä myöhemmin kesällä, täytyisi tiemerkintäkaluston määrää lisätä. Tällöin olisi mahdollista saada ylläpitotyöt tehtyä määräajassa, vaikka työt aloitettaisiinkin tavallista myöhemmin. Myöhemmällä mittausajankohdalla saavutettaisiin todennäköisesti paremmat paluuheijastavuustulokset, joiden ansiosta ylläpitotyön tarve olisi vähäisempi.

## LÄHTEET

1. Tiet. 2015. Liikennevirasto. Saatavissa: <http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/liikenneverkko/tiet#.VQFKgeEpo8I>. Hakupäivä 12.3.2015.
2. Suomen tiestö rapistuu käsiin. 2009. Tekniikka & Talous. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/suomen+tiesto+rapistuu+kasiin++korjauskilometrit+romahtaneet+90luvulta/a283427?service=mobile&page=2>. Hakupäivä 12.3.2015.
3. Ecodyn-mittaus. 2000. Päälystealan neuvottelukunta. Saatavissa: <http://pank.fi/file/611/pank-8508-ecodyn.pdf>. Hakupäivä 12.3.2015.
4. Tiemerkintöjen kuntoluokitus. 2004. Tiehallinto. Saatavissa: [http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2200022-v-04tiemerkint\\_kuntoluok.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2200022-v-04tiemerkint_kuntoluok.pdf). Hakupäivä 12.3.2015.
5. Night visibility. 2014. Zehntner. Saatavissa: <http://www.zehntner.com/products/categories/night-visibility>. Hakupäivä 12.3.2015.
6. LTL-M. RoadSensors made by Delta. Saatavissa: <http://roadsensors.madebydelta.com/products/ltl-m/>. Hakupäivä 12.3.2015.
7. LTL-XL. RoadSensors made by Delta. Saatavissa: <http://roadsensors.madebydelta.com/products/ltl-xl/>. Hakupäivä 12.3.2015.
8. Tiemerkintöjen teettäminen. 2015. Liikennevirasto. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo\\_2015-05\\_tiemerkintojen\\_teettaminen\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2015-05_tiemerkintojen_teettaminen_web.pdf). Hakupäivä 12.3.2015.
9. Tiemerkintöjen laatuvaatimukset. 2008. Tiehallinto. Saatavissa: [http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2200014-v-08tiemerkintojen\\_laatuvaatimukset.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2200014-v-08tiemerkintojen_laatuvaatimukset.pdf). Hakupäivä 12.3.2015.
10. LTL-Mobile Retroreflectometer. 2011. DELTA YouTube Channel. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=m6z5u7CYPE4>. Hakupäivä 12.3.2015.

11. DELTA Retroreflectometer on Airfield. 2013. MadeByDELTA. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=km72rPZBers>. Hakupäivä 12.3.2015.
12. Laatuluokitus, tiemerkintäurakat. 2015. Sisäinen dokumentti. Tietomekka Oy.
13. Tiemerkintöjen paluuheijastavuus ei riitä märällä kelillä. 2013. Tie & Liikenne. Saatavissa: <http://issuu.com/tieyhdistys/docs/tl3-2013/12>. Hakupäivä: 1.9.2015.
14. SKU UUD ITÄ 2015 - 2019. 2015. Sisäinen dokumentti. ELY-keskus.
15. Jatkuvatöiden paluuheijastavuusmittareiden hyväksyntä 2015. 2015. Sisäinen dokumentti. Liikennevirasto.
16. The LTL-M mobile retroreflectometer features. 2014. Saatavissa: [http://www.assets.madebydelta.com/docs/roadsensors/Leaflets/English/LTL-M\\_Mobile\\_retroreflectometer\\_features.pdf](http://www.assets.madebydelta.com/docs/roadsensors/Leaflets/English/LTL-M_Mobile_retroreflectometer_features.pdf). Hakupäivä: 2.9.2015.



# The LTL-M mobile retroreflectorometer features

*The efficient and accurate way to measure the retroreflection of road markings*

LTL-M measures all types of road markings at a simulated distance of 30 m with the highest level of accuracy. LTL-M is used mounted on a vehicle measuring retroreflection at traffic speed, providing full overview of the condition of the road markings. The instrument operates with an accuracy of typically +/- 5 % and a repeatability of typically of +/- 3 %, which is in line with DELTA's hand-held retroreflectorometers LTL-2000, LTL-X, and LTL-XL.

LTL-M is a robust, reliable and advanced instrument designed for professionals using modern digital camera and illumination technology. This technology results in high measurement accuracy independent of changes in the geometry of the system caused by vehicle bouncing during driving.

### The LTL-M system consists of three parts

- The sensor unit mounted on the outside of the vehicle containing camera and flash system
- The real time processor placed inside the vehicle
- The GUI (Graphical User Interface) Tablet PC placed next to the driver



LTL-M mounted on a vehicle

LTL-M measures  $R_L$  (nighttime visibility) under dry conditions, daylight contrast as well as records line geometry and missing or non-working road studs (RRPMs).

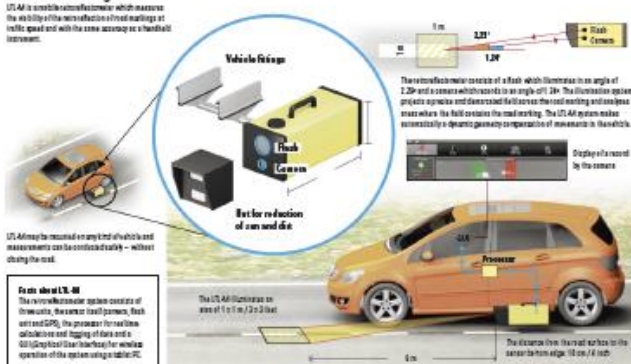
LTL-M measures white and yellow road markings up to 25 mm/1 inch in profile depth with no adjustments necessary. Calibration and change of light source can be done with a simple operation in the field.

LTL-M comes with GPS and can be delivered with DMI (Distance Measuring Instrument) and an overhead camera. GPS makes it possible to determine exactly where specific measurements have been carried out. A DMI unit ensures correct distance measures if GPS contact cannot be established. An overhead camera supports additional visual inspection of problem areas when data are reviewed.

Measurement data, GPS data and other recorded data will be automatically stored. The system gives the driver the option of marking incidents during operation in the log as well as inform about possible problems and malfunctions.

### LTL-M captures night visibility of road markings

LTL-M is a mobile retroreflectorometer which measures the visibility of the retroreflection of road markings at traffic speed and with the same accuracy as hand-held instrument.



**DELTA / RoadSensors**

Video overlay

The software supplied with the instrument generates an easy-to-read txt.file, a graph and a google earth map for measurement evaluation and presentation. LTL-M lends itself to remote service and easy software upgrades through internet link-up when new advanced road marking analysis is offered.

The LTL-M calibration reference is calibrated at DELTA's DANAK-accredited laboratory and is traceable to standards issued by PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Germany) and NIST (National Institute of Standards and Technology, USA). The instrument itself does not need re-calibration unless damaged – except for a recommended calibration of the LTL-M calibration reference every 2 years. The recommended once-daily field calibration of the instrument is simple and fast to carry out.

DELTA offers service of the instrument at its factory and re-calibration of the calibration unit at its DANAK-accredited laboratory.



LTL-M GUI tablet PC

**The LTL-M features in brief**

- Provides continuous measurements of full width and length of markings at traffic speed
- Digital camera and real-time image processing
- Measures RL under dry conditions
- Measures 1x1 m/3x3 feet pr picture, 25 picture per sec.
- Accuracy in line with hand-held retroreflectometers
- Measures daylight contrast
- Measures plane and profiled markings up to 25 mm/1 inch
- Shows and stores day and time
- Records road studs (RRPMs)
- Records line width
- Provides average values between 1 m/3 feet and indefinite

**Straus Zert certification**

Test Certificate No. 0913-2011-02 on the suitability of the LTL-M dynamic retroreflectometer for the dynamic measurement of the coefficient of retroreflected luminance RL of road marking.

**Overall assessment:**

The LTL-M retroreflectometer is suitable for the dynamic measurement regardless of speed, of the coefficient of retroreflected luminance RL of road markings, and delivers the same results as a static retroreflectometer

StrausZert, Germany, December 6, 2011

**LTL-M complies with the following standards**

EN 1436 (R<sub>L</sub>), ASTM E 1710 and EN 1463-1.

**Contact and further information**

For further information about DELTA's LTL-M mobile retroreflectometer please contact:



**Kjeld Aabye**  
Market Manager

Phone +45 72 19 46 30  
kaa@delta.dk  
roadsensors.com