

Tiemerkintäpäivät 2022

Tiemerkintöjen koneellisen kuntoarvomittauksen kehittyminen

Erkka Lumme

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.

Johdanto

- Väyläviraston tilaaman projektin tarkoituksena on kehittää tiemerkintöjen koneellista kuntomittausta, jotta tulevaisuudessa olisi mahdollista siirtyä visuaalisesta mittaamisesta täysin koneelliseen mittaamiseen.
- Projektissa on tutkittu laserskannaustekniikalla tehtyjen koneellisten kuntoarvomittausten poikkeamia eri mittalaitteiden välillä sekä vertailtu koneellisia tuloksia visuaaliseen kuntomittaukseen.
- Tavoitteena on selvittää, voidaanko koneellinen kuntoarvomittaus ottaa käyttöön tiemerkintöjen palvelusopimuksien laadunosoituksessa.
- Pyrkimyksenä on, että koneellisissa kuntomittauksissa havaitaan suuruusluokaltaan yhtä paljon huonokuntoisia jaksoja kuin visuaalisissa mittauksissa.
- Koneellisia kuntomittauksia ovat tehneet Destia ja Ramboll RST Finland.
- Visuaaliset kuntomittaukset suoritettiin osana palvelusopimusten laadunosoitusta.
- Tulosten analysoinnista on vastannut Ramboll CM Oy.

Visuaalinen ja koneellinen kuntomittaus

Koneellinen kuntomittaus

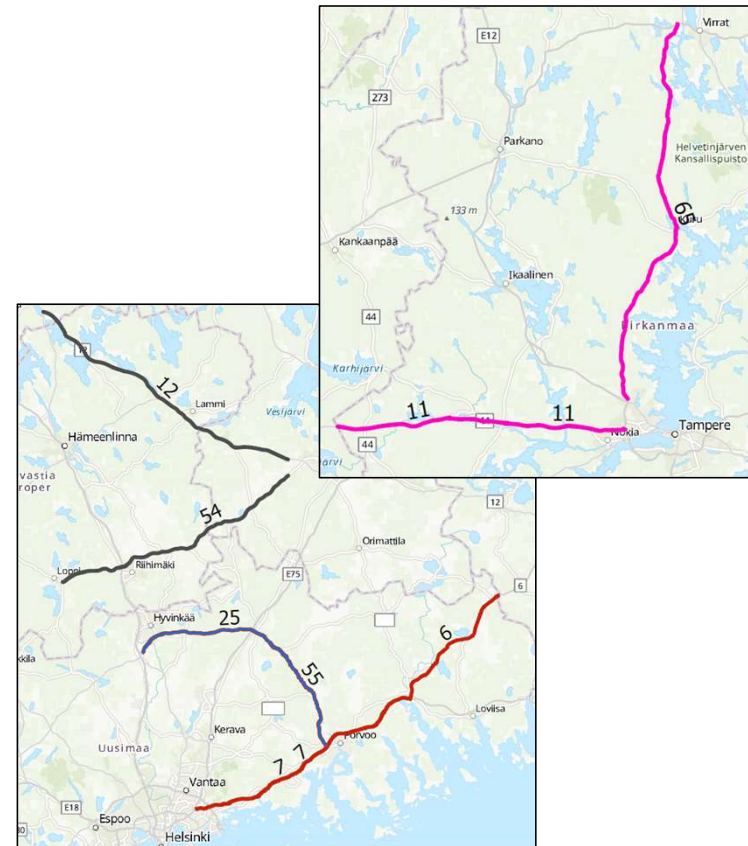
- Koneellisesti jatkuvana mittauksena suoritettu, tiemerkinnän kuluneisuutta kuvaava mittaus.
- Tulokset kuvaavat tiemerkintöjen jäljellä olevan pinta-alan.
- Mittalaitteet mittaavat myös merkinnän leveystiedon, jota käytetään kuntoarvon määrittämisessä.
- Mittaustulos: kuntoarvo-% / 100 m.

Visuaalinen kuntomittaus

- Mittaustulokset kuvaavat tiemerkinnän kuntoluokkavaatimuksen alittavaa pituutta (pituus kuntoluokissa 1 ja 2).
 - Kuntoluokan 2 määritelmä: "Noin puolet merkinnästä on kulunut tai irronnut. Merkinnän toimivuus on merkittävästi heikentynyt."
- Mittaustulos: kuntoluokkavaatimuksen alittavan merkinnän pituus / 100 m.
- Visuaalinen kuntomittaus ei huomioi pituudeltaan alle 10 m muutoksia merkinnän kunnossa.
- Lisätietoja: [Liikenneviraston ohjeita 37/2015 Tiemerkintöjen kuntoluokitus](#)

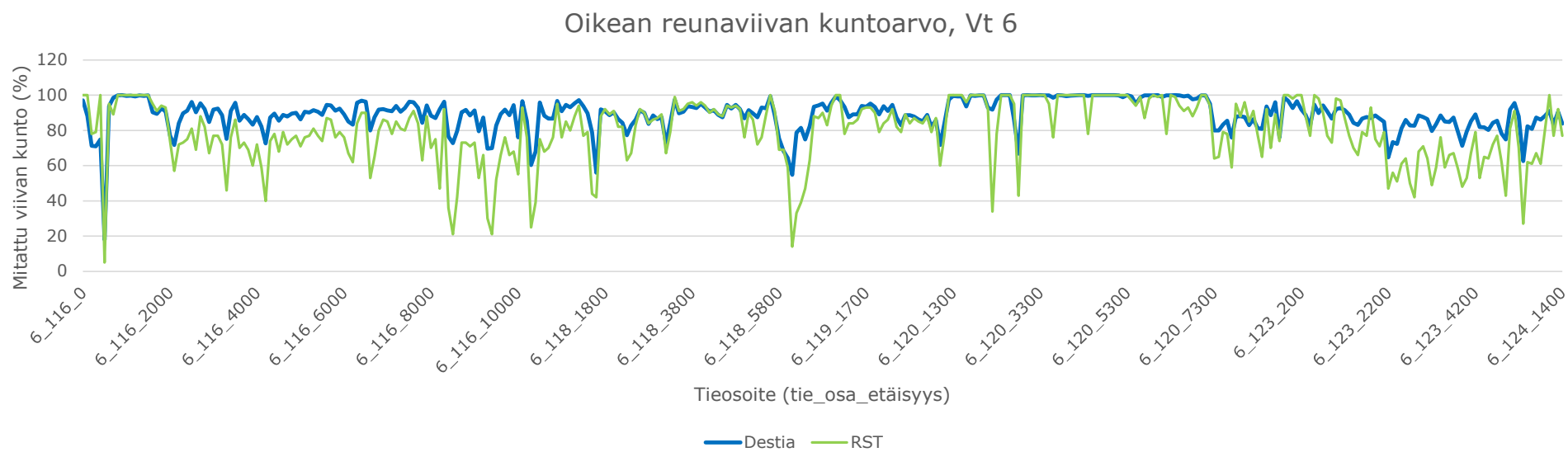
Mittaukset

- Kaikki mittaukset suoritettiin huhtikuussa 2021.
- Mittaustuloksia yhteensä n. 1100 linjamerkintä-km.
- Mittauskohteet sijaitsivat Uudenmaan ja Pirkanmaan ELY-keskusten tieverkolla.
- Mittauskohteiksi pyrittiin valitsemaan tiejaksoja, joilla merkintöjen kunto olisi mahdollisimman huono.
- Osuuksilta mitattiin molempien reunaviivojen kunto.
- Osalla mittauskohteista koneelliset mittaukset suoritettiin kahteen kertaan, jotta voidaan tutkia mittausten toistettavuutta.
- Varsinaisten tiemerkintöjen mittausten lisäksi järjestettiin kahden tasalaatuisen merkintäteipin (10 ja 20 cm) kunnon mittaaminen 100 metrin matkalta.



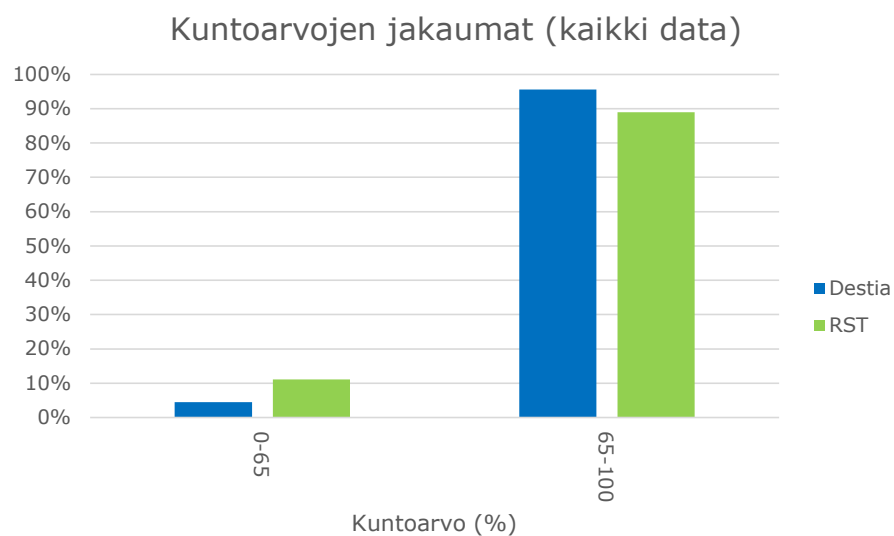
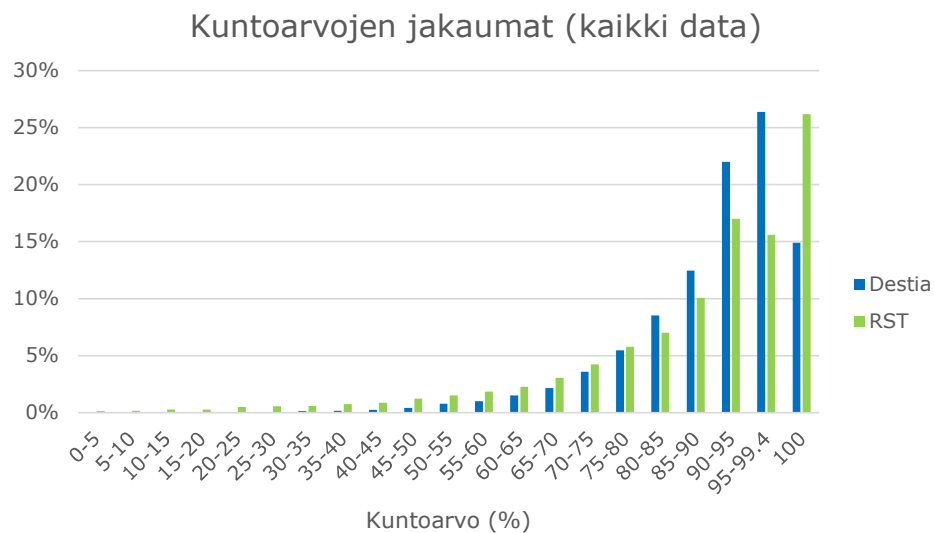
Koneellisten mittaustulosten vertailu

- Destian ja Ramboll RST:n mittaustulokset seuraavat toisiaan varsin hyvin (korrelaatio 0,76 eli huomattava), mutta selviä tasoeroja on: Ramboll RST mittaustuloksissa merkinnän leveys on keskimäärin suurempi ja kuntoarvo pienempi kuin Destian mittaustuloksissa (erot 0,7 cm ja 3,3 kuntoarvo-%).



Koneellisten mittaustulosten vertailu

- Myös kuntoarvomittaustulosten jakaumissa on eroja: Ramboll RST mittauksissa on enemmän tasan 100 kuntoarvo-%:n arvoja ja toisaalta enemmän heikkokuntoisia mittausjaksoja (esim. ≤ 65 kuntoarvo-%).

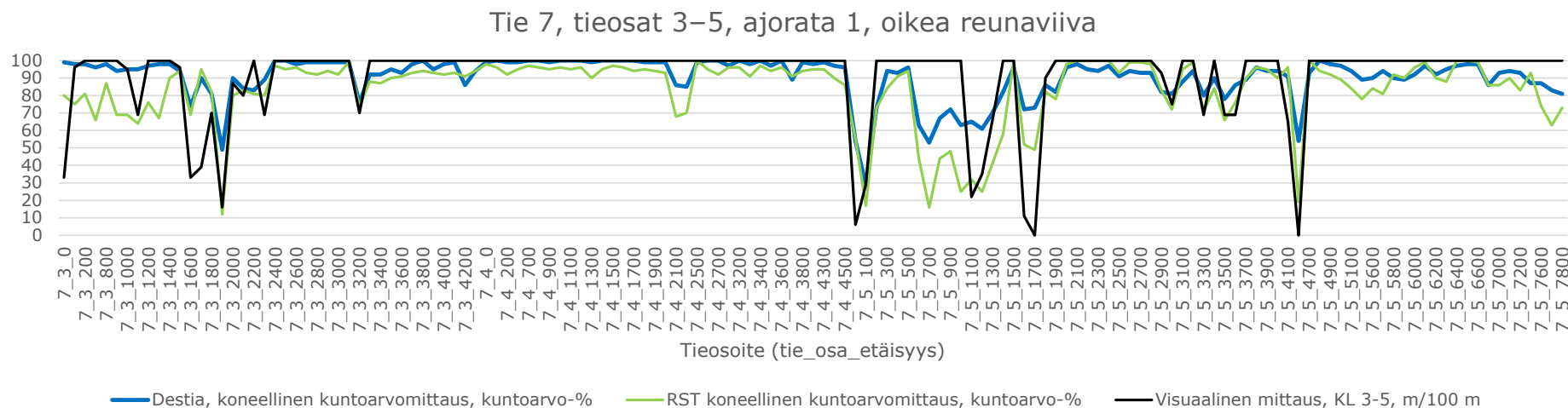


Muita tarkasteluja koneellisten kuntomittausten osalta

- Koneellisten kuntomittausten toistettavuus oli samaa luokkaa kuin jatkuvatoimisilla paluuheijastuvuusmittareilla (1. mittauksen ja kontrollimittauksen ero keskimäärin 1 kuntoarvo-% Destian mittauksissa ja 3 kuntoarvo-% Ramboll RST:n mittauksissa).
- Kun mitattiin tasalaatuista merkintäteippiä 100 metrin matkalta, molemmat mittaajat saivat johdonmukaisesti täsmälleen oikeita tasan 100 kuntoarvo-%:n tuloksia.
- Päällysteen iän vaikutusta tuloksiin tutkittiin erottamalla mittausalueelta kaksi vertailuryhmää: uudet päällysteet (ikä 1–2 vuotta) ja vanhat päällysteet (ikä 6–11 vuotta). Havaittiin, että:
 - vanhojen päällysteiden merkinnät olivat huonommassa kunnossa kuin uusien
 - Destian ja Ramboll RST:n kuntomittauksien erot olivat suurempia vanhoille kuin uusille päällysteille
 - vanhoilla päällysteillä koneellisten kuntomittausten toistettavuus oli heikompi kuin uusilla päällysteillä.

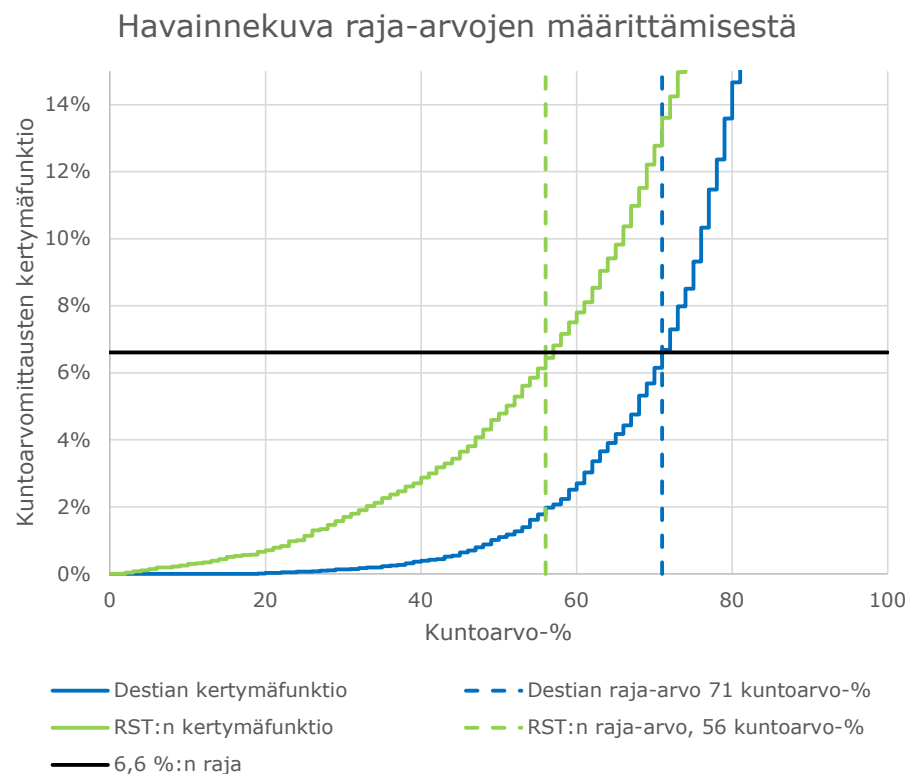
Koneellisten ja visuaalisten kuntomittausten vertailu

- Jotta vertailu koneellisiin kuntomittauksiin olisi mahdollisimman suoraviivainen, visuaaliset kuntomittaukset ”käännettiin ympäri”, eli tulokset esitettiin muodossa: kuntoluokkien 3–5 pituus metreinä per 100 metrin jakso.
- Kohdissa, joissa visuaalinen kuntomittaus on tuottanut tiedon merkinnän huonosta kunnosta, on myös koneellisen kuntomittauksen perusteella havaittu usein selvä kuntopuute.
- Vaikka visuaalisten ja koneellisten mittaustulosten periaatteellinen ero on suuri, oli mittaustulosten välinen korrelaatio kohtalaisen ja huomattavan rajalla (0,59–0,62).



Huonokuntoisen mittausjakson määritteleminen visuaalisten ja koneellisten kuntomittausten perusteella

- Visuaalisen kuntomittauksen kannalta **100 metrin mittausjakso on huonokuntoinen**, kun yli puolet jaksosta on kuntoluokissa 1–2 (palvelusopimuksissa käytetty vaatimus).
- Visuaalisten kuntomittausten tuloksissa huonokuntoisten merkintäjaksojen osuus oli 6,6 %.
- Vastaava osuus huonokuntoisia jaksoja saatiin koneellisen kuntoarvomittausten raja-arvoilla:
 - Destia: 71 kuntoarvo-%.
 - Ramboll RST: 56 kuntoarvo-%.
- Ero johtuu siitä, että Ramboll RST:n datassa oli suhteessa enemmän pieniä kuntoarvo-%:ja. Tällöin vaadittu 6,6 %:n osuus alitti raja-arvon pienemmällä kuntoarvo-%:lla (ks. havainnekuva).



Huonokuntoisten mittausjaksojen kohtaaminen

- Noin puolet kaikista visuaalisesti huonokuntoisista jaksoista oli huonokuntoisia myös koneellisen mittauksen näkökulmasta.
- Koneellisten mittausten perusteella huonokuntoisiksi tunnistettujen jaksoiden kohtaaminen: hieman yli puolet (56–59 %) kaikista huonokuntoisiksi tunnistetuista jaksoista oli huonokuntoisia sekä Destian että Ramboll RST:n tulosten perusteella.

		Koneellinen kuntomittaus, Destia		
		Ei huonokuntoinen	Huonokuntoinen: kuntoarvo-% ≤ 71	YHT.
Visuaalinen kuntomittaus	Ei huonokuntoinen	90.1 %	3.3 %	93.4 %
	Huonokuntoinen	3.2 %	3.4 %	6.6 %
	YHT.	93.3 %	6.7 %	100 %

		Koneellinen kuntomittaus, RST		
		Ei huonokuntoinen	Huonokuntoinen: kuntoarvo-% ≤ 56	YHT.
Koneellinen kuntomittaus, Destia	Ei huonokuntoinen	90.6 %	2.7 %	93.3 %
	Huonokuntoinen: kuntoarvo-% ≤ 71	2.9 %	3.8 %	6.7 %
	YHT.	93.6 %	6.4 %	100 %

Visuaalisen kuntomittauksen kohdistuvuusepäätarkkuus

- Visuaaliset kuntomittaukset tehdään liikkuvasta autosta silmämääräisesti havainnoimalla ja mobiililaitteen painiketta painamalla, jolloin tuloksiin tulee kohdistuvuusepäätarkkuutta.
- Tämän vaikutusta tutkittiin sallimalla 100 metrin epätarkkuus koneellisten ja visuaalisten mittaustulosten kohdistuvuudessa huonokuntoisiksi tunnistettujen jaksojen osalta.
- Sekä koneellisten että visuaalisten mittausten perusteella huonokuntoisiksi tunnistettujen jaksojen osuus kasvaa tämän seurauksena noin 50 prosentista noin 60 prosenttiin kaikista huonokuntoisista jaksoista.
- Tämä lähestymistapa ei ota huomioon kaikkia kohdistuvuusepäätarkkuuden vaikutuksia, ja toisaalta tarkastelutapa saattaa myös yhdistää sellaisia jaksoja, joissa koneellisen ja visuaalisen havainnon välinen sijainnin poikkeama ei johdu kohdistuvuusepäätarkkuudesta.

Paaluväli [m]	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900
Visuaalisesti huonokuntoinen		1			2			3	
Koneellisesti huonokuntoinen		1		2					3

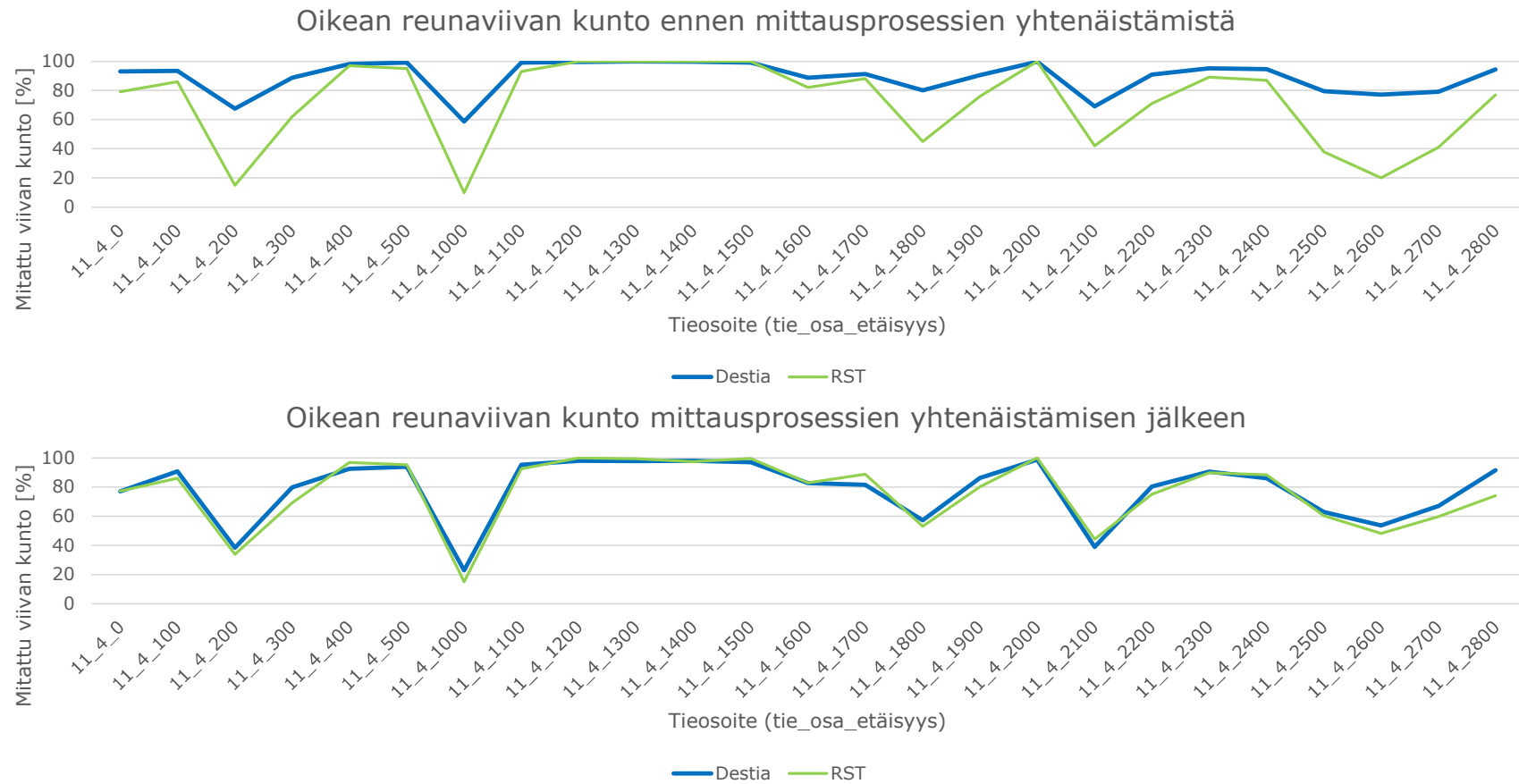
Johtopäätökset vuoden 2021 mittaustuloksista

- Työn lähtökohtana oli määrittää koneellisille kuntomittauksille kuntoarvo-%:n raja-arvo, joka tuottaa suuruusluokaltaan yhtä paljon huonokuntoisia jaksoja kuin visuaaliset mittaukset.
 - Tavoitteena on, että palvelusopimuksissa ylläpitomäärät eivät muuttuisi merkittävästi, kun siirrytään käyttämään koneellista kuntomittausta.
- Destian ja Ramboll RST:n kuntomittausten eroavaisuudet johtivat siihen, että molemmille mittareille ei voitu asettaa yhtä huonokuntoisuuden raja-arvoa. Suoritettujen vertailumittausten tulosten perusteella määritetyt huonokuntoisen merkintäjakson raja-arvot olivat:
 - Destia 71 kuntoarvo-%
 - Ramboll RST 56 kuntoarvo-%.
- Parhaimmillaankin koneellisissa mittaustuloksissa tunnistettiin huonokuntoiseksi vain n. 60 % visuaalisten kuntomittaustulosten huonokuntoisista jaksoista.
- Destian ja Ramboll RST:n koneellisten mittausten perusteella huonokuntoisiksi tunnistetut jaksot kohtasivat toisensa 56–59 %:n tarkkuudella.
- Näiden havaintojen perusteella koneellisen kuntoarvomittausten tarkkuus ei vielä riitä niiden käyttöönottoon osaksi tiemerkitöiden palvelusopimusten laadunosoitusta.

Koneellisten kuntomittausprosessien yhtenäistäminen

- Destia ja Ramboll RST tekivät keskinäisen vertailun merkinnän leveyden ja kuntoarvon mittaus- ja laskentaprosesseistaan ja havaitsivat huomattavia lopputulokseen vaikuttavia eroja, kuten:
 - erilainen näytteenottotiheys
 - erot merkinnän reunan tunnistamisessa
 - erot siinä, kuinka paljon merkinnästä saa puuttua, jotta se tunnistetaan merkinnäksi
 - erot siinä, kuinka kapea merkintä tulkitaan vielä merkinnäksi.
- Destia ja Ramboll RST yhdenmukaistivat mittausprosessejaan sopimalla yhteisistä vaatimuksista koneellisen kuntoarvomittauksen tekemiselle ja tulosten laskemiselle.
- Kun Destia ja Ramboll RST käsittelivät näiden yhtenäisten vaatimusten mukaisesti uudelleen vuonna 2021 tehdyt mittaukset yhdelle 2,8 km:n osuudelle, mittaustulosten väliset erot pienenivät huomattavasti.

Koneellisten kuntomittausprosessien yhtenäistäminen



Mitä seuraavaksi?

- Yhtenäiset vaatimukset kuntoarvon koneelliselle mittaus- ja laskentaprosessille pienentävät mittalaitteiden välisiä eroja selvästi. Tätä täytyy kuitenkin testata laajemmalla mittausdatalla.
- Kuntoarvon koneelliselle mittaamiselle tulee luoda perusteltu, yhtenäinen menetelmäkuvaus.
- Eri mittalaitteiden välisten ristiriitojen pieneneminen mahdollistaa siirtymisen tarkastelemaan haastavampia keskiviivaston mittauksia.

Kiitos!