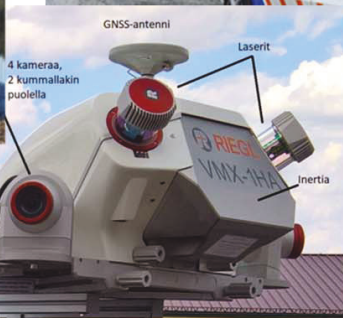


Pertti Virtala
Pauli Alanaatu
Eeva Huuskonen-Snicker

Uramittausten mittaustekniikoiden vertailu Tosimitta- ja tuotantomittaustesti



SYSTEM SPECIFICATIONS LCMS/LCMS-2

- Number of laser profiles : 2
- Sampling rate : 5 600 / 28 000 profiles/s
- Vehicle speed : 0 to 100 km/h
- Profile spacing : 1 to 5 mm (adjustable)
- Transversal field of view : 4 m
- Transversal accuracy : 1 mm
- Transversal resolution : 4 160 points/profile
- Depth range of operation : 250 mm (adjustable)
- Depth accuracy / resolution : 0.25 mm/0.1 mm
- Laser profiler dimensions : 428 mm (h) x 265 mm (l) x 139 mm (w)
- Weight : 10 kg
- Power consumption (max) : 150W at 120/240 VAC



Pertti Virtala, Pauli Alanaatu, Eeva Huuskonen-Snicker

Uramittausten mittaustekniikoiden vertailu

Tosimitta- ja tuotantomittaustesti

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 17/2018

Liikennevirasto

Helsinki 2018

Kannen kuvat: Destia

Verkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-317-530-3

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Pertti Virtala, Pauli Alanaatu, Eeva Huuskonen-Snicker: Uramittausten mittaustekniikoiden vertailu. Liikennevirasto, kunnossapito-osasto. Helsinki 2018. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 17/2018. 66 sivua ja 4 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-530-3.

Avainsanat: mittaustekniikka, päällysteet, tiet, kunnossapito

Tiivistelmä

Työn tavoitteena oli selvittää uusien mittaustekniikoiden suorituskykyä verrattuna nykyisin käytössä olevaan päällysteiden palvelutasomittausten perustekniikkaan sekä sitä mitkä eri tekniikat tukevat Liikenneviraston tietojärjestelmissä olevan kuntotiedon jatkuvuutta aiempiin mittaustuloksiin nähden. Uusien mittaustekniikoiden soveltuvuutta verrattiin perinteiseen tekniikkaan tosimitatestillä. Sen lisäksi eri mittaustekniikoiden soveltuvuutta verkkotason mittauksiin testattiin tuotantomittaustestillä.

Työssä vertailtiin skannertekniikalla ja viivalasertekniikalla saatuja uratuloksia pistelaser-teknikalla saatuihin uratuloksiin. Testiin osallistui viisi eri yritystä: Ramboll, Roadscanners, Terratec, Nordic Geocenter ja SolidPotato. Testi jakautui kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa, niin sanotussa tosimitatestissä, testattiin, miten hyvin kukin laite toisti itseään ja miten hyvin tulokset osuivat yhteen referenssitulosten kanssa. Referenssitulokset tuotettiin kahden pistelaser-teknikalla varustetun laitteen (P6g/Destia ja RST21/Ramboll) keskiarvoina. Tarkasteltavina tunnuslukuina olivat maksimiura, vasen ja oikea ura, harjanne sekä sivukaltevuus. Lisäksi testattiin tulosten nopeusriippuvuutta mittaamalla samat kohteet kahdella eri nopeudella. Mittaustulokset ja niitä vastaavat analyysit on eritelty tunnuksin A, B ja C, missä A kuvaa uran nykyistä mitta- ja laskentatapaa, B nykyistä mitta- ja laskentaleveyttä, mutta jatkuvalla poikkiprofiililla ja C mukautuvaa mitta- ja laskentaleveyttä jatkuvalla poikkiprofiililla.

Tosimitatestin kolme päätulosta olivat kunkin tunnusluvun osalta toistettavuus, nopeusriippuvuus ja suhde referenssiin. Testiä varten mitattiin kuusi yhden kilometrin pituista kohdetta kahdella eri nopeudella viiteen kertaan. Mittauskertaa kohti havaintoja kertyi 56 kpl. Toistettavuuksia arvioitiin toistoista laskettujen varianssien keskiarvon ja hajonnan perusteella. Toistettavuutta kuvaava tunnusluku oli variaatiokerroin eli toistojen hajonnan suhde keskiarvoon. Laitteiden toistettavuudet asettuivat referenssilaitteiden tasolle siten, että osalla ne olivat parempia ja osalla huonompia. Kaiken kaikkiaan ne olivat kuitenkin hyviä. Nopeusriippuvuutta testattiin tarkastelemalla eri nopeuksilla mitattujen (60 km/h ja 80 km/h tai 40 km/h ja 60 km/h) tulosten keskiarvoja. Kaikille tuloksille oli tyypillistä, ettei nopeusriippuvuutta ollut. Suhdetta referenssilaitteisiin tarkasteltiin keskiarvojen avulla.

Lisäksi erilaisille laitekoonpanoille tehtiin ns. mitta- ja laskentajärjestelmän toimivuusanalyysi, jossa testattiin eri laitekoonpanojen toimivuutta yhdessä GageRR-testillä. Lopuksi tarkasteltiin laitteiden toistettavuutta ja yhdenmukaisuutta uusien päällysteiden laatumittauksiin tarkoitettuja PANK-kriteerejä vasten. Keskiarvojen perusteella kaksi laitetta, RST57 ja ViaPPS, olivat samalla tasolla referenssilaitteiden tulosten kanssa. Toisaalta muut laitteet, RDSV, FGI ja VMX, tuottivat selvästi suurempia uratuloksia samalla vakiomitta- ja laskentaleveydellä. Niiden uratulokset oli laskettu poikkisuunnassa jatkuvaa profiilia käyttäen, mikä viittaisi siihen, että sillä olisi uratuloksia kasvattava vaikutus. Mitta- ja laskentajärjestelmänä laitekoonpano 1 (P6g+RST21+RST57+ViaPPS) toimi erinomaisesti. PANK-vaatimukseen nähden RST57 oli rajoilla. Laitetekoonpano 2 (RDSV+FGI+CoE+VMX) toimi GageRR-testin mukaan kohtalaisesti, mutta ei mahtunut PANK-kriteerien tasoero- ja vaatimukseen. Laitteiden korrelaatiot referenssituloksiin nähden olivat hyvät, mutta tasoerot liian suuria. Kaikkien laitteiden toimivuus yhdessä oli GageRR-testin mukaan hyväksyttävyyden rajoilla (GageRR

noin 30%). Käytännössä tulos ei kuitenkaan ollut hyvä, sillä valvotuissa ja rajatuissa testiolosuhteissa tuloksissa pitäisi olla enemmän marginaalia hyväksymiskriteeriin verrattuna.

Testin toisessa osassa tarkasteltiin kunkin laitteen tuottamaa tuotantolaatua mittaamalla 139 km pituinen lenkki kahteen kertaan ja vertaamalla eri mittauskertojen tuloksia toisiinsa. Mittauskertojen välisistä eroista laskettiin poikkeamia nykyisen mittausurakan laatuvaatimusten mukaisesti. Maksimiurasta laskettiin suurten poikkeamien ja tavanomaisten poikkeamien määrät, joita saa laatuvaatimusten mukaan olla enintään 5 % ja 10 %. Kaikki laitteet täyttivät nämä laatuvaatimukset. VMX-1HA:n ja RDSV:n poikkeamien osuus oli lähes nolla ja tuotantolaatu erinomaista. RST57:lla ja ViaPPS:lla poikkeamia oli myös vähän. ViaPPS:llä poikkeamia oli enemmän harjanteessa ja sivukaltevuudessa. Suurempi mittausleveys huononsi tuotantolaatua verrattuna 3,2 m mittausleveyteen.

Yhteenvedona voitiin todeta, että laitteet toistivat itseään hyvin, eikä tuloksissa havaittu nopeusriippuvuutta. Kaksi laitetta tuottivat vakiomittausleveydellä, 3,2 m, melko hyvin yhteneväisiä tuloksia referenssilaitteiden kanssa ja muilla oli enemmän tai vähemmän tasoeroa. Suurempi mittausleveys kasvatti tasoeroja referenssilaitteeseen nähden. Jatkuvan poikkiprofiilin vaikutusta verrattuna 17 pisteen käyttöön kasvatti uratuloksia hiukan. kaikki laitteet täyttivät maksimiuran tuotantolaadulle asetetut vaatimukset, mutta vain neljällä oli riittävästi laatumarginaalia verkkotason tuotantomittauksiin.

Vastaukset työn tavoitteena olleisiin kysymyksiin olivat tutkimuksen perusteella, että laitteiden RDSV, RST57, ViaPPS ja VMX-1HA laadullinen suorituskyky oli nykytekniikkaa parempi. Kuitenkin vain kahden keskimmäisen laitteen, RST57 ja ViaPPS, tulokset tukivat Liikenneviraston tietojärjestelmissä olevan kuntotiedon jatkuvuutta ilman erillisiä korjaustoimia.

Pertti Virtala, Pauli Alanaatu och Eeva Huuskonen-Snicker: Jämförelse av olika spårdjupmätningstekniker. Trafikverket, drift och underhåll. Helsingfors 2018. Trafikverkets undersökningar och utredningar 17/2018. 66 sidor och 4 bilagor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-530-3.

Sammanfattning

Syftet med detta projekt var att studera ny spårdjupmätningstekniks förmåga att mäta spår i vägytan. Det sekundära målet var att ta reda på olikheterna mellan olika mätningssystem. Två olika test utfördes. I det första testet mättes sex en kilometer långa vägsektioner, totalt 56 observationer, med två olika hastigheter, fem gånger vardera. Resultaten jämfördes med referensdata. I det andra testet mättes 24 vägsektioner med en total längd på 139 km två gånger. Skillnaderna mellan dessa två åtgärder analyserades enligt kvalitetskraven i Vägmätningen av undersökningskontrakt 2014-2019.

Fyra (Roadscanners, Terratec, SolidPotato och Nordic GeoCenter) mätningssbolag deltog i testerna med en mätningseenhet baserad på skannerteknik (RDSV, ViaPPS, FGI-Europarådet och VMX) och ett mätningssbolag (Ramböll) med en enhet baserad på linjelaser-teknik (RST57). Testet bestod av två delar. I den första delen testades repeterbarheten och hastighetsberoendet för varje enhet. Referensteknik var Destias P69 och Rambölls RST21. Fem variabler, vänster spår, max spårdjup, höger spår, backighet och tvärfall, testades. Standardmåtets bredd var 3,2 m. Tre spårberäkningsalgoritmer användes: Konstant mätbredd 3,2 m med 17 punkter (A), konstant mätbredd med kontinuerlig tvärprofil (B) och fri mätbredd med kontinuerlig tvärprofil (C).

Repeterbarheten hos alla enheter var bra. Resultatet visade inget märkbart hastighetsberoende. Två anordningar (RST57 och ViaPPS) gav samma resultat som referenstekniken och tre anordningar (RDSV, FGI-CoE, VMX-1HA) producerade 1–5 mm högre resultat. Det gjordes en mätningssystemanalys (MSA) av alla sammansatta mätningssanordningar. Testet klassificerade fem anordningar i två separata kategorier. RST57 och ViaPPS med referenstekniken P69 och RST21 bildade ett giltigt mätningssystem, som kallades system 1. Mätningssystemets repeterbarhet och reproducerbarhet definierades enligt värdet GageRR%. GageRR% är förhållandet av mätfelet dividerat med den totala variationen som multipliceras med 100 enligt standard ISO 5725. GageRR% för mätningssystem 1 och det maximala spårdjupet var 10 %, vilket ansågs vara mycket bra. Den andra uppsättningen av lika enheter kallades mätningssystem 2, och för det användes tre anordningar: RDSV, FGI-CoE och VMX-1HA. GageRR% av system 2 för det maximala spårdjupet var 17 % vilket är acceptabelt i jämförelse med tröskelvärdet på 30 %. Skillnaderna i det maximala systemet var emellertid ganska stora.

I det andra testet testades enheternas förmåga att göra produktionsmätningar. Skillnaden mellan produktions- och kontrollmätningar analyserades. Skillnader som överskred ett tröskelvärde ansågs vara en avvikelse. Kriteriet för normala avvikelser var 10 %, och för stora avvikelser 5 %.

Samtliga fem företag kunde producera resultat i önskad form. Alla företag (Ramböll/RST57, Terratec/ViaPPS, Roadscanners/RDSV, SolidPotato/FGI-Europarådet, och Nordic Geocenter/VMX-1 ha) uppfyllde alla kvalitetskrav. Den bästa enheten var Nordic Geocenters VMX-1 ha, som hade den minsta mängden avvikelser för alla variabler. Mätning av spår med bredare än 3,2 m mätbredd gav inte bättre kvalitet än förväntat.

Pertti Virtala, Pauli Alanaatu, Eeva Huuskonen-Snicker: Comparison of five high speed rut measurement techniques. Finnish Transport Agency, Maintenance Department. Helsinki 2018. Research reports of the Finnish Transport Agency 17/2018. 66 pages and 4 appendices. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-530-3.

Abstract

The aim of this project was to find out the capability of new high-speed road survey techniques. The secondary aim was to find out how different new techniques support the historical condition data which are in the databases of Finnish Transport Agency. Two different tests were conducted. In the first test, six one kilometer sections, totaling 56 observations, were measured with two different speeds, five times each. Results were compared to the reference data. In the second test, 24 road sections with the total length of 139 km were measured twice. Differences of those two measurements were analyzed according to the quality requirements of the Finnish Road Surface Survey Contract 2014-2019.

Four companies (Roadscanners, Terratec, SolidPotato and Nordic Geocenter) participated in the test with a device based on the scanner technology (RDSV, ViaPPS, FGI-CoE, and VMX), and one company (Ramböll) with a device based on the line laser technology (RST57). The test was composed of two parts. In the first part, the repeatability and the speed dependence of each device were tested, and differences of each device to the reference data were compared. Reference devices were Destia's P69 and Ramböll's RST21. Five variables, left rut, maximum rut, right rut, ridge, and cross slope, were tested. The default measurement width was 3.2 m. Three rut calculation algorithms were used: constant measurement width 3,2 m with 17 points (A), constant measurement width with continuous transversal profile (B) and varying measurement width with continuous transversal profile (C).

The repeatability of all devices was good. There was no significant speed dependence in results. Two devices (RST57 and ViaPPS) gave equal results with the reference data and other devices (RDSV, FGI-CoE, VMX) produced 1-5 mm higher results. A Measurement System Analysis was applied to study if the measurement system having all devices was acceptable or not using the GageRR-test. The test classified devices into two separate categories. RST57 and ViaPPS with the reference devices P69 and RST21 formed a valid measurement system, which was called system 1. The repeatability and reproducibility of a measurement system was justified according to the value of GageRR%. GageRR% is the relation of the measurement error divided by the total part to part variation multiplied with 100 according to ISO 5725. The GageRR% of the measurement system 1 for the maximum rut depth was 10 %, which was considered very good. The other set of equal devices was called measurement system 2, which had three devices: RDSV, FGI-CoE and VMX-1HA. The GageRR% of the system 2 for the maximum rut depth was 17 %, which is acceptable in comparison with the threshold value of 30 %. However, the differences in maximum rut depth results were quite high for the devices of measurement system 2. Therefore, only the device of the measurement system 1 would provide data supporting the continuity of the existing historical rutting data.

In the second test, the capability of a company-device combination to perform production measurements with a larger scale was studied. Difference of production and control measurements was analysed. Differences exceeding a threshold value were considered as a deviation. The criteria for normal deviations for maximum rut was 10 % and the criteria for big deviations was 5 %.

All five companies were able to do measurements and produce results in a requested form. All companies (Ramböll/RST57, Terratec/ViaPPS, Roadscanners/RDSV, SolidPotato/FGI-CoE, and Nordic Geocenter/VMX-1HA) passed the quality requirements fully. The best device was Nordic Geocenter's VMX-1HA, which had an exceptionally low amount of deviations for all rut variables. Wider than 3.2 m measurement width did not produce better quality as was expected.

Esipuhe

Työssä verrattiin laserskannaus- ja viivalasertekniikalla toimivien laitteiden tuloksia pistelasertekniikalla saataviin tuloksiin.

Työn tilaajana oli Liikennevirasto ja sen toteuttajana Destia Oy. Työtä ohjasi Juho Meriläinen ja raportin on kirjoittanut Pertti Virtala. Analyysien tekemisessä on avustanut Eeva Huuskonen-Snicker, ja mittausten tekemisestä vastasi Pauli Alanaatu. Vertailussa oli mukana laitteita Rambollilta, Roadscannersilta, Terrateciltä, SolidPotatolta ja Nordic Geocenteriltä.

Helsingissä huhtikuussa 2018

Liikennevirasto
Kunnossapito-osasto

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	10
2	TAVOITE.....	11
3	VALMISTELUT	12
3.1	Ennakkoinfon laatiminen	12
3.2	Perustekniikan ja sen tuottamien tunnuslukujen esittely.....	12
3.3	Uusien mittaustekniikoiden kartoitus.....	12
3.3.1	Nordic Geocenter Oy – VMX-1HA	14
3.3.2	Solid Potato oy - FGI CoE-LaSR	15
3.3.3	Roadscanners Oy – RDSV	16
3.3.4	Terratec oy – ViaPPS.....	17
3.3.5	Ramböll – LCMS.....	20
3.4	Osallistumisohjeen laatiminen	22
3.5	Osallistuneet laitteet.....	22
4	TOSIMITTATESTI.....	23
4.1	Testin tavoitteet.....	23
4.2	Testin järjestelyt	23
4.2.1	Laatuvaatimusten määrittäminen	23
4.2.2	Laatuvaatimukset	23
4.2.3	Kohteiden valinta.....	24
4.2.4	Testikohteiden liikennejärjestelyjen suunnittelu ja toteutus.....	24
4.2.5	Testikohteiden referenssimittaukset.....	25
4.2.6	Testin toteuttamisen ohjaus ja valvonta.....	26
4.2.7	Tulosten laskennan ohjeistus.....	26
4.2.8	Tulosten käsittely ja analysointi.....	27
4.3	Tulokset	27
4.3.1	Referenssitulos	28
4.3.2	Toistettavuudet.....	34
4.3.3	Nopeusriippuvuudet	38
4.3.4	Suhde referenssiin	38
4.3.5	Laitekoonpano 1 (REF_D+REF_R+RST57+ViaPPS)	42
4.3.6	Laitekoonpano 2 (RS/RDSV+SP/FGI-CoE+NG/VMX)	46
4.4	Yhteenveto tosimitattestistä	50
4.4.1	Toistettavuus.....	50
4.4.2	Nopeusriippuvuus	50
4.4.3	Poikkeama referenssistä	50
4.4.4	Jatkuvan poikkiprofiilin ja mukautuvan leveyden vaikutus	52
4.4.5	Mittausleveyden vaikutus	52
5	TUOTANTOMITTAUSTESTI	53
5.1	Testin tavoitteet.....	53
5.2	Testin järjestelyt	53
5.2.1	Kohteet	53
5.2.2	Laatuvaatimukset	53
5.2.3	Testikohteiden liikennejärjestelyjen suunnittelu ja toteutus.....	54
5.2.4	Testikohteiden referenssimittaukset.....	55
5.2.5	Vertailun toteuttamisen ohjaus ja valvonta.....	55
5.2.6	Tulosten laskennan ohjeistus.....	55

5.2.7	Tulosten käsittely ja analysointi	55
5.3	Tulokset.....	55
5.3.1	Mittausten määrä (mittausleveys 3.2m)	55
5.3.2	Tuotantolaatu	56
5.3.3	Tasoerot vakiomittausleveydellä 3,2 m.....	61
5.4	Yhteenveto tuotantomittauskelpoisuudesta	62
5.4.1	Datan toimitus.....	62
5.4.2	Datan käsittely.....	62
5.4.3	Tuotantolaatu	62
6	YHTEENVETO.....	64

LIITTEET

Liite 1	Referenssidata
Liite 2	Lyhyiden kohteiden vertailutuloksia
Liite 3	Pitkän lenkin tuloksia
Liite 4	Tuotantolaatu omalla mittausleveydellä

1 Johdanto

Päällystettyjen teiden kunnonhallinta on perustunut pistelaser tekniikalla tehtäviin kuntomittauksiin jo vuodesta 2003 lähtien. Pistelaser-tekniikka toimii pistelaser-antureilla ja tuottaa tien poikkisuunnassa vain rajatun määrän havaintoja. Tekniikka on ollut jo pitkään käytössä ja se on vakiintunut ns. perustekniikaksi. Uusia tekniikoita on kuitenkin tulossa markkinoille ja niiden käyttökelpoisuuden selvittäminen on ensi askel niiden käytön yleistymiseksi.

Liikennevirasto on käynnistänyt kolmivuotisen digitalisaatiohankkeen, jonka tavoitteena on uudistaa liikenne-, väylä- ja liikkumistietojen tuottamisen, ylläpitämisen ja jakelun prosesseja. Uudistamisessa hyödynnetään nykyaikaisia teknologioita ja menetelmiä. Digitalisaation yksi osahanke on ”Tieverkon ennakoiva kunnonhallinta ja tiestötietojen ylläpitojärjestelmän kehittäminen.” Sillä uudistetaan liikenne-, väylä- ja liikkumistietojen tuottaminen, ylläpitäminen ja jakelu. Lisäksi hanke raivaa tietä liikenteen uusille palveluille ja automaattiajamiselle. Teknologian avulla Liikennevirasto saa käyttöönsä aikaisempaa ajantasaisempaa tietoa väylien kunnosta, käytettävyydestä ja käytöstä. Tietoa kerätään väylän koko elinkaarelta. Esimerkiksi tietomallipohjainen väylien rakentaminen tuottaa jo varhaisessa vaiheessa kattavat lähtötiedot omaisuudenhallinnalle. Kerättyä dataa hyödynnetään Liikenneviraston toiminnan kehittämisessä. Tarkemman ja ajantasaisen tiedon avulla esimerkiksi väylien korjaustoimenpiteet on helpompi kohdentaa ja ajoittaa. Tieto-omaisuuden laatu paranee ja määrä kasvaa, jolloin on mahdollista tehdä analyysejä ja simulointia liikenteen hallinnan ja kunnossapidon osalta.

Tieverkon ennakoivan kunnonhallinnan ja tiestötietojen ylläpitojärjestelmän kehittämishankkeen tavoitteet ovat:

- Kehittää uusia automatisoituja tiedonkeruuprosesseja tukemaan väylien kunnon hallintaa. (Kunnonhallinnan uudet tiedot)
- Uudistaa väylätietojen perusrekisterit ja tietojärjestelmät palvelemaan digitaalisoituja suunnittelun, liikenteen hallinnan ja väylänpidon prosesseja. (Tiestötietojen ylläpito)
- Kehittää hankkeen läpiviennin sähköinen toimintamalli ja ottaa käyttöön infamallin ja 3D-aineistojen hallintaa ja hyödyntämistä mahdollistavat toimintamallit kattamaan koko väylän elinkaaren. (Suunnittelun digitalisointi)
- Sähköisen toimintamallin kehittäminen sekä urakoitsijoiden raportoinnin kehittäminen digitaaliseksi, mobiiliksi ja ajantasaiseksi. (Hankinnan digitalisointi)

Tämä selvitys liittyy ainakin ensimmäiseen ja kolmanteen osatavoitteeseen.

2 Tavoite

Työn tavoitteena on selvittää uusien mittaustekniikoiden suorituskyky perustekniikkaan verrattuna päällysteiden palvelutasomittauksissa ja mitkä eri tekniikat tukevat Liikenneviraston tietojärjestelmissä olevan kuntotiedon jatkuvuutta aiempiin tuloksiin verrattuna. Uusien mittaustekniikoiden soveltuvuutta verrataan perinteiseen tekniikkaan tosimitatestillä. Sen lisäksi eri mittaustekniikoiden soveltuvuutta verkkotason mittauksiin testataan mittauttamalla suurempi määrä tiestöä useampaan kertaan ja tarkastelemalla tuloksia sekä niiden laatua.

Testin tavoitteena on myös toimia hyväksymistestinä seuraavana vuonna tilattaville pilottimittauksille. Testissä tarkasteltiin, että osallistuvan laitteen mittaustekniikka toimii ja on laadukasta. Sen on myös tuotettava jatkuva pituussuuntainen profiili ja nykyiset tunnusluvut. Uusilla laitteilla tuotettujen tulosten suhde nykytekniikalla tuotettuihin tuloksiin pitää olla tietyissä rajoissa. Lisäksi vaatimuksena on mittausten ja tulosten toimituksen sujuvuus sekä tuotettujen tunnuslukujen paikkatiedon oikeellisuus.

3 Valmistelut

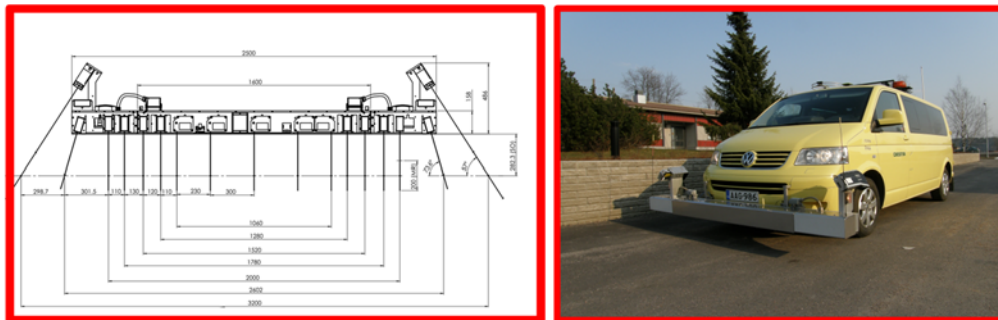
3.1 Ennakkoinfon laatiminen

Testiin osallistujille lähetettiin huhtikuussa 2017 ennakkoinfoa, johon sai esittää kysymyksiä myöhemmin pidettävässä esittelytilaisuudessa 30.5.2017.

3.2 Perustekniikan ja sen tuottamien tunnuslukujen esittely

Päällysteiden palvelutason mittauksissa on nykyisin käytössä pistelasertekniikalla varustettu mittaustaite. Siinä on etupalkki, jossa on 17 pistelaseranturia 11-30 cm välein toisistaan. Yhteensä mittaussleveys on noin 3,2 m. Anturihavainntoja saadaan tien pituussuunnassa noin millin välein. Ne keskiarvoistetaan ensin noin 4/10 cm:n välein. Antureiden pystysuuntainen resoluutio on 0,1 mm (16 kHz) tai 0,05 mm (64 kHz), pituussuuntainen havaintojen ottoväli 0,25-1 mm ja poikkisuuntainen havaintojen ottoväli 11-30 cm.

Tärkeimmät poikkisuunnan tunnusluvut ovat vasen urasyvyys, oikea urasyvyys, maksimiura, harjanne ja sivukaltevuus. Mittausperiaatteet on esitetty Päällysteiden palvelutasomittaukset 2014-2019 mittausurakan sopimusasiakirjoissa sopimuksen liitteessä 2 ”Määrittelyt”.



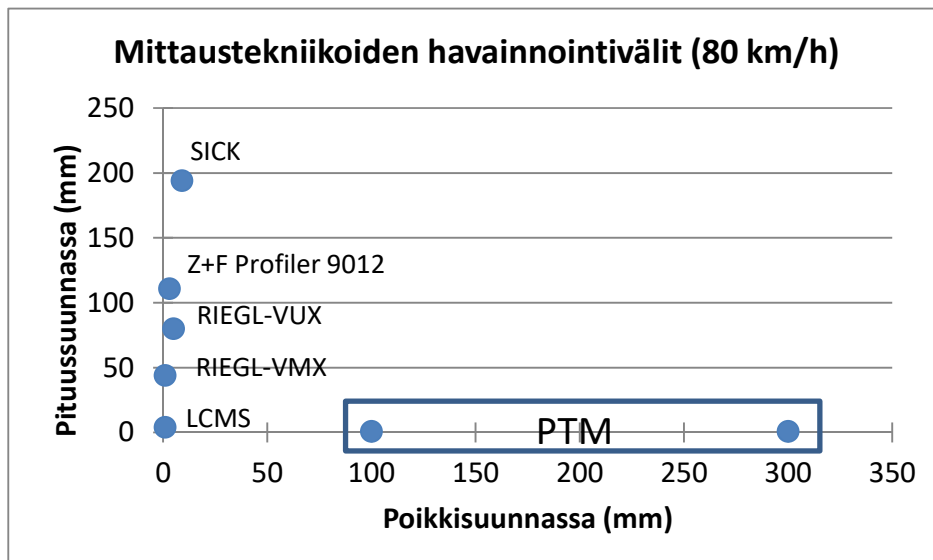
Kuva 1. Nykyinen mittaustekniikka.

3.3 Uusien mittaustekniikoiden kartoitus

Uusien mittaustekniikoiden kartoitus pohjautui vertailuun ilmoittautuneiden yritysten tarjoamista laitteista. Vertailuun ilmoittautui määräajassa viisi eri yritystä, joilla oli tarjottavana seuraavan taulukon mukaiset mittausteitteet. Neljän tarjotun laitteen havainntointi perustuu laserkeilaukseen ja yhden perustuu 3D-lasertekniikkaan. Kahden yrityksen laitteet perustuvat Riegl:n havainntointitekniikkaan, yhden SICK-tekniikkaan ja yhden Z+F Profiler -tekniikkaan.

Taulukko 1. Tarjotut laitteet.

Yritys	Laitteen nimi tai tunnus	Mittausperiaate	Pinnan mittauksen havainnointilaite
Nordic Geocenter		Mobiililaserkeilaus	Riegl-VMX-1HA
Solid Potato	FGI CoE-LaSR	Mobiililaserkeilaus	Riegl-VUX-1HA
Roadscanners	RDSV tieklinikka	Laserkeilaus	SICK LMS511-HR
TerraTec Oy	ViaPPS	Mobiililaserkeilaus	Z+F Profiler 9012
Ramboll	RST57	3D sensor	LCMS



Kuva 2. Yhteenveto eri laitteiden havainnointitekniikoiden pisteväleistä.

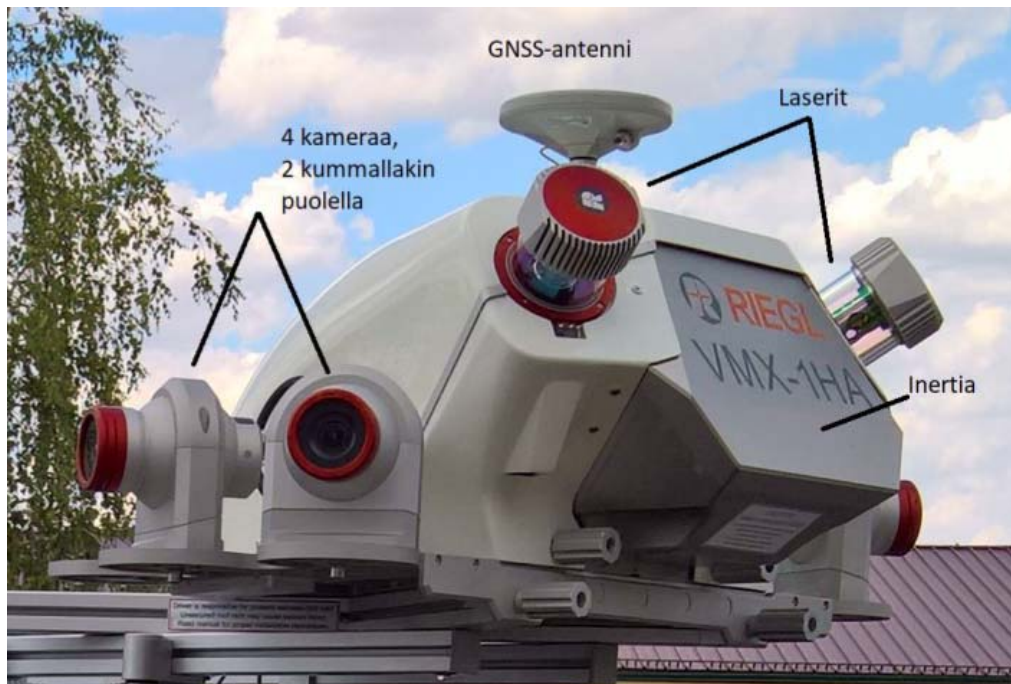
3.3.1 Nordic Geocenter Oy – VMX-1HA

Menetelmässä suoritetaan tieverkon laserkeilaus liikenteen nopeudella liikkuvalla ajoneuvolla. Työn suoritus ei vaadi mitään liikennejärjestelyjä ja voidaan suorittaa milloin tahansa sulan maan aikana. Mittausajoneuvon paikannus ja asennonmääritys tapahtuu GPS- ja inertiatekniikan yhdistelmällä.

Laserkeilaus suoritetaan RIEGLin kehittämällä mobiililaserskannerilla, jossa yhteen runkoon on integroitu Inertia-GPS yksikkö ja kaksi ristikkäistä laserskanneria, jotka yhdessä lähettävät yli 2 miljoonaa mittauspulssia sekunnissa ja monipistetekniikan ansiosta rekisteröivät siitä useita miljoonia pisteitä sekunnissa. Skanneriin integroidut neljä kameraa kuvaavat kohteen samanaikaisesti skannauksen aikana. Kamerat on suunnattu alas takaviistoon ja sivuille. Kameroiden kuvauskulmaa voidaan haluttaessa säätää tarpeiden mukaan. Itävaltalaisen Riegl Laser Measurement Systemsin mobiililaserkeilausjärjestelmä koostuu kahdesta Riegl VUX-1HA laserkeilaimesta ja Applanix AP-60 inertia-GNSS-yksiköstä. Lisäksi järjestelmään voi integroida muita sensoreita kuten RGB-kameroita, mutta mittauksen perusta on GNSS-inertia-laserlaitteistossa. PTM-mittaukset suoritettiin alla olevan kuvan mukaisella laitteistolla.

Laitteisto on Riegl VMX-1HA:

<http://www.riegl.com/nc/products/mobile-scanning/produktdetail/product/scanner/53/>



Kuva 3. Riegl VMX-1HA havainnointilaitteisto.

RIEGL VMX-1HA mobiililaserskannerin skannausnopeus on yli 2 miljoonaa pistettä per sekunti/ 500 poikkileikkausta per sekunti. Tien pinnasta laite tuottaa tuon 2 miljoona pistettä per sekunti. Mikäli halutaan hyödyntää skannerin tuottamaa aineistoa tien pinnan ulkopuolisilta alueilta, luiskat, ojat, tien rakennettu infra, molemmat skannerit pystyvät tuottamaan maksimissaan 6 miljoonaa pistettä per sekunti. RIEGLin monipistemitäus tuottaa peitteisissä kohdissa useita perättäisiä mittauspisteitä säteen etenemissuunnassa kohdatessaan risuja tai heinikkoa. Rieglin digitaalinen pulssimitäus-

tekniikka ei keskiarvota pisteitä, vaan signaalianalyysin keinoin aallonmuodon analyysillä jokainen piste käsitellään erikseen palautuvan kaiun muodon perusteella. Tällä tekniikalla mittaustarkkuus pysyy vakiona riippumatta laserin kohtauskulmasta mitattavassa pinnassa. Järjestelmässä on kaksi 1 MHz:n laserskanneria rakennettu samaan laiterunkoon. Skannerit on asennettu toisiinsa nähden kallistettuun V-asentoon, jolloin kaikki pienimmätkin ja ohuimmatkin kappaleet skannautuvat pistepilveen. Laitteen rungon sisälle on lisäksi asennettu APPLANIX AP 60 Inertia-navigointiyksikkö ja päälle GNSS paikannuslaite. Kaksi skanneria tuottaa tien pintaan salmiakinmuotoisen kuvion. Mitta-aineiston tiheys eli resoluutio esimerkiksi 80 km/h nopeudella on yhden skannerin osalta menosuuntaan nähden 89 mm, joten kahden skannerin muodostaman salmiakkikuvioisen poikkileikkausdatan tiheys ajosuunnassa on keskimäärin 44 mm. Poikkileikkausraidalla pisteiden väli on keskimäärin 4 mm.

Mitattu aineisto käsitellään jälkilaskennalla halutun tarkkuuden saavuttamiseksi. PTM-mittauksen tarkoitukseen pistepilviaineistosta on mallinnettu tien pinta, joka on menosuunnassa jaettu 10 cm osiin. Tältä osalta on keskiarvolla laskettu PTM-mittaukseen vaaditut parametrit. Käytännössä tienpinnan muoto on mitattu hyvin yksityiskohtaisesti mukaan lukien poikkittäiskallistumat ja pitkittäiskallistumat, jolloin pintaa analysoidaan samaa aineistoa voidaan hyödyntää muissakin mittaustehtävissä. Aineistosta on määritettävissä urien muoto, tarkka poikkittäis- ja pituuskallistuma ja sekä tarkka geometria ja niiden kautta esimerkiksi lätäköityminen.

3.3.2 Solid Potato oy - FGI CoE-LaSR

Laitteisto Riegl VUX-1HA keilain, joka tuottaa miljoona pistettä sekunnissa. Integroituna navigointitason inertiajärjestelmään. Koska peräkkäisten pyyhkäisyjen väli on 4 ms, laitteella saadaan 4 sentin välein uusi poikkiprofiili ajattaessa 40 km/h ja 8 sentin välein ajattaessa 80 km/h, mitkä ovat alle vaadittavan 120 mm. Profiilista saadaan auton vierestä 4-5 mm välein poikkiprofiilipiste ja tien reunasta n. 1 cm välein poikkiprofiilipiste. Yksittäisen poikkiprofiilipisteen mittaustarkkuus on 2-3 mm ja lasersäteen (divergenssi) koko on 4-5 mm.

Prosessi on seuraava:

- georeferointi (absoluuttinen paikannus), minkä jälkeen hyvissä GNSS olosuhteissa tiedetään jokaisen pisteen paikan 5 cm absoluuttisella tarkkuudella.
- paikannus suhteessa keskilinjaan ja asfaltin reunaan. Aineistoista käsitellään keskilinja ja asfaltin reuna. Muut mittauksen suhteutetaan tähän.
- Koska mittausjärjestelmä tuottaa tarkan paikannuksen, ei tielinjan pituudella ole merkitystä. Ja mittauksen ovat koordinaatistossa, josta ne voidaan muuttaa tieosoitejärjestelmään.
- Tämän jälkeen 4-10mm välein tuotetuista poikkiprofiilipisteistä ja 40-80mm välein tulevista uusista poikkiprofiileista voidaan laskea halutut tunnusluvut perinteisen tilastomatematiikan keinoin. Tulokset voidaan tuottaa myös 17 pisteestä halutulla geometrialla. Tässä tapauksessa lähempänä olevia mittauksia (17 pisteen määrätymispisteet) painotetaan enemmän kuin kauempana olevia.
- Liitteessä 3 mainitut tunnusluvut tuotetaan halutulle tiepituudelle huomioiden Päällystettyjen teiden palvelutasomittaus (PTM) 2014 – 2019, PTM -muuttujien määrittelyt ja tallennus-formaatti (26.11.2013) ja ml. muut mittauksiin liittyvät määreet.
- Toistomittauksissa tienpinnasta tehdä pintamalli, joka sovitetaan toisiinsa, näin voidaan poistaa mahdollinen systemaattinen ero.

3.3.3 Roadscanners Oy – RDSV

Road Doctor Survey Van (RDSV) on tiestömittauksiin kehitetty ”tieklinikka”. Kyse on normaalin liikennevirran mukana ajettavasta pakettiautosta, joka mittaa kaiken tien analysoinnissa tarvittavan tiedon lasereilla, maatutkalla, video- ja infrapunakameroilla sekä kiihtyvyyssantureilla. Tässä dokumentissa keskitytään laserkeilaimeen, jolla mitataan tien (päällysten) poikkiprofiilia.

Laserkeilain mittaa tien poikkiprofiilin koko tiealueelta. Mittauksista tuotetaan erityisesti tiestömittauksiin optimoitu 3D-pistepilvi, josta voidaan tuottaa hyvin monenlaisia päällysten pinnan poikkiprofiilin tunnuslukuja. Päällysten pinnan poikkiprofiilin tunnuslukujen lisäksi RDSV tuottaa lukuisia tien poikkiprofiilin tunnuslukuja, kuten ojan syvyys, reunapalle ja luiskien kaltevuus. Tässä dokumentissa kuvataan tarkemmin vain päällysten poikkiprofiilin tunnuslukuja – tien poikkiprofiilin tunnusluvut voidaan tuottaa mittausaineistosta tarpeen mukaan erikseen sovittaessa.

RDSV auton paikannus tapahtuu GNSS + RTK + IMU -tekniikkaa käyttäen. Järjestelmässä on mukana lisäksi etäisyysmittari, joka mittaa kuljettua matkaa renkaaseen kiinnitetystä anturista. Etäisyysmittari kalibroidaan Liikenneviraston ylläpitämien mittaratojen avulla. GNSS paikannus yhdessä etäisyysmittarin tietojen avulla mahdollistaa laadukkaan etäisyystiedon saamisen.



Kuva 4. Roadscannersin RDSV-mittauslaite.

Mitattaessa antureiden toimintaa tarkastellaan mittausjärjestelmässä jatkuvasti ja mahdollisista huomioista ilmoitetaan mittaajille automaattisella virheilmoituksella. Näin voidaan varmistua, että kaikki aineisto tulee kerättyä mittauksen aikana.

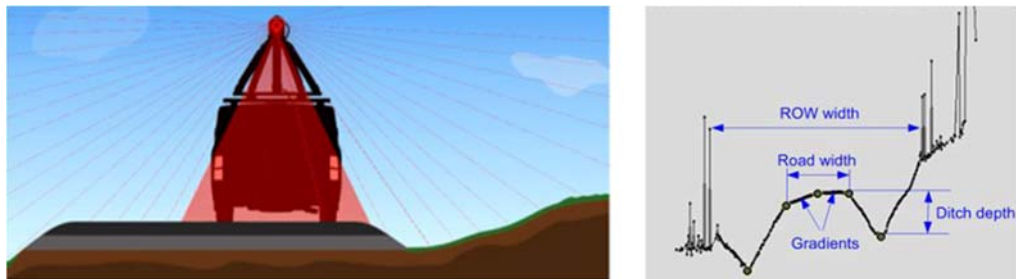
Poikkiprofiilin mittausmenetelmä itsessään perustuu laserkeilaimeen, joka tuottaa tietoa 100 Hz:n taajuudella. Ajettaessa esim. 70km/h, mittauspisteitä tulee pituussuunnassa 194 mm välein. Mittausdatasta tuotetaan laskettavaa tunnuslukua varten optimaalinen ”ruudukko”. Tietopyynnön kappaleessa 2.1 Vaihe 1 mainitaan pituussuunnasta mittaustiheydestä seuraavasti ”Poikkiprofiilit ja tunnusluvut tuotetaan 100 mm välein, josta ne keskiarvoistetaan 10m ja edelleen 100 m jaksoille, paitsi sivukaltevuus,

joka lasketaan 10m ja 50m keskiarvona”. Ehdotamme 100 mm pituussuuntaista mitausvälin vaatimusta uudelleen pohdittavaksi, sillä lopputulosta tarkastellaan 10m, 50m ja 100m jaksojen keskiarvona. Poikkiprofiilin leveydeksi mainitaan 3,2m ja siinä vaatimus on ”vain” 17 mittapistettä eli keskimäärin 188 mm välein. Mikäli kaistalta otetaan 3,2 m levyinen neliönmuotoinen alue – eniten ja oleellisimmat muutokset tapahtuvat poikkileikkaussuunnassa. Poikkisuuntaisten mittauspisteiden harvuus Greenwoodin laitteistossa tulee tuottamaan tietyissä tieprofiileissa pientä tasoeroa suhteessa RDSV-kalustolla laskettuun tasoon.

Menetelmän laaduntuottokykyä parantaa lisäksi mahdollisuus ajolinjan vaikutuksen eliminointiin tien reunaviivojen avulla. Mittalaite tunnistaa reuna- ja keskiviivan, joten uraisuus voidaan laskea joko ”viivasta viivaan” tai annetuilla etäisyyksillä niistä. Vaikka toimintoa ei käytettäisikään jatkuvasti, sen avulla voidaan helposti visualisoida mittaajien välisiä eroja esimerkiksi koulutustarkoituksiin.

Poikkiprofiilin tunnusluvut lasketaan mukaillen Liikenneviraston laatimia PTM mitausohjeita. Merkittävin poikkeama ohjeisiin on 17 mittapisteen korvaaminen 100 mm välein lasketuilla mittapisteillä. Laserkeilain tuottaa pisteitä merkittävästi tiheämmin, mutta prosessointivaiheessa poikkileikkaus harvennetaan 100 mm väleille laskemalla keskiarvot ko. väleiltä. Keskiarvoistusmatkat ja määrät ovat tapauskohtaisesti määritettävissä mutta käytännössä olemme saaneet erinomaisia tuloksia jakamalla kaista 100 cm x 10 cm ruudukkoon ja muodostamalla siitä poikkiprofiilit. Profiilista on laskettavissa uraisuus mm. lanka- ja vesiura menetelmällä.

Tunnuslukuina saadaan maksimiurasyvyys, urasyvyys vasen, urasyvyys oikea sekä harjanne.



Kuva 5. RDSV-laitteen havainnointiperiaate.

3.3.4 Terratec oy – ViaPPS

ViaTech mobiilikeilausjärjestelmä koostuu seuraavista osista (1 vaihe-erolaserkeilain + tekstuuriskanneri+ kamerajärjestelmä). Malli 2015:

- Päällysteen mittauslaite Z+F Profiler 9012(ViaPPS):
 - vaihe-erolaserkeilain, 119 m kantomatka ja 360 asteen keilausala
 - yli 1 miljoona pistettä/sekunti
 - maksimissaan 200 profiilia/sekunti
 - resoluutio 0,1 mm
 - mittaa ja analysoi (perustuu suureen määrään tarkkaa mittaustietoa päällysteen pinnasta:
 - pituus- ja poikkittäisprofiileja
 - urasyvyyttä, uran laajuutta ja tilavuutta
 - poikkittäiskallistus
 - kaarteen säde

- pitkittäinen muodonmuutos
- MPD=profiilin keskisyvyys
- ajoradan leveys
- tiemeraintöjen kunto
- asfaltin huonot saumat
- halkeaman parametrit
- Asfaltin homogeenisuus
- ViaIRI+tekstuurin mittausjärjestelmä
 - o IRI
 - ViaPhoto, kameralaitteisto (kuvantaa kohteen)
 - Applanix POS/LV 610 paikkannus- ja orientointijärjestelmä
 - Ohjainyksikkö
 - Ohjelmisto

The Z+F PROFILER 9012, a compact high-speed phase-based laser scanner with great precision, 119 m range and a 360° field of view. With its scan rate of more than 1 million points per second and maximum scan speed of 200 profiles/sec., very short distances between profiles can be achieved even at high platform speeds.



Kuva 6. Viatech päällysteen kunnonmittausjärjestelmä.

Taulukko 2. Data sheet.

Laser system			
Laser class	1 (according to EN60825-1 / ANSI Z136.1)		
Beam divergence	< 0.5 mrad		
Beam diameter	Approx. 1.9 mm (at 0.1 m distance)		
Ambiguity distance	119 m (above, range reading restarts at zero)		
Minimum distance	0.3 m		
Range resolution	0.1 mm		
Data acquisition rate	Max. 1.016 million pixel/sec.		
Linearity error	≤ 1 mm		
Range drift (full -10° C ... +45° C)	< 2 mm (without reference) < 0.3 mm (with ref.)		
Accuracy			
Target Distance	White (80%) ¹	Grey (37%) ¹	Black (14%) ¹
1 Sigma Range Noise, 0.5 m	0.5 mm	0.8 mm	1.3 mm
1 Sigma Range Noise, 2 m	0.3 mm	0.5 mm	0.8 mm
1 Sigma Range Noise, 5 m	0.3 mm	0.4 mm	0.6 mm
1 Sigma Range Noise, 10 m	0.2 mm	0.3 mm	0.5 mm
1 Sigma Range Noise, 25 m	0.4 mm	0.6 mm	1.1 mm
1 Sigma Range Noise, 50 m	0.9 mm	1.4 mm	3.1 mm
Deflection unit			
Deflection system	Completely encapsulated, rotating mirror		
Vertical field of view	360° un-obstructed		
Angular resolution	0.0088°		
Angular accuracy	0.02° rms ²		
Rotation speed	50 Hz up to 200 Hz (max. 12,000 rpm)		
Settings			
Spindle Speed	200 Hz (12,000 rpm)	100 Hz (6,000 rpm)	50 Hz (3,000 rpm)
Pixel/360°	Data rate / x noise factor ³	Data rate / x noise factor ³	Data rate / x noise factor ³
20,480	---	---	1016 KHz / x 2.8
10,240	---	1016 KHz / x 2.8	508 KHz / x 2.0
5,120	1016 KHz / x 2.8	508 KHz / x 2.0	254 KHz / x 1.4

Z+F PROFILER 9012

Interfaces	
Data storage	Internal 128 GB SATA, 2 x external 32 GB USB flash drive
Data interface	1 GB Ethernet 2 x USB-2.0 (for removable memory sticks)
Data recording time ⁴	1,5h ... 3h for each 32 GB memory ⁵ 6h ... 12h in total for internal 128 GB memory ⁶
Control panel	Remote Controlbox for power on / off, emergency stop and display for status messages
Synchronization interface	<ul style="list-style-type: none"> • External encoder input for wheel sensor (Odometer) • GPS input (PPS pulse + UTC message over RS232) • Linesync output (TTL pulse per profile) • Rotor sync in / out (angular movement of two parallel devices can be synchronized)

Power supply	
Input voltage	PROFILER: 22 - 28 V DC (24 V DC typ.) Power supply: 100 - 240 V AC
Power consumption (24V)	7.0A @ 200Hz; 3.7A @ 100Hz; 3.0A @ 50Hz; 10.5A during rotor speed up

Ambient conditions	
Operating temperature	-10 °C ... +45 °C
Storage temperature	-20 °C ... +50 °C
Lighting conditions	All conditions, from bright sunlight to complete darkness
Humidity	Non-condensing
Protection class	IP 54

Dimensions and weight	
Dimensions (w x d x h)	320 x 260 x 340 mm
Weight	13.5 kg
Mounting flanges ⁷	Flanges on bottom / left / right sides, consisting of: 2 x 6 mm -0.00 / +0.02 mm holes for orientation pins 6 x M6 x 10 mm threaded holes for mounting screws

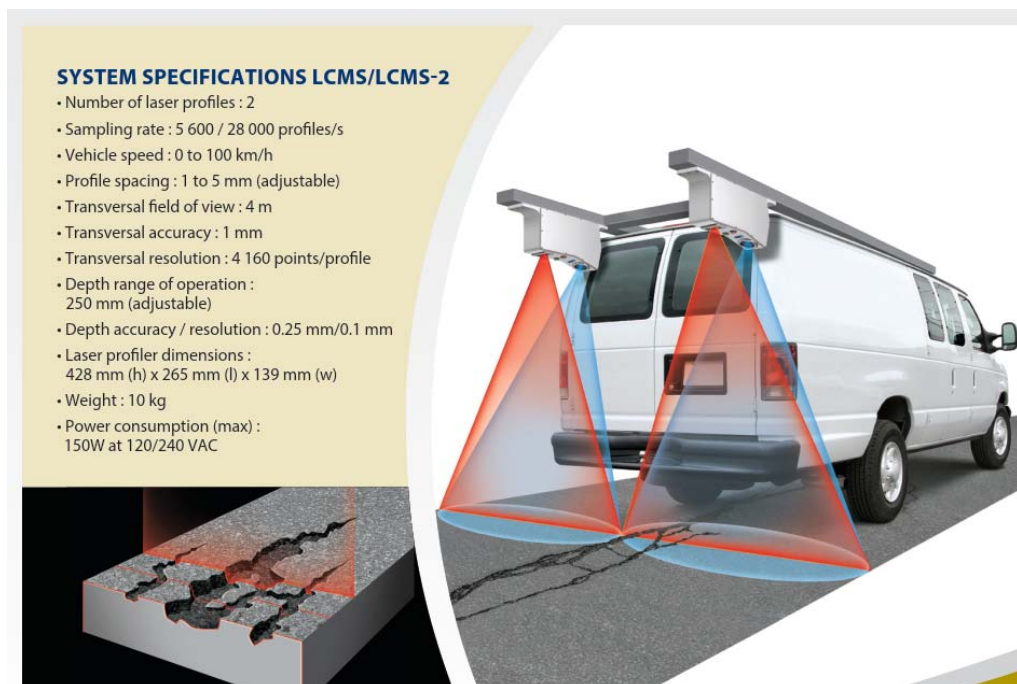
1. Range Noise (1-Sigma Interval) is specified at 127 KHz data rate, which is the standard data rate for any Z+F noise specs. However, these specs have to be converted to the appropriate data rate in KHz (1000 pixel/sec.), see table "settings". Detailed explanation on request – please contact info@zf-laser.com
2. RMS (Root Mean Squared): mean value of squared errors
3. The actual data rate in KHz (1000 pixel/sec.) is stated for each available setting. The Range Noise specs have to be multiplied by the stated factors, yielding the actual 1-Sigma range noise for a particular setting
4. Continuous data recording at max. data rate of 1,016 million pixel/sec., (i.e. 200 Hz spindle speed, 5120 pixel/360° or 100 Hz spindle speed 10,240 pixel/360°)
5. Data compression factor depends on scanned scene
6. Data stream is automatically routed to empty memory in case the selected memory stick is full – 2 x 32 GB are available in total
7. Drawing provided upon request

3.3.5 Ramböll – LCMS

RST Laser mittausjärjestelmä RST57 on Ramböll RST:n rakentama ja keväällä 2017 tuotantokäyttöön ottama laitteisto. Ensimmäinen tämän tyyppinen mittausjärjestelmä rakennettiin ja luovutettiin asiakkaalle 2015. Uusi mittausjärjestelmä perustuu Laser RST-järjestelmään ja siihen on lisätty uusia antureita ja analyysimahdollisuuksia. Mittausjärjestelmä koostuu seuraavassa taulukossa esitetyistä muuttujista:

Laitteen tulokset voidaan raportoida sekä 17 pisteen profiilina, että jatkuvana profiilina. Mittaus suoritetaan normaalin liikenteen nopeudella. Mittaus voidaan aloittaa automaattisesti koordinaateilla tai teipillä sekä manuaalisesti. Kaikki mittausanturit ovat synkronoitu ajan ja matkan suhteen.

Mittausten aikana muuttujat ovat nähtävissä ajoneuvon näytöllä reaaliaikaisesti. Analyysissä käyttäjä voi valita poikkisuuntaisten muuttujien laskennan tiemerkinntöjen sisäpuolelle, sillä laite tunnistaa tiemerkinntät automaattisesti. Analyysi voidaan myös rajata niin, että siinä ei oteta huomioon mitään mikä on päällysteen ulkopuolella. Muuttujat saadaan tyypillisillä PTM:n keskiarvoilla 10m, 20m sekä 100m. Datan prosessointi tehdään samalla ohjelmistolla kuin mitä RST käyttää kaikissa Laser RST mittausjärjestelmissään, tämä on Ramboll RST:n oma ohjelmisto Rsoft.



Kuva 7. Pavemetrics kunnomittauslaite.

Taulukko 3. Pituussuunnan mittauksen suorituskyky.

Pituussuunnan suorituskyky	Arvo	Luokka
Matkanmittauksen tarkkuus	<0,01 %	1
Mittausanturin pystysuunnan resoluutio	0,01 mm	1
Havaintojen ottoväli	0,45 mm	1
Raportointiväli	100 mm	1
Aallonpituuden rajaus	>=100 m	1

Taulukko 4. Poikkisuunnan mittauksen suorituskyky.

Poikkisuunnan suorituskyky	Arvo	Luokka
Matkanmittauksen tarkkuus	<0,05 %	1
Mittausanturin pystysuunnan resoluutio	0,1 mm	1
Mittausleveys	4 m	
Havaintojen ottoväli pituussuunnassa	4 mm	1
Havaintojen ottoväli poikkisuunnassa	1 mm	
Raportointiväli	1 m	1
Sivukaltevuuden mittaustarkkuus	±0,01 %	1

3.4 Osallistumisohjeen laatiminen

Testien tekemistä varten laadittiin osallistumisohje. Siinä esitettiin testin paikka, ajan-kohta, kohteiden sijainti ja muut tarvittavat asiat. Testin ohjeistus noudatti samaa tasoa kuin mitä PTM:n hyväksymis- ja tosimitatesteissä (VTI) on aiempina vuosina yleensä ollut.

3.5 Osallistuneet laitteet

Testiin osallistuneet yritykset ja niiden laite- ja havainnointiyksiköiden tunnuksot on esitetty oheisessa taulukossa. Tilastollisissa tarkasteluissa käytettiin laitetunnuksia muualla kunkin yrityksen lyhennettä ja laitetunnuksia.

Taulukko 5. Testiin osallistuneet yritykset ja laitteet.

Yritys	Laite	Havainnointilaite
Roadscanners	RDSV	SICK
Nordic GeoCenter	VMX	Riegl-VMX
Ramboll	RST/21 & RST57	LCMS-2
Solid Potato	FGI CoE-LaSR	Riegl-VUX
TerraTec	ViaPPS	Z+F 9012
Destia	P69	Pistelaser

4 Tosimittatesti

4.1 Testin tavoitteet

Ensimmäisessä vaiheessa testattiin rajatulla määrällä kohteita:

- mikä oli kunkin laitteen toistettavuus,
- suhde nykyisellä tekniikalla tuotettuihin referenssinä toimiviin tunnuslukuihin,
- mikä oli tunnuslukujen nopeusriippuvuus.

Rajattu määrä kohteita tarkoitti 3 suhteellisen lyhyttä kohdetta, jotka mitattiin molempiin suuntiin useaan kertaan ohjeistetusti ja valvotusti. Liikennettä kohteilla rajoitettiin ja mittauksille järjestettiin valvonta. Testisuunnitelma tehtiin täyttämään ns. tosimitatestin vaatimukset.

4.2 Testin järjestelyt

4.2.1 Laatuvaatimusten määrittäminen

Laatuvaatimukset määritettiin ennen testitapahtumia ja ne esiteltiin testiin saapuville ennen testimittausten suorittamista.

4.2.2 Laatuvaatimukset

”Tosimittatestissä” käytettiin referenssinä perinteisellä pistelasertekniikalla tuotetuja tuloksia. Testi tehtiin vain poikkisuunnan kuntomuuttujille. Testattavan mittausmekaniikan tuli pystyä tuottamaan tunnuslukuja yhtä hyvällä toistettavuudella kuin mihin referenssitekniikka kykeni. Tosimittatestissä käytettiin tunnuslukuina tasoeroja, korrelaatioita ja erojen hajontaa. Testin analyysinä käytettiin GageRR-analyysiä ja PANK-testiä. Nopeusriippuvuuden testauksessa käytettiin nopeusriippuvuuden kulma-kerrointa.

Mittausjärjestelmän toimivuutta testattiin GageRR-testillä (ISO 5725). Laitteiden muodostamia kokonaisuuksia kutsuttiin mittausjärjestelmäksi ja testillä testattiin, toimisiko eri laitteista muodostettu laitekokoonpano yhtenäisenä mittausjärjestelmänä. Testi tuoti kaksi tunnuslukua, jotka olivat:

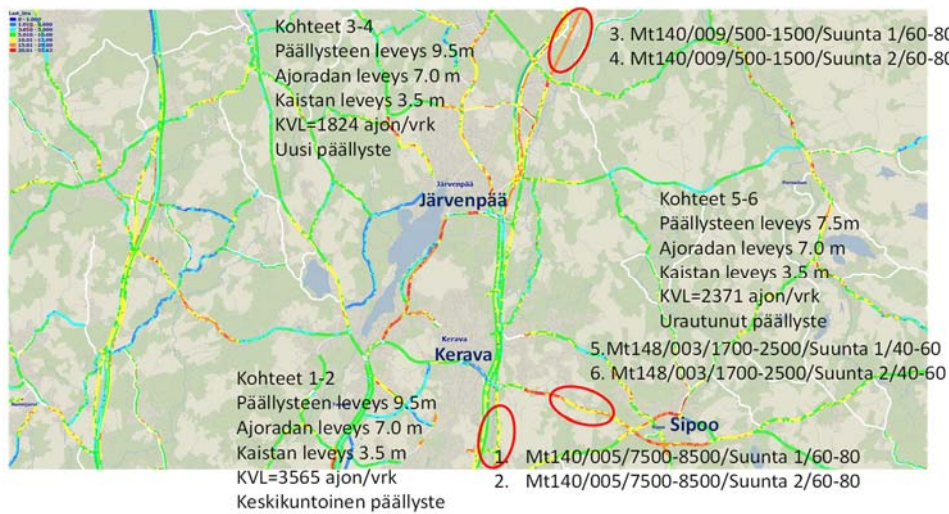
- mittausvirheen hajonnan suhde kokonaisvaihteluun, gageRR%
- luokittelutarkkuus.

GageRR-tunnusluvun raja-arvo hyväksyttävälle tulokselle oli 30 %, mutta hyväksyttävyydelle on käytetty luokkia 10 %, 20 % ja 30 %. Verkkomittauksiin valmistauduttaessa raja-arvo 30 % on käyttökelpoinen, mutta tarkemmin ohjatuissa rajatummissa tilanteissa (kuten tämä testi) raja-arvo saisi olla kireämpi (10 % tai 20 %). GageRR-tunnuslukua 30 % vastaa luokittelutarkkuus 5, eli mittausjärjestelmän tulisi kyetä luokittelemaan mitattava asia vähintään viiteen eri luokkaan. Hyvä mittaustarkkuus nostaa luokkien määrää ja huono vähentää sitä.

Toisena vaatimuksena oli uusien päällysteiden laadunvarmistusmittauksissa käytettävät PANK-testin vaatimukset, joissa oli asetettu vaatimukset toistojen ja eri laitteiden välisille korrelaatioille sekä tasoeroille. Uramittauksessa toistokorrelaatioiden tulisi olla parempia kuin 90 % ja tasoerojen pienempiä kuin 0,15 mm. Laitteiden välillä vastaavat raja-arvot ovat 88 % ja 0,20 mm.

4.2.3 Kohteiden valinta

Testikohteet valittiin siten, että ne edustaisivat erilaisia teitä ja tilanteita. Kohteisiin sisältyi sekä uutta että vanhaa päällystettä, pieniä ja suuria urasyvyyskiviä ja sekä hidasta että nopeaa mittaussnopeutta. Kohteet sijaitsivat hyvin rajatulla alueella.



8

24.10.2017

Kuva 8. Tosimittatestin kohteet.

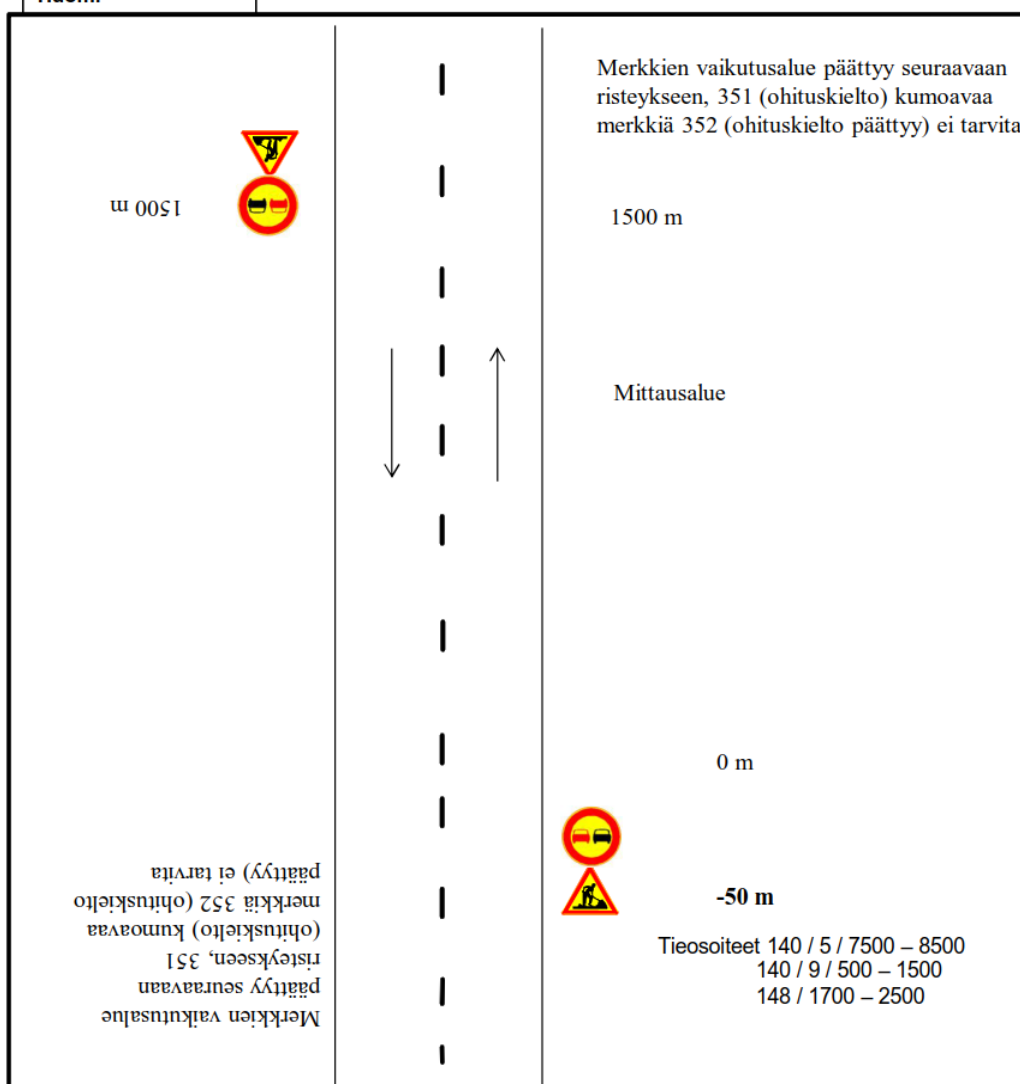
4.2.4 Testikohteiden liikennejärjestelyjen suunnittelu ja toteutus

Tosimittatestin kohteille järjestettiin mahdollisimman rauhalliset mittaolosuhteet. Mittaukset ajoitettiin yhden viikon aikana eri päiville siten, että kohteen muuta liikennettä rajoitettiin ja sitä vähintään informoitiin kohteilla tapahtuvista poikkeuksellisista mittauksista. Liikenteen ohjaamista varten tehtiin liikenteenohjaussuunnitelma.

LIIKENTEEN OHJAUSSUUNNITELMA
DESTIA OY 7.9.2017

PTM-testimittaukset

Kohteet:	PTM-testimittauksia teillä mt140 ja mt148. Kohteiden tieosoitteet: 140 / 5 / 7500 – 8500, 140 / 9 / 500 – 1500 ja 148 / 1700 – 2500
Ajankohta:	Vko 37, alustavan suunnitelman mukaan ti 12.9.-pe 15.9.2017 Päivittäinen työaika ti 12.9. klo 10 -16, ti-to klo 9:00 - 15:00 ja pe klo 9:00-14:00.
Lisätiedot:	Testimittaukset suoritetaan 60km/h ja 80km/h ajonopeuksilla.
Toimenpidevastaava:	Destia Oy Pertti Virtala p. 0400 361 315
Laatija: Huom:	Destia Oy Janne Toikka p. 050 406 2910



Kuva 9. Testikohteen liikenteenohjaussuunnitelma.

4.2.5 Testikohteiden referenssimittaukset

Testikohteille tehtiin referenssimittaukset Destian nykyisellä mittaustekniikalla 11.-12.9.2017 sekä Rambollin vastaavalla tekniikalla 12.-13.9.2017. Testissä käytettiin Destian mitta-autoa P69 ja Rambollin mitta-autoa RST21, jotka kummatkin on testattu Ruotsin VTI:n järjestämässä hyväksymistestissä vuonna 2013. Tosimittauksista varten kohteille suoritettiin useita toistomittauksia.

4.2.6 Testin toteuttamisen ohjaus ja valvonta

Tosimittatestiä varten tarvittavien mittausten ohjaus ja valvonta tehtiin Destian toimesta. Testi alkoi yhteisellä tilaisuudella, jossa esitettiin sen tavoitteet, ohjeet ja muut tarvittavat asiat. Osallistujille annettiin mahdollisuus lisäkysymysten tekoon ja heitä opastettiin epäselvissä asioissa. Testiä valvoi ja ohjasi sekä toimistoon perustettava jatkuva ohjauskeskus, että maastossa oleva valvontamiehistö.

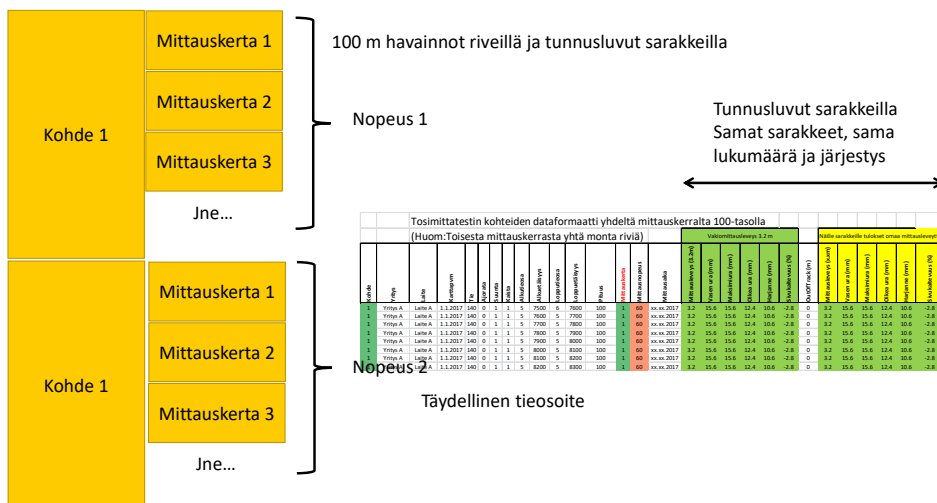


Kuva 10. Kohteet merkittiin maastoon maalimerkinnöillä.

4.2.7 Tulosten laskennan ohjeistus

Tulosten laskentaa ohjeistettiin siten, että esitettiin tunnuslukujen laskentaperiaatteet, raportointiväli ja toimitusmuoto. Tulokset pyydettiin laskemaan 3.2 m vakioleveydellä ja vaihtoehtoisesti kunkin toimittajan omalla parhaaksi katsomallaan leveydellä. Vakioleveydellä saatujen tulosten vertailun tarkoituksena oli selvittää, miten yhteneväinen kukin laite oli samalla mittausleveydellä toimivan referenssilaitteen kanssa. Toisaalta taas haluttiin selvittää, miten paljon poikkeava (leveämpi) mittausleveys eroaa referenssituloksesta.

DATAFORMAATTI



Kuva 11. Tulosten toimitusmuodon ohjeistus.

4.2.8 Tulosten käsittely ja analysointi

Eri yritysten toimittamat tulokset otettiin vastaan ja niille tehtiin ensin muototarkistus, jossa tarkistettiin pyydettyjen tulosten määrä ja muoto. Määrältään ja muodoltaan vaatimukset täyttävät tulokset laitettiin yhteen tietokantaan mittaavan yrityksen tunnuksilla ja ajokertatunnuksilla varustettuna.

- Vajaat 100m-jaksot poistettiin tarkastelusta.
- Poikkeuksellisia tilanteita sisältäneet kohdat poistettiin tarkastelusta (tosimitatetestissä niitä ei sallittu vaan tulokset haluttiin 100 % saannolla)

Tulokset analysoitiin laatuvaatimuksia vasten.

4.3 Tulokset

Tulokset on raportoitu käyttäen laitteista niiden tunnuksia. Tuloksia analysoitaessa eroteltiin kolme eri tilannetta, jotka ovat eri mittausleveysten ja laskenta-algoritmien mukaan A, B ja C (Taulukko 6). Tilanteessa A tulokset on laskettu mahdollisimman paljon referenssilaitteiden laskentaperiaatetta noudattaen. Mittausleveys oli siten 3,2 m ja poikkiprofiilista oli otettu 17 pistettä referenssilaitteen mittauspalkin antureita vastaavista kohdista. Tilanteessa B mittausleveys oli edelleen vakio, mutta poikkiprofiilitieto oli jatkuva. Tilanteessa C mittausleveys oli mukautuva (toimittajan valitsema) ja profiilitieto oli jatkuva. Ramboll toimitti tulokset kaikilla esitetyillä vaihtoehdoilla ja muut toimittajat vain tilanteissa B ja C.

Taulukko 6. Tulosten toimitusvaihtoehdot.

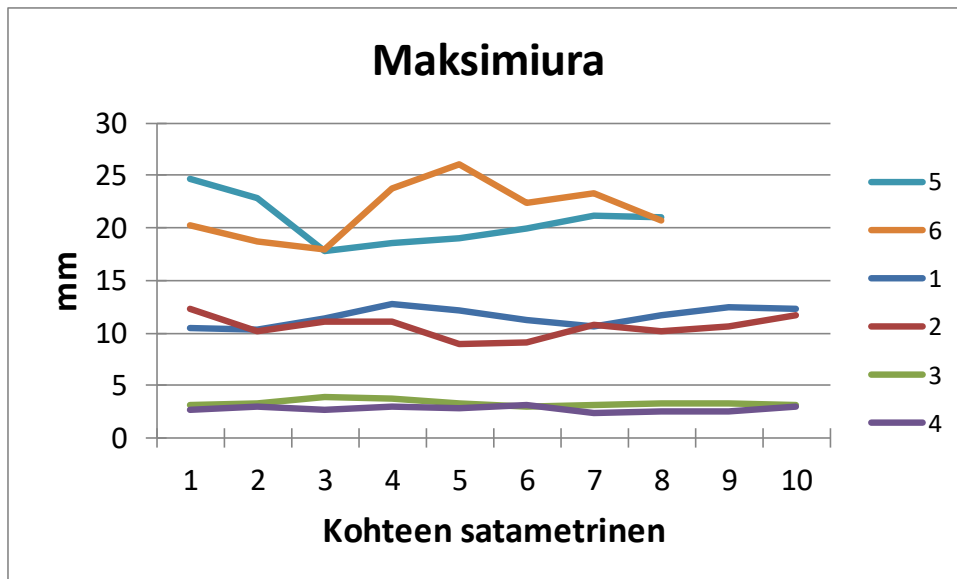
Yritys	A	B	C
	Vakioleveys 3,2 m, 17 pisteen profiili	Vakioleveys 3,2 m, jatkuva profiili	Mukautuva oma leveys ja jatkuva profiili
Ramboll	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Nordic Geocenter	-	Kyllä	Kyllä
Terratec	-	Kyllä	Tekeillä
Solid Potato	-	Kyllä	Kyllä (mutta ilmoitettu 3.2)
Roadscanners	-	Kyllä	Kyllä

4.3.1 Referenssitulos

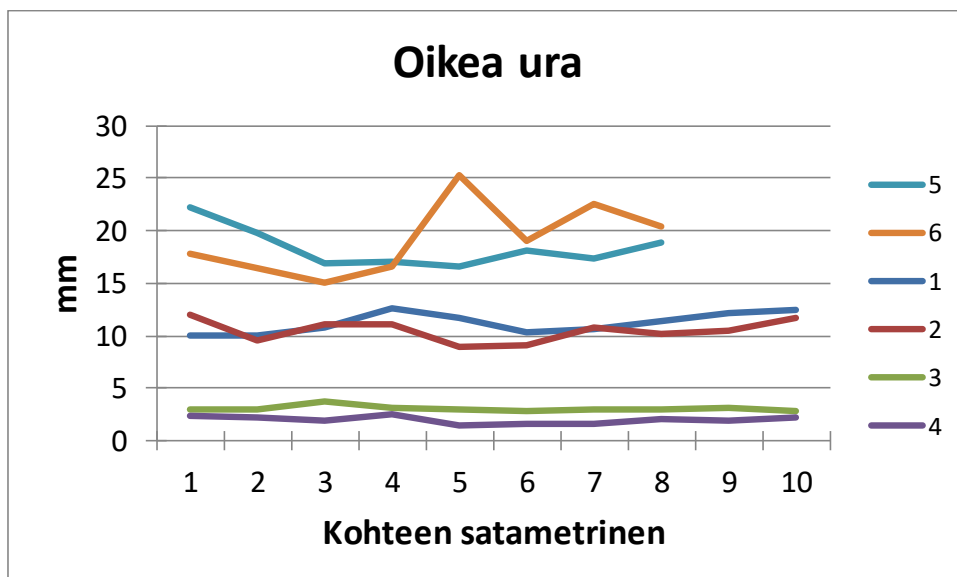
Referenssimittaukset tehtiin kahdella laitteella kahdella eri nopeudella kullakin viisi kertaa. Kullakin sadan metrin raportointiväliltä saatiin yhteensä 10 mittaustulosta. Tulokset on raportoitu oheisessa taulukossa nopeuksittain (1=pienempi nopeus, 2=suurempi nopeus) ja mittauskerroittain (1-5).

Kohteet 1 ja 2 edustivat keskinkertaisesti urautunutta tietä, kohteet 3 ja 4 uutta päällystettyä ja kohteet 5 ja 6 erittäin urautunutta tietä. Kohteiden keskimääräiset referenssinä toimivat uratulokset olivat kohteiden numerjärjestyksessä 11,5 mm, 10,6 mm, 3,3 mm, 2,8 mm, 20,6 mm ja 21,6 mm koko kohdejoukon keskiarvon ollessa 11,1 mm.

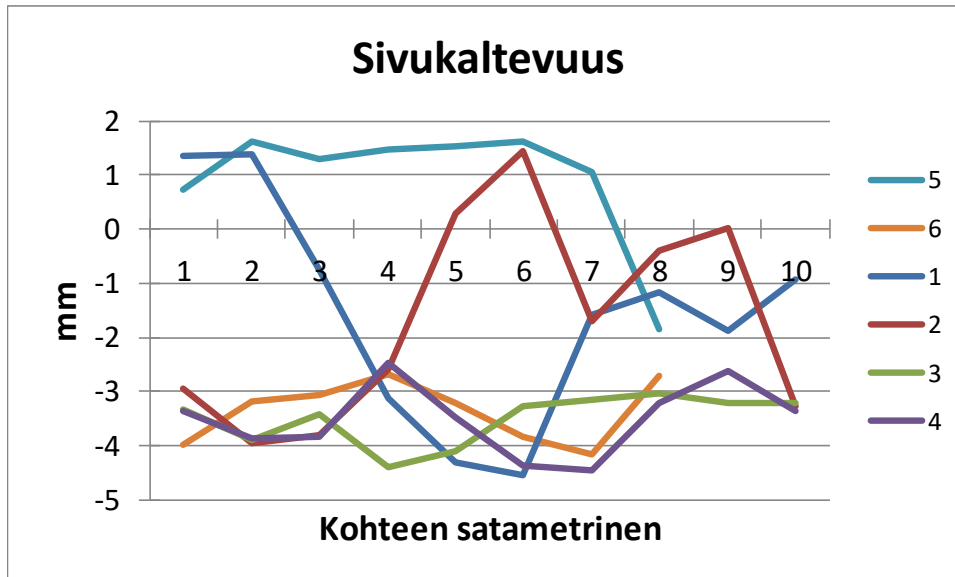
Mittaussnopeuksina käytettiin 60 km/h ja 80 km/h paitsi kohteella 5 ja 6, joilla mittausnopeudet olivat 40 km/h ja 60 km/h.



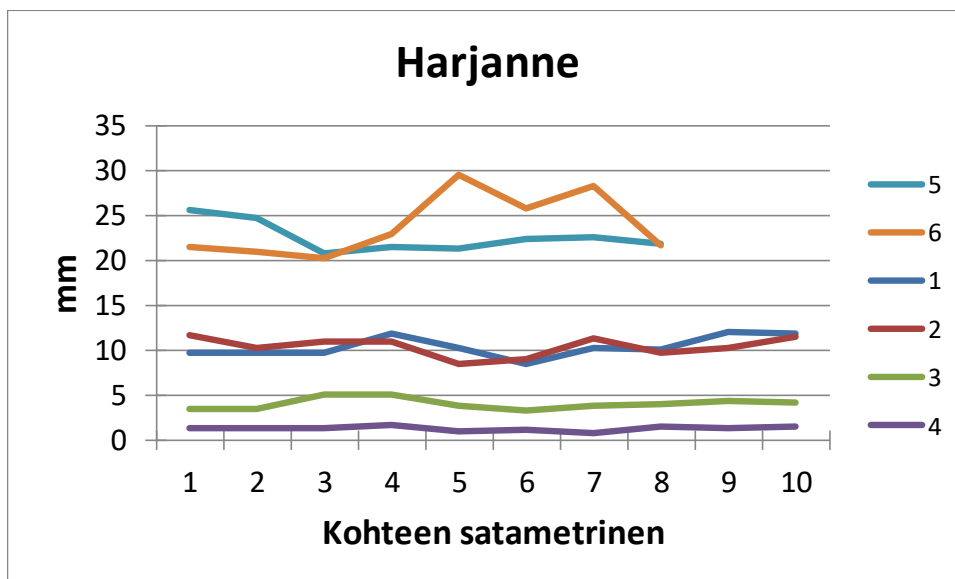
Kuva 13. Maksimiuran profiilit kohteittain.



Kuva 14. Oikean uran profiilit kohteittain.

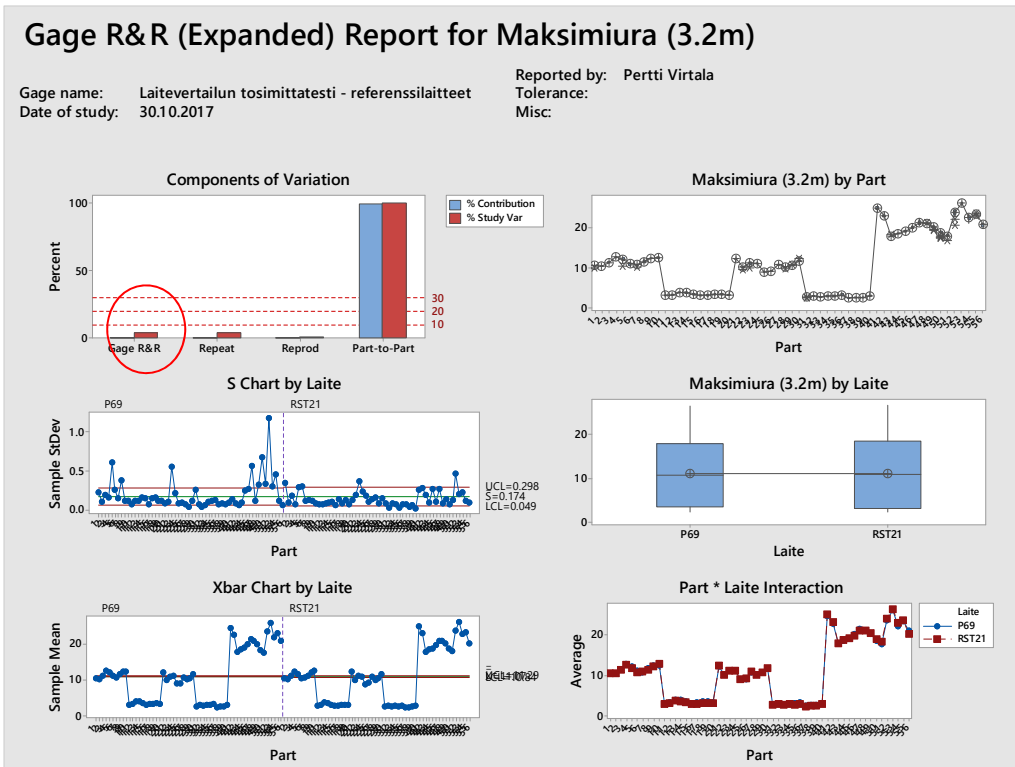


Kuva 15. Sivukaltevuuden referenssitulokset kohteittain (alkumetriensä mukaisessa järjestyksessä).

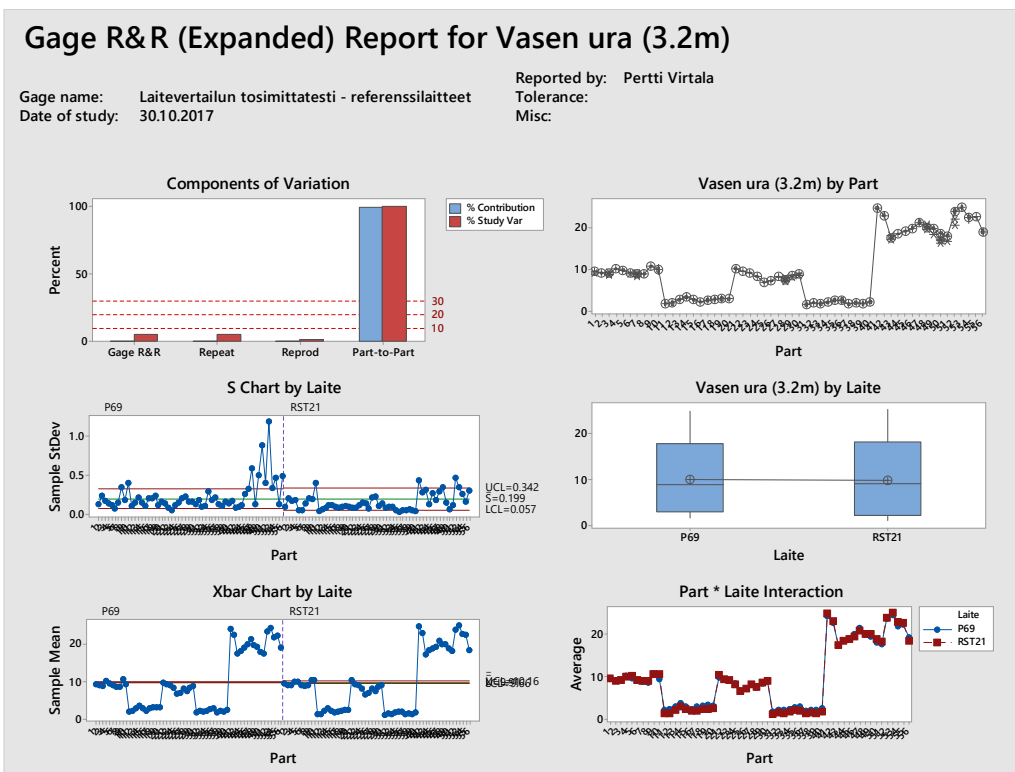


Kuva 16. Harjanteen referenssitulokset kohteittain.

Referenssilaitteiden REF_D (P6g) & REF_R (RST21) GageRR-analyysin tulokset on esitetty seuraavissa kuvissa. Tulosten mukaan mittausjärjestelmän tarkkuus oli erittäin hyvä. Mittausjärjestelmän toimivuutta kuvaava tunnusluku, GageRR, oli noin 5 % tasolla lukuun ottamatta harjannetta, jolla se oli noin 12 %. Alle 10 % tulokset luokitellaan yleensä erittäin hyväksi.



Kuva 17. Referenssilaitteiden keskinäinen toimivuusanalyysi maksimiuralle (GageRR=5%).

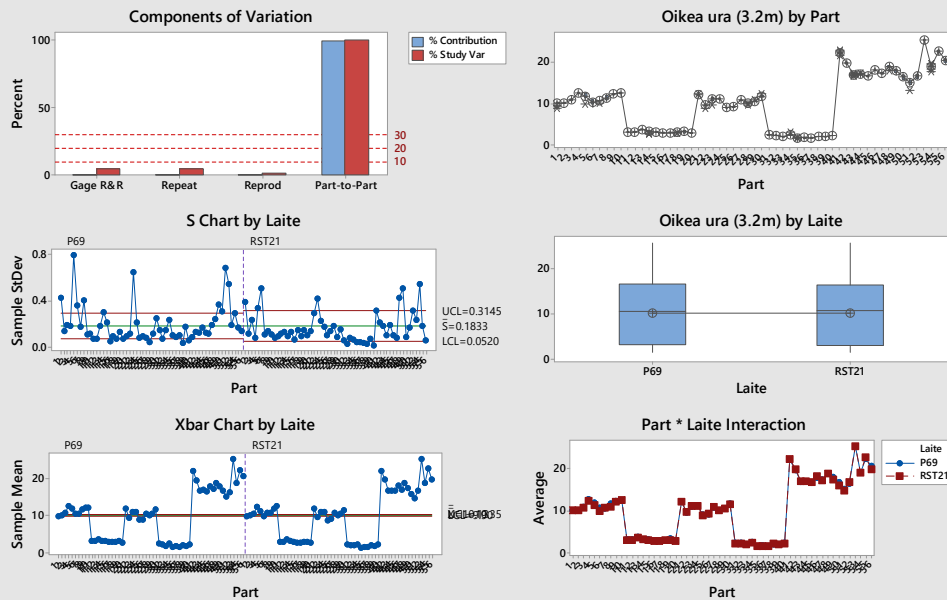


Kuva 18. Referenssilaitteiden keskinäinen toimivuusanalyysi vasemmalle uralle (gageRR=5%).

Gage R&R (Expanded) Report for Oikea ura (3.2m)

Gage name: Laitevertailun tosimitattesti - referenssilaitteet
Date of study: 30.10.2017

Reported by: Pertti Virtala
Tolerance: Misc:

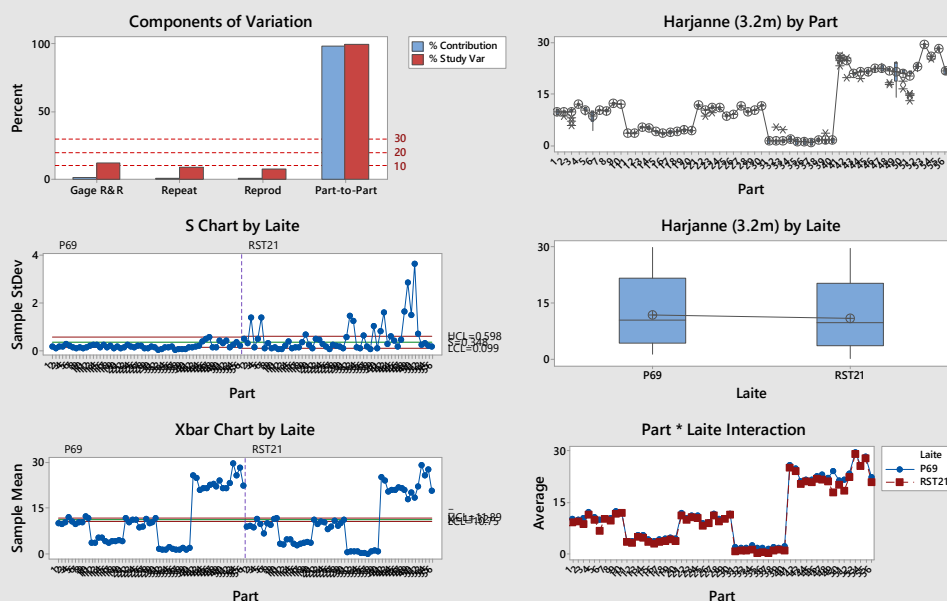


Kuva 19. Referenssilaitteiden keskinäinen toimivuusanalyysi oikealle uralle (GageRR=5%).

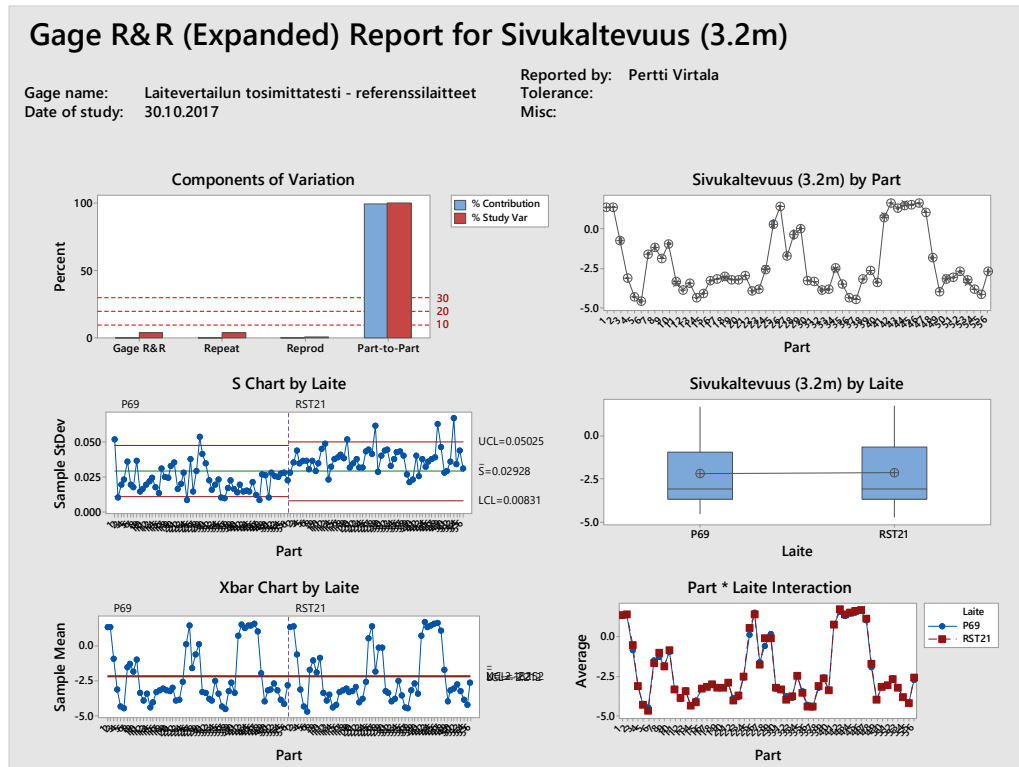
Gage R&R (Expanded) Report for Harjanne (3.2m)

Gage name: Laitevertailun tosimitattesti - referenssilaitteet
Date of study: 30.10.2017

Reported by: Pertti Virtala
Tolerance: Misc:



Kuva 20. Referenssilaitteiden keskinäinen toimivuusanalyysi harjanteelle (GageRR=12%).



Kuva 21. Referenssilaitteiden keskinäinen toimivuusanalyysi sivukaltevuudelle (gageRR=4%).

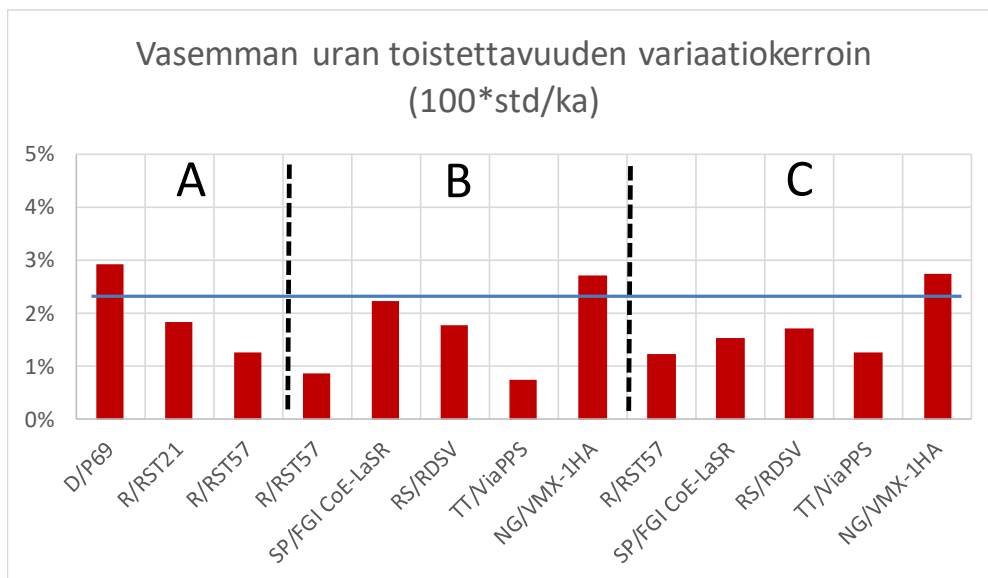
4.3.2 Toistettavuudet

Toistettavuuksia arvioitiin laskemalla ensin kullekin 100 m havainnolle kymmenestä mittauksesta varianssi. Sen jälkeen varianssit laskettiin yhteen ja otettiin ensin keskiarvo ja sitten neliöjuuri, joka vastasi koko kohdejoukon hajontaa. Saatu hajonta jaettiin keskiarvolla ja kerrottiin sadalla ja se oli toistettavuuden mittari: **variaatiokerroin**. Mitä matalampi variaatiokerroin, sitä parempi toistettavuus. Urien toistettavuudet on esitetty seuraavissa kappaleissa ja kuvissa (Kuva 22 - Kuva 24).

4.3.2.1 Vasen ura

Referenssilaitteiden toistettavuutta kuvaavat variaatiokerroimet olivat keskimäärin 2,3 % ja vaihtelivat välillä 1,8-2,9 %. Laskenta-algoritmina oli referenssilaitteilla ainoastaan periaate A (vakioleveys/17 pistettä). Referenssilaitteiden keskiarvo oli vertailutaso, johon testattavien laitteiden toistettavuuksia verrattiin.

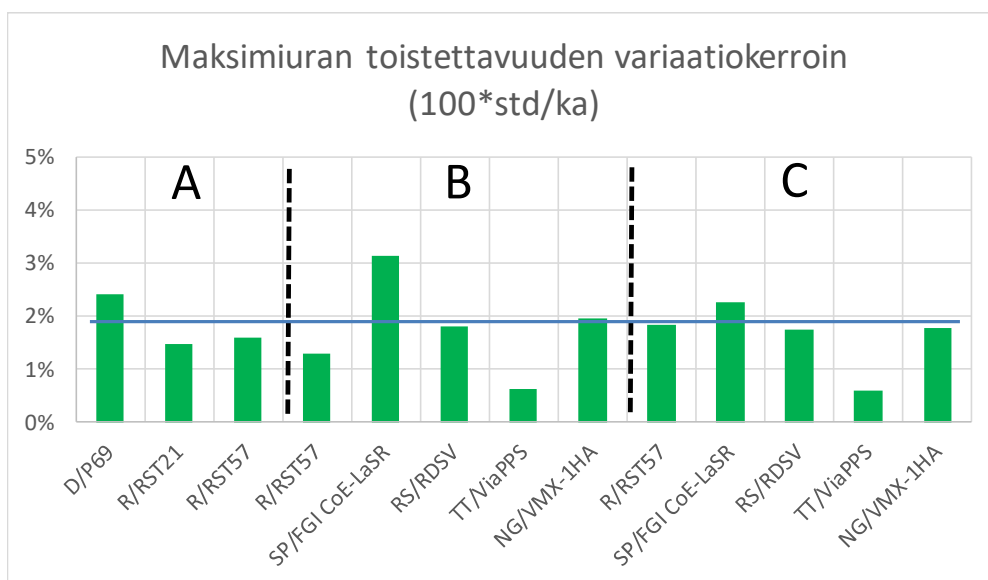
RST57:n toistettavuus oli algoritmilla A (vakioleveys/17 pistettä) 1,3 %, algoritmilla B (vakioleveys/jatkuva profiili) 0,9 % ja algoritmilla C (mukautuva leveys/jatkuva profiili) 1,2 %. Kaikilla algoritmeilla toistettavuus oli referenssilaitteita parempi ja se oli paras algoritmilla B (vakioleveys/jatkuva profiili). Muilta laitteilta oli käytettävissä tulokset vain algoritmilla B ja C. Kaikkein paras toistettavuus oli laitteen ViaPPS algoritmilla B (0,7 %), mutta myös sen algoritmilla C toistettavuus oli hyvä (1,3 %). RDSV:n toistettavuudet olivat hiukan edellistä huonompia, mutta parempia kuin referenssilaitteilla (B/1,8 % ja C/1,7 %). Laitteen FGI-CoE toistettavuustunnusluku oli algoritmilla B 2,2 % ja C 1,5 %. VMX-1HA:n toistettavuus oli referenssilaitteiden toistettavuuksia huonompi (B/2,7 % ja C/2,7 %) (Kuva 22).



Kuva 22. Laitteiden tuottaman vasemman uran toistettavuuden variaatiokerroin (=100* h_{aj} /ka%) uranlaskenta-algoritmeilla A, B ja C.

4.3.2.2 Maksimiura

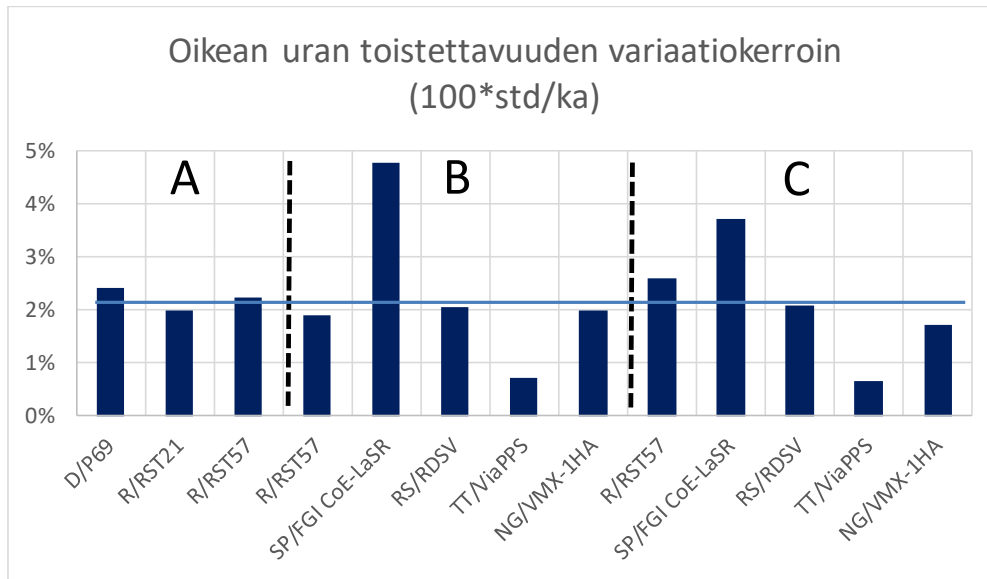
Referenssilaitteiden toistettavuuden tunnusluku maksimiuralle oli keskimäärin 1,9 % (1,5-2,4 %) keskiarvon ollessa 1,9 %. RST57:n toistettavuustunnusluvut olivat algoritmeilla A 1,6 %, algoritmeilla B 1,3 % ja algoritmeilla C 1,8 %, jotka olivat juuri ja juuri alle referenssilaitteiden keskiarvon. Paras toistettavuustunnusluku oli laitteella ViaPPS (algoritmeilla B ja C 0,6 %). RDSV:n ja VMX-1HA:n toistettavuustunnusluvut olivat referenssilaitteiden keskiarvon tuntumassa, mutta FGI-CoE:n toistettavuustunnusluvut olivat referenssilaitteiden tunnuslukuja huonommat (Kuva 23).



Kuva 23. Laitteiden tuottaman maksimiuran toistettavuuden variaatiokerroin (=100* h_{aj} /ka%) uranlaskenta-algoritmeilla A, B ja C.

4.3.2.3 Oikea ura

Referenssilaitteiden toistettavuuden tunnusluku oikealle uralle oli keskimäärin 2,1 % (2,0-2,4 %). RST57:n toistettavuustunnusluvut olivat algoritmilla A 2,2 %, algoritmilla B 1,9 % ja algoritmilla C 2,6 %, joista vain 1,9 % oli alle referenssilaitteiden keskiarvon. Paras toistettavuustunnusluku oli laitteella ViaPPS, kummallakin algoritmilla B ja C 0,7 %. RDSV:n ja VMX-1HA:n toistettavuustunnusluvut olivat referenssilaitteiden keskiarvon tuntumassa. FGI-CoE:n toistettavuustunnusluvut olivat referenssilaitteiden tunnuslukuja huonommat (Kuva 24).

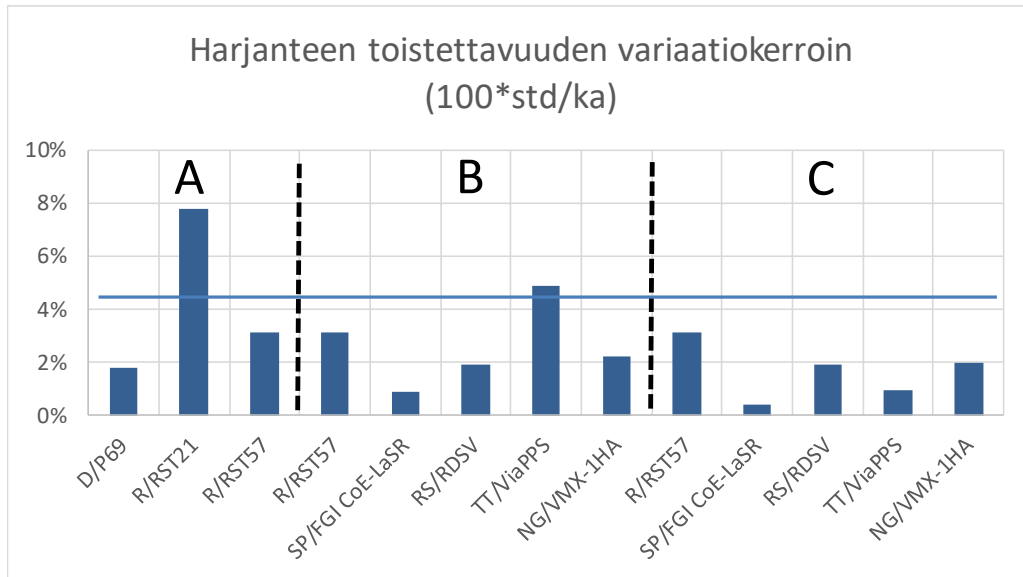


Kuva 24. Laitteiden tuottaman oikean uran toistettavuuden variaatiokerroin (=100*haj/ka%) uranlaskenta-algoritmeilla A, B ja C.

4.3.2.4 Harjanne

Referenssilaitteiden toistettavuuden tunnusluku harjanteelle oli keskimäärin 4,8 %, mutta laitteiden arvot poikkesivat toisistaan melko paljon. Paremman laitteen (P69) tulos edustanee referenssilaitteen tulosta paremmin. RST57:n toistettavuustunnusluvut olivat kaikilla algoritmeilla 3,2 %. Paras toistettavuuksien taso saavutettiin laitteella FGI-CoE. Algoritmilla B tulos oli 0,9 % ja algoritmilla C 0,4 %. RDSV:n ja VMX-1HA:n toistettavuus oli kummallakin algoritmilla noin 0,9-1,0 %. ViaPPS:n toistettavuus oli algoritmilla C hyvä (0,9 %) mutta algoritmilla B huonompi (4,9%) (Kuva 25).

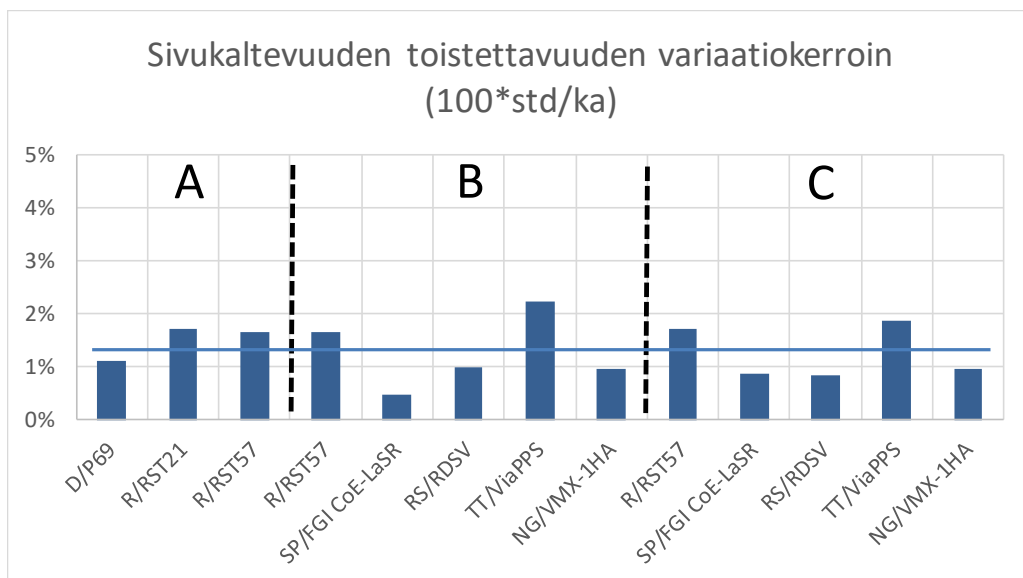
Tuloksista havaittiin sellainen poikkeuksellinen asia, että harjanteen toistettavuus oli hyvä niillä laitteilla, joilla vastaavasti urien toistettavuus ei ollut kovin hyvä. Tämä päti myös päinvastoin eli harjanteen toistettavuus oli huonohko niillä laitteilla, joilla urien toistettavuus oli hyvä.



Kuva 25. Laitteiden tuottaman harjanteen toistettavuuden variaatiokerroin (=100*haj/ka%) uranlaskenta-algoritmeilla A, B ja C.

4.3.2.5 Sivukaltevuus

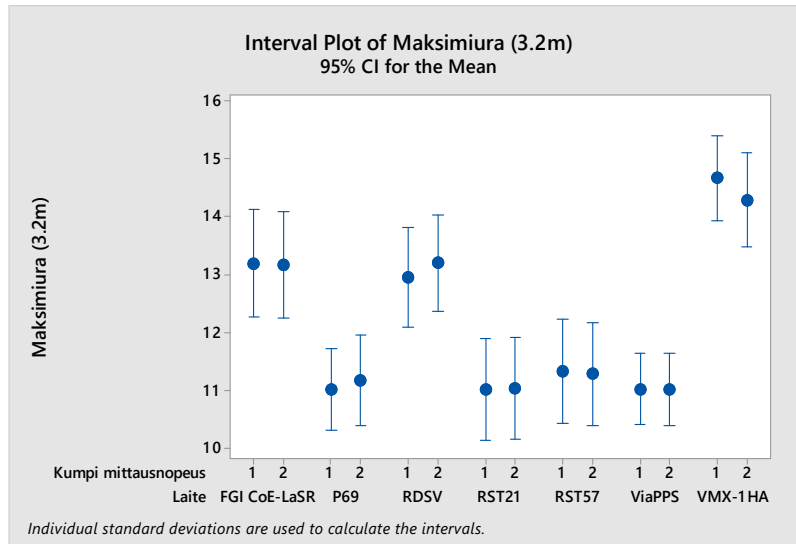
Referenssilaitteiden toistettavuuden tunnusluku sivukaltevuudelle oli keskimäärin 1,4 %, mutta laitteiden arvot poikkesivat toisistaan melko paljon. Paremman laitteen (P69) tulos edustanee referenssilaitteen tulosta paremmin (1,1-1,7 %). Referenssilaitteita parempi toistettavuus oli laitteilla FGI-CoE (0,5-0,9 %), RDSV (0,8-1,0 %) ja VMX-1HA (1,0 %). Paras niistä oli FGI-CoE. RST57:n ja ViaPPS:n toistettavuudet olivat referenssejä huonommat (RST 1,7 % ja ViaPPS 1,9-2,2 %) (Kuva 26).



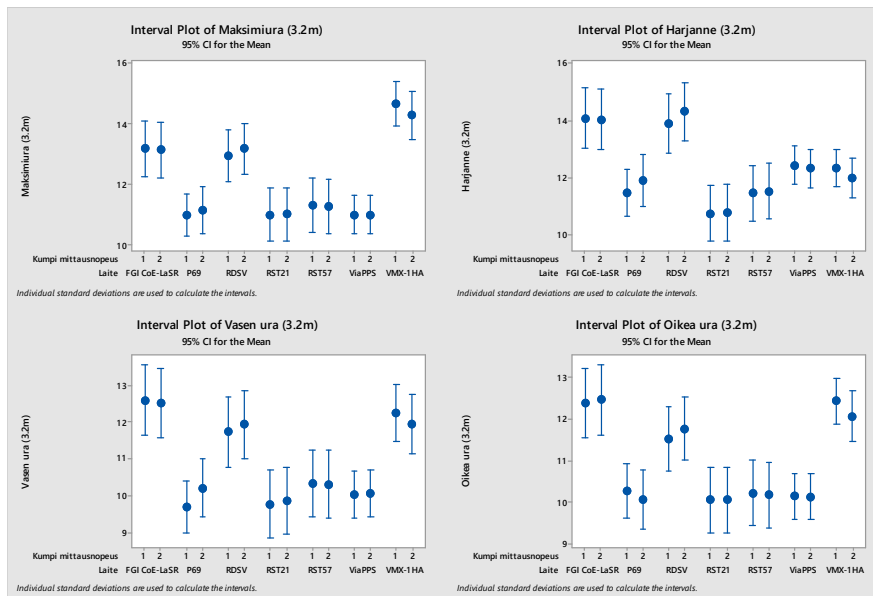
Kuva 26. Laitteiden tuottaman sivukaltevuuden toistettavuuden variaatiokerroin (=100*haj/ka%) uranlaskenta-algoritmeilla A, B ja C.

4.3.3 Nopeusriippuvuudet

Mittausnopeuksilla ei näyttänyt olevan tilastollisesti merkittävää vaikutusta tuloksiin eikä ainakaan kaikkien kohteiden keskiarvoihin (Kuva 27 - Kuva 28).



Kuva 27. Mittausnopeuden vaikutus maksimiuraan (kumpi mittausnopeus 1 = alempi nopeus ja 2 = ylempi nopeus).



Kuva 28. Mittausnopeuden vaikutus uriin ja harjanteeseen.

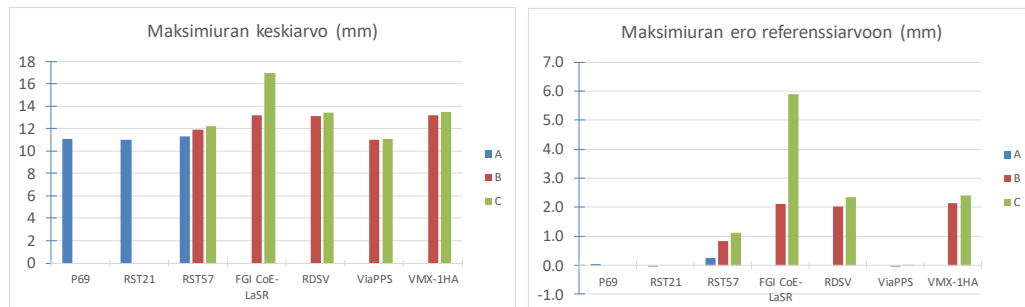
4.3.4 Suhde referenssiin

4.3.4.1 Maksimiura

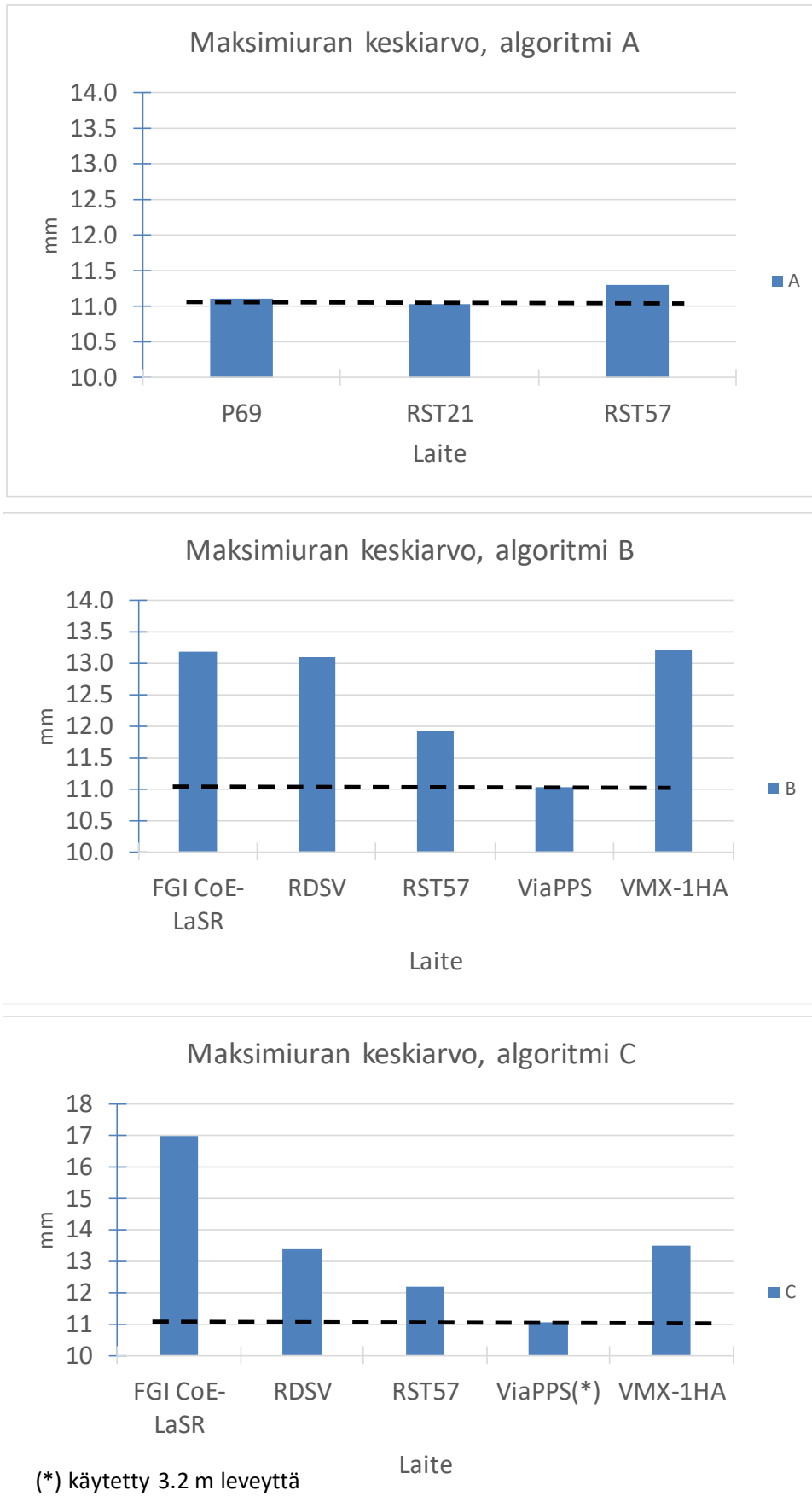
Vakiomittausleveydellä 3.2 m (A) tuotettu maksimiura oli melko yhtenäinen kohteesta riippumatta referenssilaitteilla ja Rambollin RST57:llä sekä Terratecin ViaPPS:llä (Kuva 29). Algoritmilla B ja C tuotetut urasyvytydet olivat referenssiä suurempia. Algoritmilla B tuotettu ura oli 1-2 mm referenssiuraa suurempi lukuun ottamatta laitetta

ViaPPS, jolla tulos oli referenssin kanssa saman suuruinen, eikä se riippunut laskentaperiaatteesta. Laitteet FGI-CoE, RDSV ja VMX-1HA tuottivat algoritmilla B referenssituloksia noin 2 mm suurempia uratuloksia ja algoritmilla C noin 2-6 mm suurempia tuloksia.

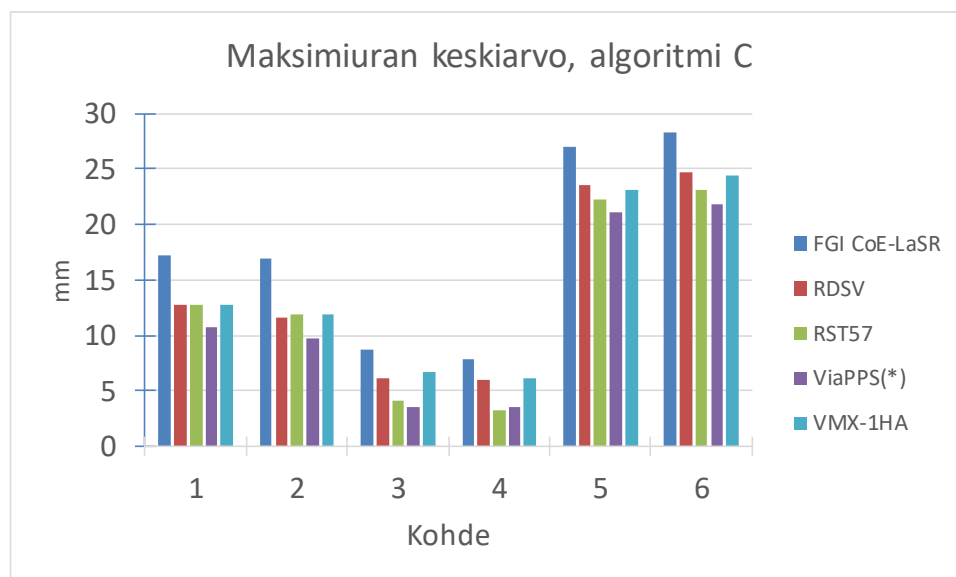
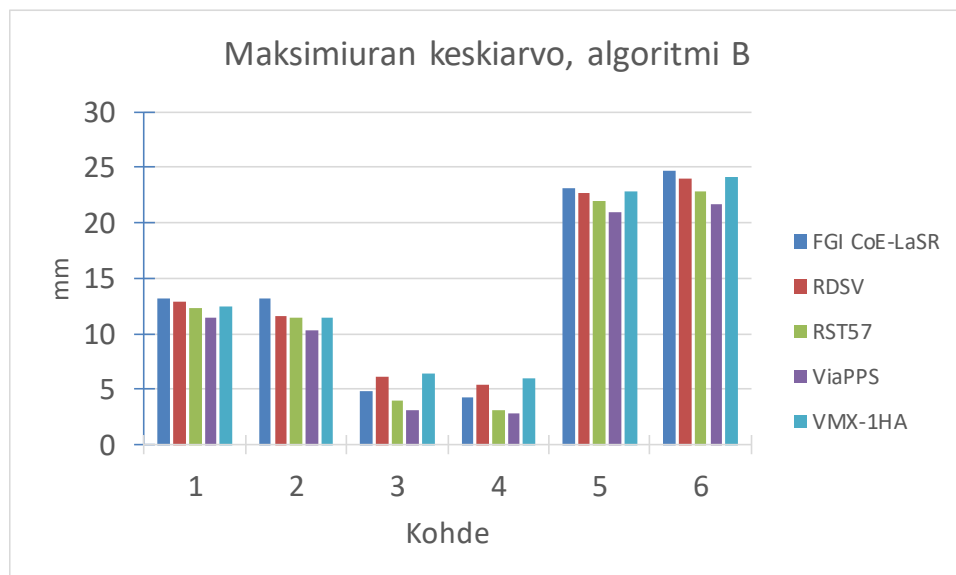
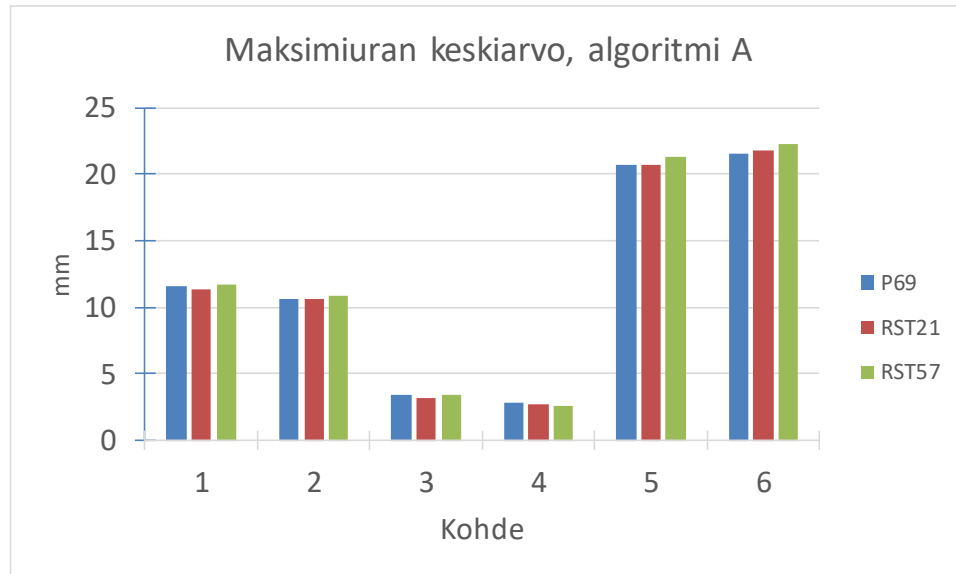
Yhteenvedona graafisesta keskiarvojen vertailusta voidaan todeta, että maksimiura on melko yhteneväinen referenssitulosten kanssa kahdella tutkittavalla laitteella: Rambollin RST57 ja Terratecin ViaPPS. Muiden laitteiden uratulos oli selvästi referenssiarvoja suurempi. Laskentaperiaate vaikutti eroihin.



Kuva 29. Maksimiuran keskiarvo laitteittain laskenta-algoritmeilla A, B ja C kaikilta kohteilta yhteensä.



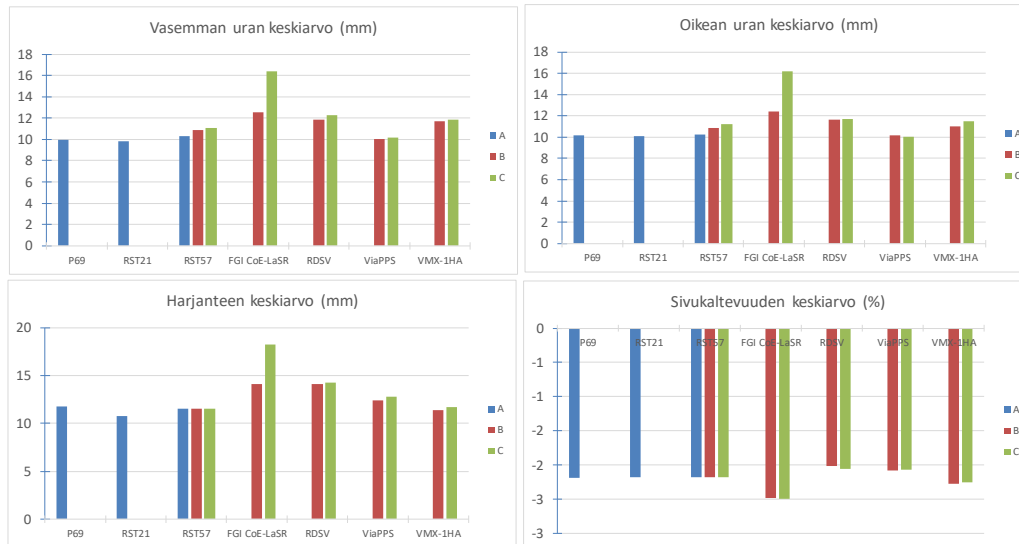
Kuva 30. Maksimiuran keskiarvo laitteittain eri laskenta-algoritmeilla.



Kuva 31. Maksimiuran keskiarvo kohteittain eri mittauslaitteilla.

4.3.4.2 Muut tunnusluvut

Vasemman uran suhteen tulokset tutkittavien laitteiden ja referenssilaitteiden välillä olivat samansuuntaisia kuin edellä (Kuva 32). TT/ViaPPS:n tulokset olivat lähimpänä referenssilaitteiden tulosta. Myös Rambollin RST57:n tulos oli lähellä referenssejä. Muiden laitteiden tulokset olivat selvästi referenssejä suurempia, poikkeuksena laite NG/VMX kohteilla 1 ja 6, jonka tulos oli myös lähellä referenssituloksia.



Kuva 32. Muiden muuttujien keskiarvot laitteittain eri laskenta-algoritmeilla.

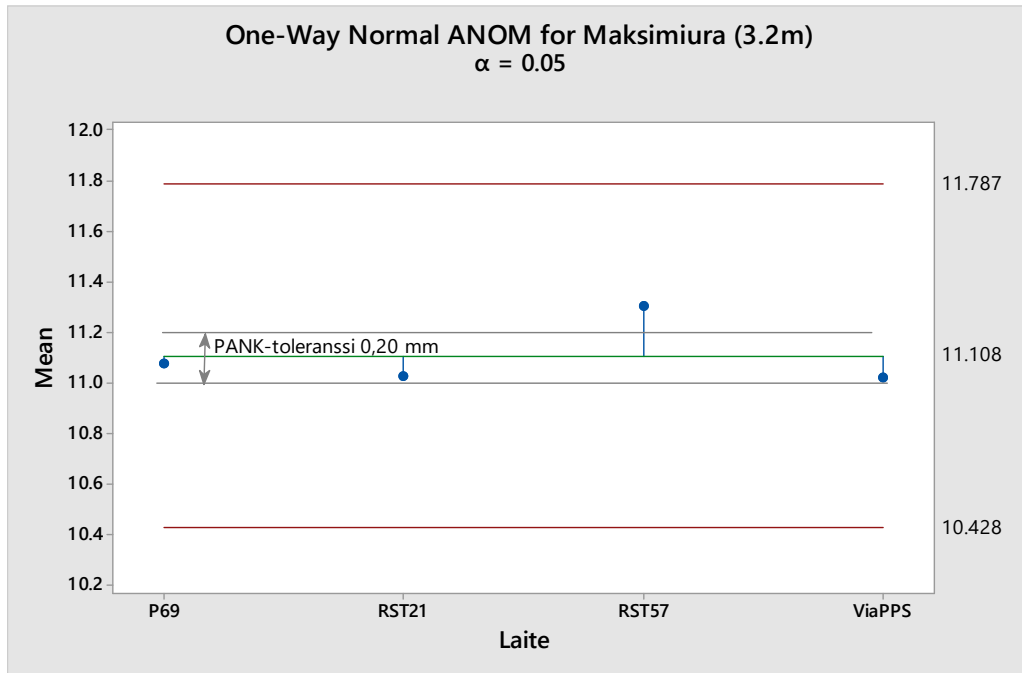
Oikean uran suhteen pätee sama, mitä vasemman uran tuloksista todettiin.

Harjanteen kohdalla tuloksissa oli uria enemmän eroja. Jopa referenssilaitteiden tuloksissa oli pieni ero. Lähimpänä referenssituloksia olivat kuitenkin aiempaan tapaan RST57 ja ViaPPS. Muiden laitteiden tulokset olivat pääosin referenssituloksia suurempia.

4.3.5 Laitekoonpano 1 (REF_D+REF_R+RST57+ViaPPS)

4.3.5.1 Maksimiura

Laitekoonpano 1 muodostettiin keskiarvokuvien perusteella referenssilaitteita lähinnä olevista laitteista käyttäen tuloksia algoritmeista A ja/tai B. Siihen kuuluivat referenssilaitteiden lisäksi ViaPPS ja RST57. Maksimiuralle tehty keskiarvojen analyysi (ANOM) piti laitteita yhdenmukaisina. Uusien päällysteiden laadunvalvonnassa käytettävät PANK-vaatimusten toleranssit ovat tiukemmat, eikä RST57:n maksimiura ollut toleranssien sisällä.

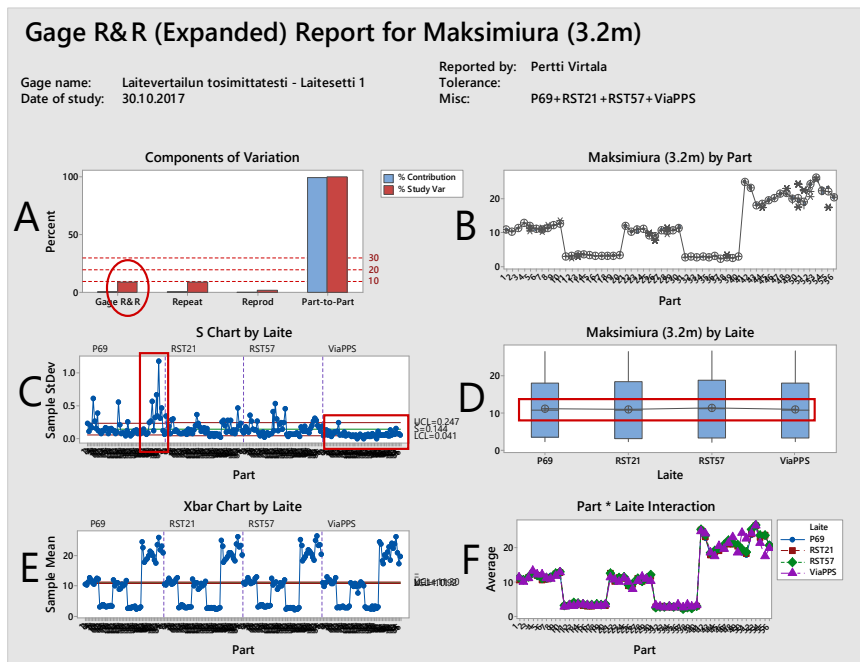


Kuva 33. Maksimiuran tasoerot laitekombinaatiolla 1 (referenssit+ViaPPS+RST57).

Jos mittausjärjestelmä koostuisi laitekoonpanon 1 laitteista, olisi toimivuustestin (GageRR/A-kuva) tulos maksimiuralle hyväksyttävä. Toisin sanoen kokoonpanon 1 laitteet sopisivat yhtenäiseksi mittausjärjestelmäksi (Kuva 34). Kuvassa on kuusi osiota (A-F), joita tulkitaan seuraavasti:

- Osa A. Testin tärkein osio on A. Siinä esitetään GageRR-tunnusluku ja sen komponentit (toistettavuus ja uusittavuus) (ISO-5725). Kirjallisuudessa käytetty hyväksymiskriteeri mittausjärjestelmän toimivuudelle on, että kokonaismittausvirheen osuus kokonaisvaihteluun suhteutettuna ei saa olla suurempi kuin 30 %. Mittausjärjestelmä toimii erittäin hyvin, jos $GageRR < 10\%$. Tässä testissä tulos maksimiuralle oli 10 %, mikä oli hyvä tulos.
- Osa B. Kuvasta nähdään graafisesti, että testi kattoi maksimiuralle arvoalueen alle 5 mm yli 25 mm, jolloin kokonaisvaihtelun käyttö tunnusluvun laskennassa oli hyväksyttävää.
- Osa C. Kuvassa nähdään kunkin laitteen sisäistä toistettavuutta. P69:n toistettavuus oli hiukan muita huonompi ja ViaPPS:n toistettavuus muita parempi
- Osa D. Testin toiseksi tärkein tulos esitetään osassa D. Se on graafinen tulos varianssianalyysistä ja kertoo, onko laitteiden välillä tasoeroja. Jos keskiarvoja yhdistävä viiva on vaakasuora, ei tasoeroja ole. Tässä laitteiden välillä oli havaittavissa pieniä tasoeroja.
- Osa E. Graafinen tulos kunkin laitteen tulosprofiilista näyttää yhtenäiseltä.
- Osa F. Graafinen tulos kaikista kokoonpanon 1 laitteista yhdessä. Laitteiden väliset erot sijoittuvat kohteille 5 ja 6.

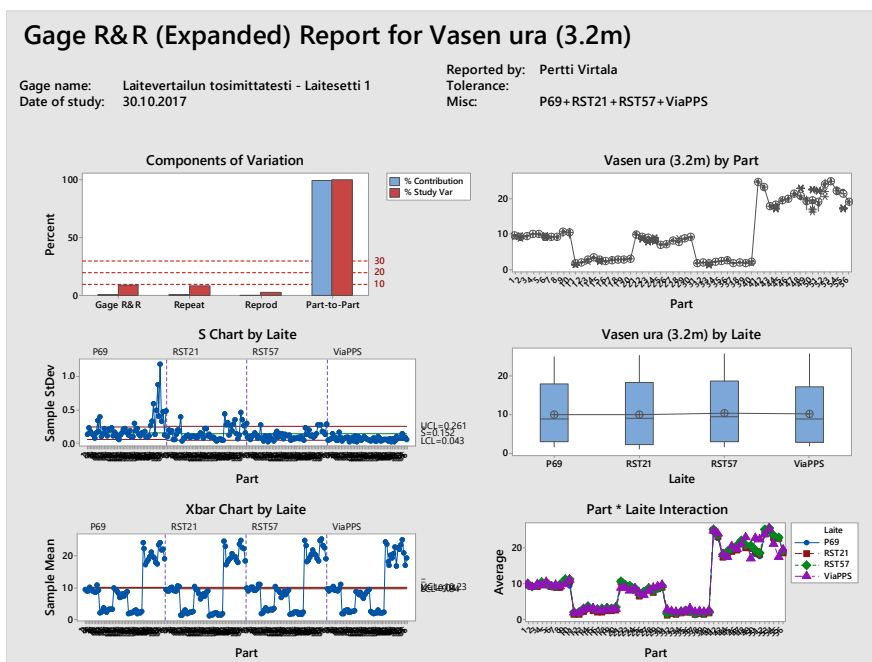
Testin tulos maksimiuran mittaamiselle vakioleveydellä 3.2 m oli, että näistä neljästä laitteesta koostuva mittausjärjestelmä oli yhtenäinen.



Kuva 34. Mittausjärjestelmän toimivuustesti (GageRR) laitekoonpanon 1 laitteiden maksimiuralle.

4.3.5.2 Vasen ura

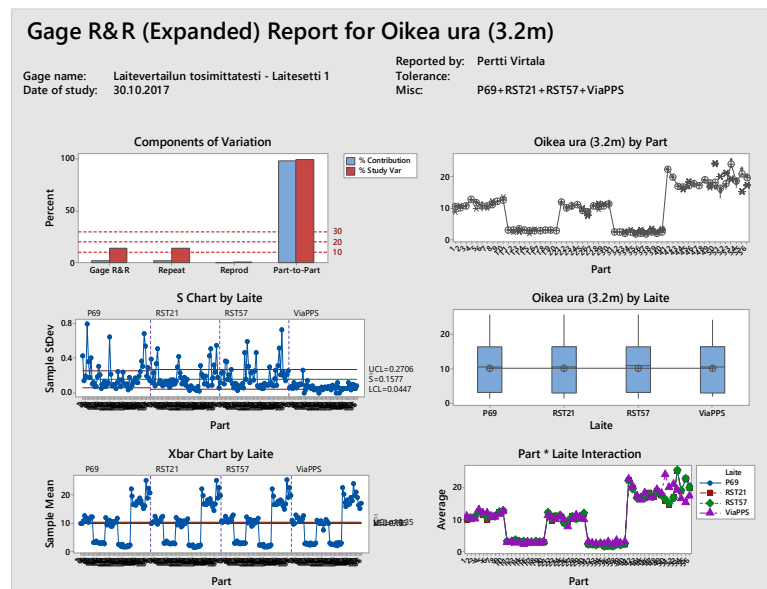
Laitekoonpanon 1 tuloksista vasemman uran suhteen pätee sama, mitä todettiin maksimiuran suhteen. GageRR% oli 10 %, mikä oli hyvä tulos. Näistä laitteista koostuva mittausjärjestelmä on toimiva, eikä se siten tarvitsisi historiatiedon yhteensopimattomuudesta johtuvia korjaustoimia (Kuva 35).



Kuva 35. Mittausjärjestelmän toimivuustesti (GageRR) laitekoonpanon 1 laitteiden vasemmalle uralle.

4.3.5.3 Oikea ura

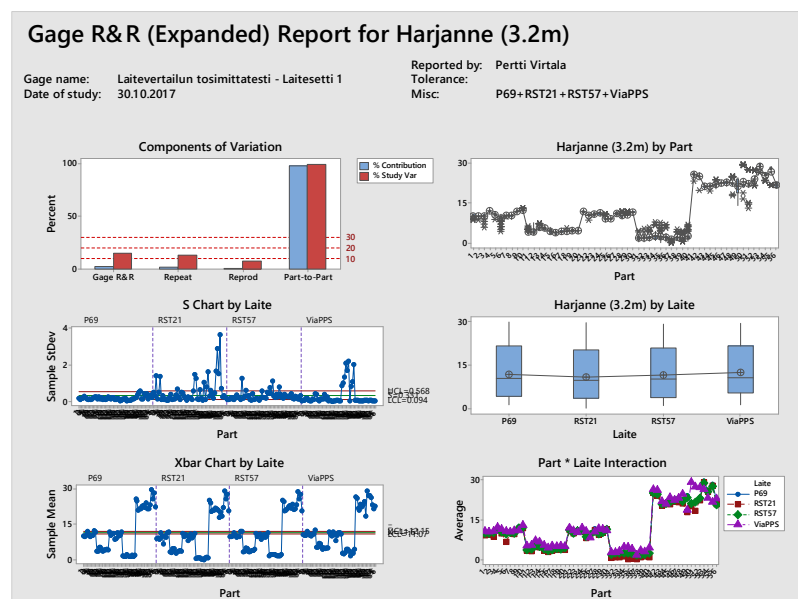
Laitekoonpanon 1 tuloksista myös oikean uran suhteen voidaan todeta, että mittausjärjestelmä on toimiva (gageRR=12%). ViaPPS:n toistettavuus oli parempi kuin muilla laitteilla. Tasoeroja ei esiintynyt (Kuva 36).



Kuva 36. Mittausjärjestelmän toimivuudesta (GageRR) laitekoonpanon 1 laitteiden oikealle uralle.

4.3.5.4 Harjanne

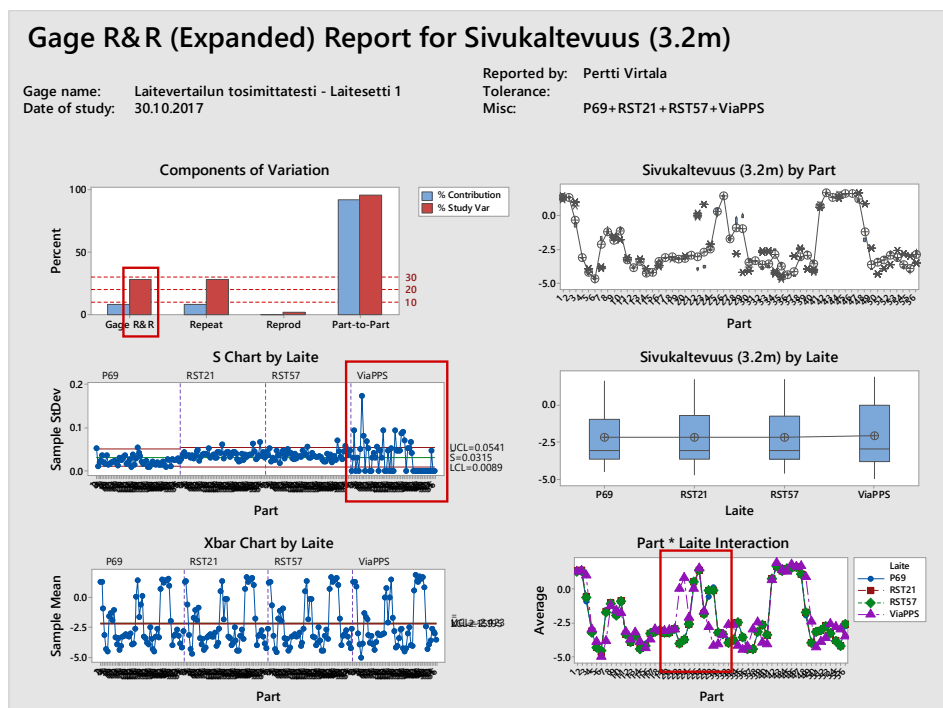
Laitekoonpanon 1 harjanteesta voidaan todeta, että mittausjärjestelmä on toimiva (GageRR=15%). RST57:lla ja ViaPPS:llä oli muita enemmän toistettavuusvirhettä. Paras toistettavuus oli P69:lla. RST21:n taso oli muihin nähden hiukan matalammalla (Kuva 37).



Kuva 37. Mittausjärjestelmän toimivuudesta (GageRR) laitekoonpanon 1 laitteiden harjanteelle.

4.3.5.5 Sivukaltevuus

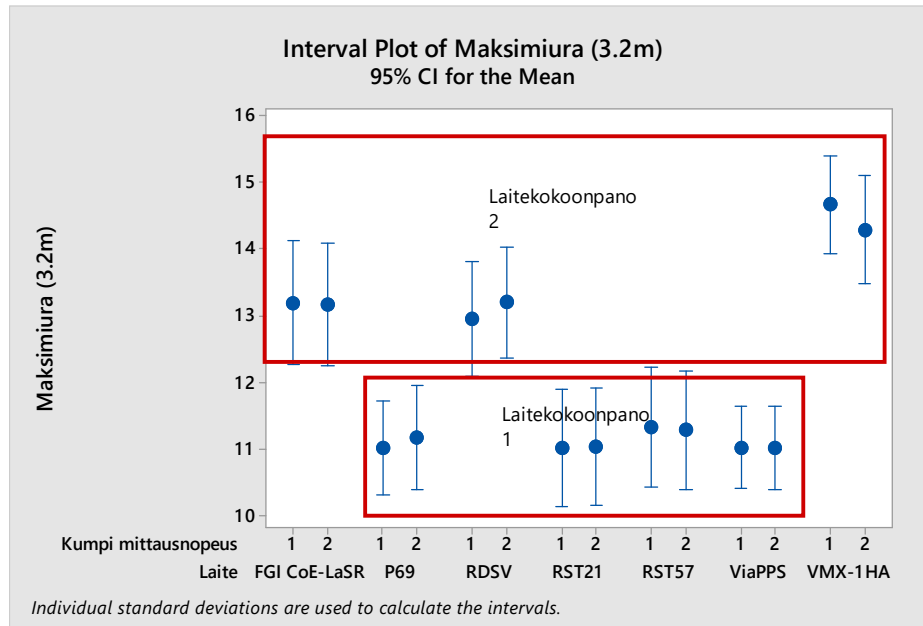
Laitetekoonpanon 1 tulokset sivukaltevuuden osalta olivat lähellä hyväksymisrajaa. Mittausjärjestelmä on toimiva, mutta marginaalia hyväksymisrajaan jäi hyvin vähän. Ongelma oli ViaPPS:n tuloksissa, joissa oli toisaalta suurehkoja toistettavuusvirheitä ja toisaalta hyvin pieniä. Ongelmat sijoittuvat kohteille 3 ja 4. Tulos viittasi siihen, että tulosten käsittelyssä olisi ollut virhettä. Oikeasta alakuvasta voitiin päätellä, että jonkun mittauskerran tulokset olivat mahdollisesti väärässä järjestyksessä. Vaikka tulokset toimitettiin useaan kertaan, mutta tämä ei korjannut ongelmaa. Muut kokoonpanon 1 laitteet olivat keskenään erittäin hyvin yhteensopivia (Kuva 38).



Kuva 38. Mittausjärjestelmän toimivuustesti (GageRR) laitesetin 1 laitteiden sivukaltevuudelle.

4.3.6 Laitetekoonpano 2 (RS/RDSV+SP/FGI-CoE+NG/VMX)

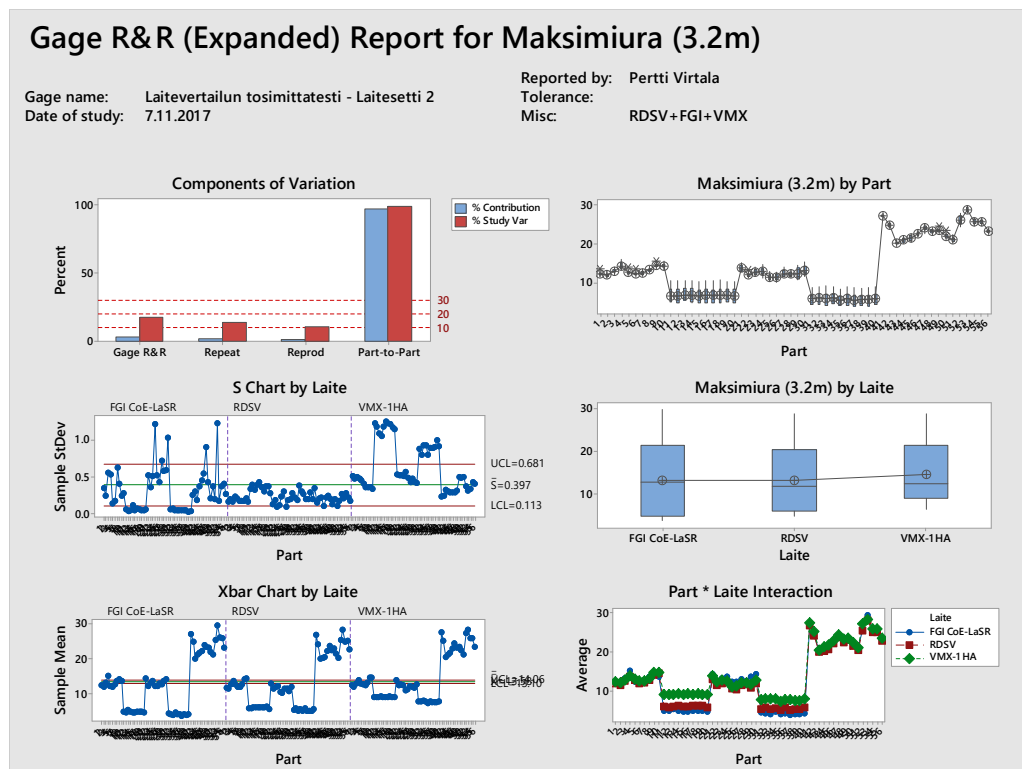
Luvussa 4.3.4 esitettyjen pylväskuvaajien perusteella oli selvää, ettei kaikista testattavista laitteista koostuva mittausjärjestelmä olisi mittausjärjestelmän toimivuustestin (GageRR) mukaan toimiva. Sitä ei siis analysoitu yhtenä kokonaisuutena lainkaan. Sen sijaan laitekoonpano 2 muodostettiin niistä laitteista, jotka poikkesivat laitekoonpanon 1 laitteista samaan suuntaan. Näitä laitteita olivat jäljelle jääneet laitteet RDSV, FGI-CoE ja NG/VMX (Kuva 39). Tuloksina käsiteltiin algoritmilla B tuotettuja tuloksia.



Kuva 39. Kaikkien laitteiden urakeskiarvot.

4.3.6.1 Maksimiura

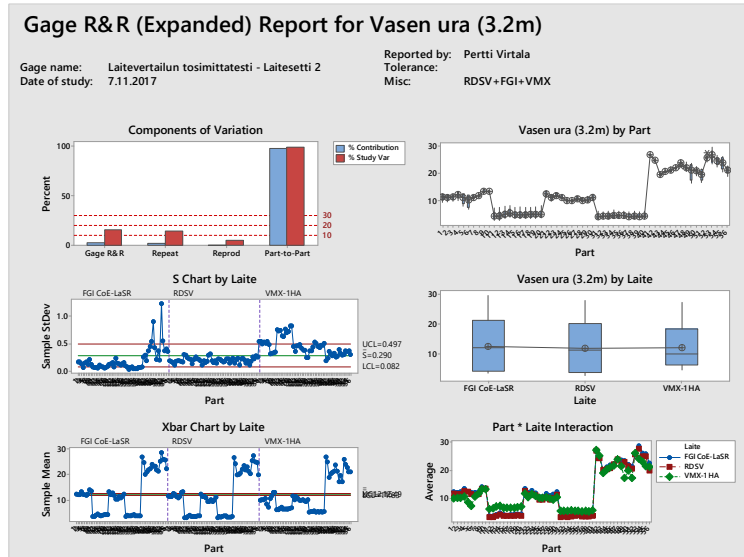
Laitekoonpanon 2 laitteet muodostivat toimivan mittausjärjestelmän maksimiuralle (GageRR=17%). RDSV oli toistettavuudeltaan paras, mutta FGI:n ja VMX:n tuloksissa oli toistettavuusvirhettä. VMX tuotti hiukan suurempia uria kuin muut uudella päällysteellä (kohteet 3 ja 4). Laitekoonpanoa kuvaava tulos oli kuitenkin huonompi kuin mitä se nykytekniikan yleensä on (Kuva 40).



Kuva 40. Mittausjärjestelmän toimivuustesti (GageRR) laitekoonpanon 2 laitteiden maksimiuralle.

4.3.6.2 Vasen ura

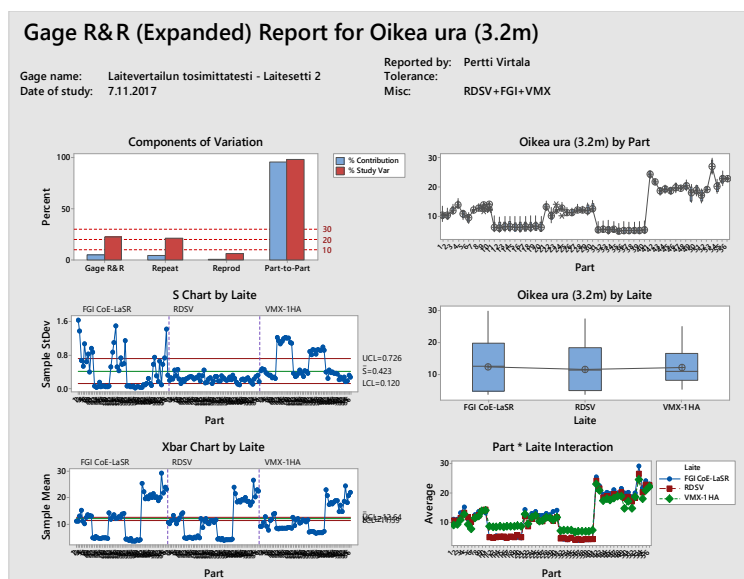
Laitekokoonpanon 2 laitteen olivat vasemman uran suhteen toimiva mittausjärjestelmä. GageRR%-tunnusluku oli 15%. Merkittäviä tasoeroja ei havaittu. Toistettavuuksiin pätee sama, mitä edellä todettiin maksimiuralle (Kuva 41).



Kuva 41. Mittausjärjestelmän toimivuudesta (GageRR) laitekokoonpanon 2 laitteiden vasemmalle uralle.

4.3.6.3 Oikea ura

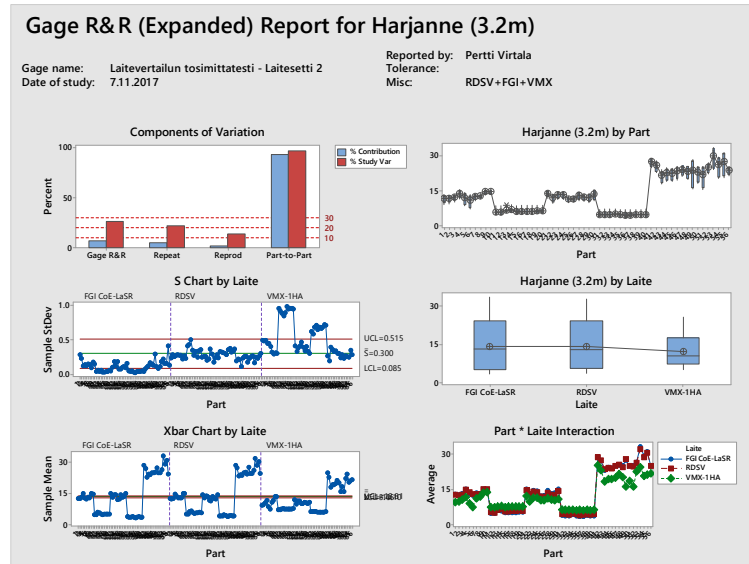
Laitekokoonpanon 2 laitteen olivat toimiva mittausjärjestelmä myös oikealle uralle. GageRR%-tunnusluku oli 22%. FGI:n tulos oli hiukan koholla muihin verrattuna. Toistettavuuksiin pätee sama, mitä edellä sanottiin maksimiurasta ja vasemmasta urasta (Kuva 42).



Kuva 42. Mittausjärjestelmän toimivuudesta (GageRR) laitekokoonpanon 2 laitteiden oikealle uralle.

4.3.6.4 Harjanne

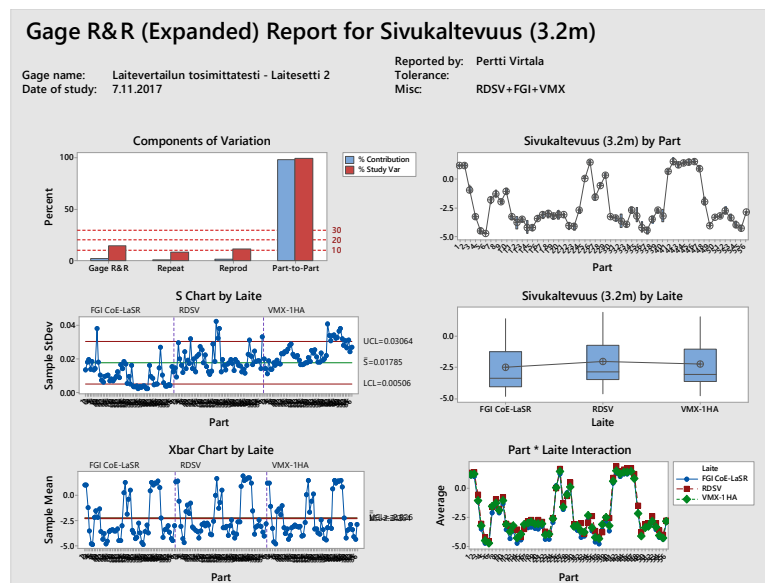
Laitekokoonpanon 2 laitteet ovat toimiva mittausjärjestelmä harjanteelle, vaikka GageRR% oli jo melko korkea eli 26 %. Muista poikkeava laite oli VMX, jonka taso oli muita matalampi ja toistettavuus muita huonompi. Tulos lähenee kuitenkin 30 % rajaa, mikä tarkoittaa, että käytännössä laitekokoonpano voisi osoittautua toimimattomaksi (Kuva 43).



Kuva 43. Mittausjärjestelmän toimivuudesta (GageRR) laitekokoonpanon 2 laitteen harjanteelle.

4.3.6.5 Sivukaltevuus

Laitekokoonpano 2 oli toimiva mittausjärjestelmä myös sivukaltevuuden mittaamiseen. GageRR% oli 14 % (osa A). Pieniä toistettavuusvirheitä (osa C) ja tasoeroja (osa D) kuitenkin esiintyi (Kuva 44).



Kuva 44. Mittausjärjestelmän toimivuudesta (GageRR) laitekokoonpanon 2 laitteen sivukaltevuudelle.

4.4 Yhteenveto tosimitatestistä

4.4.1 Toistettavuus

Laitteiden toistettavuudet olivat melko hyviä. Referenssilaitteisiin (P69 ja RST21) verrattuna uramittauksessa RST57 ja ViaPPS olivat joko referenssien toistettavuuksien tuntumassa tai osittain parempia, RDSV sen tuntumassa ja FGI-CoE-VUX sekä NG/-VMX sitä huonompia. Harjanteen ja sivukaltevuuden mittauksessa paras toistettavuus oli FGI-CoE-VUX:llä.

4.4.2 Nopeusriippuvuus

Tulosten nopeusriippuvuus oli kaikilla laitteilla äärimmäisen pieni. Käytännössä tulokset eivät riippuneet tutkituilla nopeusalueilla mittausnopeudesta.

4.4.3 Poikkeama referenssistä

Vakiomittausleveyden avulla haettiin testattavien laitteiden uranlaskenta-algoritmien (B ja C) suhdetta pistelasereiden tuottamiin tuloksiin (A). Mittausleveyden vaikutus siten eliminoitiin (algoritmeissa A ja B). Algoritmista C oli mukautuva (vapaa) mittausleveys, joka vaihteli eri laitteiden välillä.

RST57 ja ViaPPS olivat melko lähellä referenssituloksia riippumatta laskenta-algoritmista. Muut laitteet, lukuun ottamatta FGI/C-kombinaatiota, tuottivat noin 2 mm suurempia arvoja kuin referenssilaitteet. FGI-CoE algoritmilla C tuotti lähes 6 mm suurempia arvoja kuin referenssilaitteet (Taulukko 8 ja Taulukko 9).

Taulukko 8. Maksimiuran keskiarvot kohteittain, laitteittain eri laskenta-algoritmeilla.

Algoritmi/laitte	Kohde						Keskim.
	1	2	3	4	5	6	
A	11.53	10.65	3.37	2.74	20.82	21.80	11.14
P69	11.53	10.56	3.47	2.88	20.63	21.51	11.10
RST21	11.39	10.60	3.15	2.68	20.63	21.77	11.03
RST57	11.66	10.81	3.45	2.62	21.24	22.22	11.30
B	12.48	11.61	4.87	4.29	22.31	23.47	12.48
FGI CoE-LaSR	13.22	13.23	4.90	4.20	23.16	24.64	13.18
RDSV	12.84	11.58	6.07	5.45	22.61	24.01	13.08
RST57	12.35	11.49	3.93	3.08	21.92	22.88	11.91
ViaPPS	11.50	10.25	3.06	2.80	20.99	21.65	11.02
VMX-1HA	12.48	11.49	6.38	5.94	22.87	24.14	13.20
C	13.26	12.41	5.82	5.34	23.38	24.48	13.42
FGI CoE-LaSR	17.26	16.96	8.67	7.85	26.96	28.32	16.96
RDSV	12.76	11.64	6.09	5.92	23.52	24.72	13.39
RST57	12.72	11.92	4.05	3.19	22.27	23.17	12.19
ViaPPS(*)	10.77	9.72	3.60	3.60	21.02	21.83	11.07
VMX-1HA	12.77	11.83	6.70	6.14	23.13	24.37	13.47

Leveämmän mittausleveyden käyttö kasvatti eroja referenssituloksiin (Taulukko 9). FGI-CoE-VUX:lla ne olivat noin 6 millin luokkaa, RDSV:llä ja NG/VMX:llä 2-4 mm ja RST57:llä noin millin. ViaPPS:n tulokset myös omalla mittausleveydellä (jota ei ollut ilmoitettu) erot referenssiin olivat lähes olemattomat.

Taulukko 9. Maksimiuran erot referenssiin nähden kohteittain ja laitteittain eri las-kenta-algoritmeilla.

Algoritmi/laite	Kohde						Keskim.
	1	2	3	4	5	6	
A	0.05	0.07	0.04	-0.05	0.18	0.19	0.07
P69	0.07	-0.01	0.14	0.08	0.00	-0.13	0.03
RST21	-0.09	0.01	-0.18	-0.11	0.00	0.17	-0.04
RST57	0.18	0.22	0.12	-0.17	0.61	0.62	0.24
B	1.00	1.02	1.53	1.50	1.68	1.86	1.41
FGI CoE-LaSR	1.74	2.65	1.57	1.41	2.53	3.04	2.11
RDSV	1.36	1.00	2.74	2.66	1.98	2.41	2.01
RST57	0.87	0.90	0.59	0.29	1.29	1.28	0.84
ViaPPS(*)	0.02	-0.34	-0.27	0.01	0.37	0.05	-0.04
VMX-1HA	1.01	0.91	3.05	3.14	2.24	2.54	2.13
C	1.79	1.83	2.51	2.56	2.75	2.84	2.35
FGI CoE-LaSR	5.80	6.38	5.36	5.07	6.33	6.68	5.90
RDSV	1.29	1.05	2.78	3.14	2.88	3.08	2.33
RST57	1.26	1.34	0.74	0.41	1.64	1.53	1.12
ViaPPS(*)	-0.69	-0.87	0.28	0.82	0.39	0.20	0.00
VMX-1HA	1.31	1.25	3.39	3.36	2.50	2.73	2.41

Taulukko 10. Vasemman ja oikean uran keskiarvot laitteittain eri algoritmeilla.

Vasen ura				Oikea ura	19.1.2018		
Laite	A	B	C	Laite	A	B	C
P69	9.98			P69	10.17		
RST21	9.83			RST21	10.07		
RST57	10.33	10.89	11.04	RST57	10.21	10.85	11.20
FGI CoE-LaSR		12.56	16.37	FGI CoE-LaSR		12.43	16.16
RDSV		11.83	12.29	RDSV		11.65	11.72
ViaPPS		10.05	10.20	ViaPPS		10.15	10.00
VMX-1HA		11.70	11.82	VMX-1HA		10.99	11.50
Keskim.	10.04	11.41	12.67	Keskim.	10.15	11.21	12.12

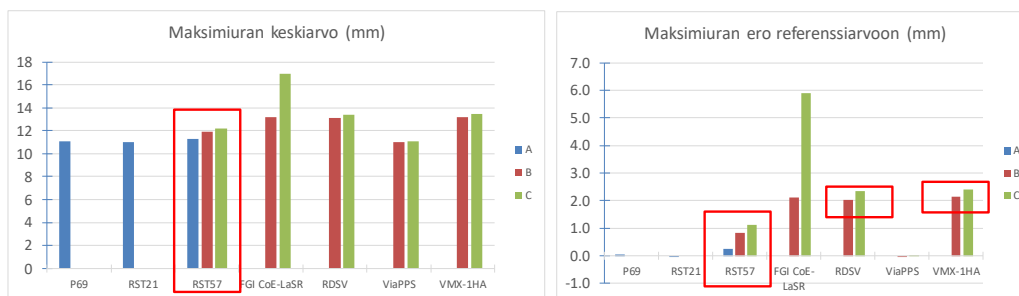
Taulukko 11. Harjanteen ja sivukaltevuuden keskiarvot laitteittain eri algoritmeilla.

Harjanne				Sivukaltevuus	19.1.2018		
Laite	A	B	C	Laite	A	B	C
P69	11.73			P69	-2.19		
RST21	10.79			RST21	-2.17		
RST57	11.51	11.51	11.51	RST57	-2.18	-2.18	-2.18
FGI CoE-LaSR		14.07	18.24	FGI CoE-LaSR		-2.48	-2.49
RDSV		14.12	14.27	RDSV		-2.02	-2.06
ViaPPS		12.40	12.81	ViaPPS		-2.09	-2.07
VMX-1HA		11.34	11.66	VMX-1HA		-2.27	-2.26
Keskim.	11.38	12.69	13.70	Keskim.	-2.18	-2.21	-2.21

4.4.4 Jatkuvan poikkiprofiilin ja mukautuvan leveyden vaikutus

Jatkuvan poikkiprofiilin vaikutusta uratuloosiin pystyttiin tarkastelemaan RST57-laitteen tuloksista (Kuva 45) vertaamalla sinisen ja punaisen pylvään eroja. Jatkuvalle profiililla (B) uratulos oli 0,57 mm. Muilta laitteilta ei ollut käytettävissä B-tulosta.

Vastaavasti mittausleveyden vaikutusta uratuloosiin pystyttiin tarkastelemaan vertaamalla punaisia (B) ja vihreitä (C) pylväitä toisiinsa. Mittausleveyden vaikutus oli saman suuruinen laitteilla RST57, RDSV ja VMX-1HA. Suurempi mittausleveys (C) kasvatti uratulosta noin 0,12-0,45 mm. Laitteella FGI-CoE uratulos kasvoi liian paljon ollakseen vertailukelpoinen. Skannaustekniikalla saatu ura voisi olla siten noin yhden millin perinteisellä mittaustekniikalla saatuja tuloksia suurempi.



Kuva 45. Jatkuvan profiilin vaikutus (A->B) ja mukautuvan mittausleveyden vaikutus (B->C) maksimiuraan.

4.4.5 Mittausleveyden vaikutus

Mittausleveyden vaikutusta tuloksiin arvioitiin vertaamalla kunkin laitteen omalla mittausleveydellä saatuja tuloksia (C) vakioleveydellä saatuihin tuloksiin (B). FGI-CoE-VUX:n oma mittausleveys oli ilmoitettu samaksi kuin vakioleveys, mutta tuloksissa oli silti suuri ero. Epäselväksi jäi, mitä mittausleveyttä oli käytetty. ViaPPS:n tulosten mittausleveyttä ei ollut ilmoitettu, joten senkään tuloksia ei voitu käyttää. Muiden laitteiden (RDSV, RST57 ja NG/VMX) omat mittausleveydet olivat välillä 3,4-3,5 m.

Mittausleveyden vaikutus maksimiuraan oli noin 0,3 mm, vasempaan uraan 0,24 mm, oikeaan uraan 0,3 mm ja harjanteeseen 0,2 mm. Mittausleveys ei vaikuttanut sivukaltevuuteen (Taulukko 12).

Taulukko 12. Mittausleveyden vaikutus tuloksiin.

Laite	Vasen ura	Maksimiura	Oikea ura	Harjanne	Sivukaltevuus
RDSV	0.45	0.31	0.08	0.15	-0.04
RST57	0.15	0.28	0.35	0.00	0.00
VMX-1HA	0.12	0.28	0.51	0.31	0.02
Keskim.	0.24	0.29	0.31	0.15	-0.01

5 Tuotantomittaustesti

5.1 Testin tavoitteet

Toisessa testausvaiheessa testattiin yrityksen:

- kykyä tehdä tuotantomittauksia,
- kykyä laskea ja toimittaa tuloksia halutussa muodossa ja aikataulussa,
- kykyä täyttää tuotantolaadulle asetetut vaatimukset.

5.2 Testin järjestelyt

5.2.1 Kohteet

Tuotantomittaustestin kohteet valittiin siten, että ne sisälsivät erilaisia teitä valtatteista yhdysteihin, mutta samalla niiden mitattavuus olisi sujuvaa. Kohteista muodostettiin siirtoajojen minimoimiseksi yhtenäisiä ajoreittejä (Kuva 46). Reitin kokonaispituus oli 139 km.



Tuotantomittaustestin tieosakohtainen reitti

Tie	Alorata	Suunta	Kaista	Alkuteleosa	Alkuteleisyys	Lopputeleosa	Lopputeleisyys	Pituus	TR-pituus	Huom
1	1	1	1	6	1600	6	5409	3809	5409	
1	1	1	1	7	0	7	7229	7229	7229	
1	1	1	1	8	0	8	5559	5559	5559	
2	1	1	1	1	0	1	4620	4620	4620	kaksijoratainen osuus
2	0	1	1	1	4620	1	4730	110	110	yksijoratainen osuus
2	1	1	1	2	0	2	2186	2186	2186	
25	0	1	1	24	0	24	5425	5425	5425	
25	0	1	1	25	0	25	10513	10513	10513	
25	0	1	1	27	0	27	3908	3908	3908	
25	0	1	1	28	0	28	5700	5700	5824	tr pituus on 5824, kohdetta lyhennetty
132	0	2	1	5	0	5	2100	2100	7887	tr pituus on 7887, kohdetta lyhennetty
132	0	2	1	4	0	4	5561	5561	5561	
1321	0	1	1	1	0	1	7138	7138	7138	
1321	0	1	1	2	0	2	3400	3400	10721	tr 10721, kohdetta lyhennetty
130	0	2	1	5	0	5	3200	3200	3200	
3	2	2	1	105	0	105	6100	6100	7023	tr 7023, kohdetta lyhennetty
3	2	2	1	104	0	104	4574	4574	4574	
3	2	2	1	103	0	103	7468	7468	7468	
50	2	2	1	5	0	5	3734	3734	3734	
50	2	2	1	4	0	4	5905	5905	5905	
50	2	2	1	3	0	3	5530	5530	5530	
50	0	2	1	1	0	1	7000	7000	7000	kohdetta lyhennetty
120	0	1	1	5	0	5	14165	14165	14165	
120	0	2	1	5	0	5	14165	14165	14165	
								139099		

Kuva 46. Tuotantomittaustestin reitti.

5.2.2 Laatuvaatimukset

Testissä sovellettiin samoja laatuvaatimuksia kuin mitä sovelletaan palvelutasomittausten toteuttamisessa PTM-urakassa 2014-2019. Tunnusluville laskettiin poikkeamien määrittämiseksi raja-arvot ja niiden ylittymisen prosenttiosuudet. Tuotantolaadun toteumaa määritettäessä havaintoyksikkönä käytetään täysiä 100-/50- metrin jaksoja. Täydellä jaksolla tarkoitetaan 100 m pituista jaksoa, jolta ei ole poistettu yhtään 10-metrin havaintoa esimerkiksi filterien tai kommentoinnin takia. Laskennassa käytetään koko mittauskauden kontrollimittausohjelman tietoja. Verrattaessa tuotantomittaus tuloksia kontrollimittaus tuloksiin suuria poikkeavia arvoja (outlier) ei poisteta analyyseistä [1]. Tuotanto- ja kontrollimittausten välisen eron (Y) tulee olla alla taulukossa 10 esitettyjen raja-arvojen sisällä. Esitettyjen raja-arvojen ulkopuolella olevat arvot ovat laatu poikkeamia [1]. Niiden määrä saa olla enintään 10 %.

Taulukko 13. Tunnuslukujen tuotantomittausten laatupoikkeaman raja-arvot [1].

Tunnusluku	Yksikkö	Kontrollimittauksen arvo-alue ¹⁾	raja-arvo ^{1),3)}
Maksimiurasyvyys	mm	$X_k < 10$	$-1 \leq Y \leq 1$
Maksimiurasyvyys	mm	$10 \leq X_k < 18$	$-(X_k \times 10\%) \leq Y \leq X_k \times 10\%$
Maksimiurasyvyys	mm	$X_k \geq 18$	$-(X_k \times 15\%) \leq Y \leq X_k \times 15\%$

- 1) X_k = Kontrollimittauksen tunnusluvun mitattu arvo
- 2) X_t = Tuotantomittauksen tunnusluvun mitattu arvo
- 3) $Y = X_k - X_t^{(2)}$

Jos tuotanto- ja kontrollimittausten välinen ero (Y) oli taulukossa 11 esitettyjen raja-arvojen ulkopuolella, arvot ovat huomattavia laatupoikkeamia. Niiden määrä saa olla enintään 5 %.

Taulukko 14. Tunnuslukujen tuotantomittausten huomattavan laatupoikkeaman raja-arvot [1].

Tunnusluku	Yksikkö	Kontrollimittauksen arvo-alue ¹⁾	raja-arvo ^{1),3)}
Maksimiurasyvyys	mm	$X_k < 8$	$-1,5 \leq Y \leq 1,5$
Maksimiurasyvyys	mm	$8 \leq X_k < 18$	$-(X_k \times 20\%) \leq Y \leq X_k \times 20\%$
Maksimiurasyvyys	mm	$X_k \geq 18$	$-(X_k \times 25\%) \leq Y \leq X_k \times 25\%$

- 1) X_k = Kontrollimittauksen tunnusluvun mitattu arvo
- 2) X_t = Tuotantomittauksen tunnusluvun mitattu arvo $Y = X_k - X_t^{(2)}$

Taulukossa 12 on esitetty seurattavien tunnuslukujen ohjeelliset raja-arvot. Esitettyjen raja-arvojen ulkopuolella olevat arvot ovat laatupoikkeamia. Niiden määrälle ei ole urakan laatuvaatimuksissa maksimiarvoja [1].

Taulukko 15. Seurattavien tunnuslukujen tuotantomittausten laatupoikkeaman raja-arvot [1].

Tunnusluku	Yksikkö	Kontrollimittauksen arvo-alue ¹⁾	raja-arvo ^{1),3)}
Ura oikea/vasen	mm	$X_k < 8$	$-1,5 \leq Y \leq 1,5$
Ura oikea/vasen	mm	$X_k \geq 8$	$-(X_k \times 20\%) \leq Y \leq X_k \times 20\%$
Harjanteen korkeus	mm	$-10 < X_k < 10$	$-1,0 \leq Y \leq 1,0$
Harjanteen korkeus	mm	$X_k \geq 10, X_k \leq -10$	$-(X_k \times 10\%) \leq Y \leq X_k \times 10\%$
Sivukaltevuus	%	$-15 \leq X_k \leq 15$	$-0,5 \leq Y \leq 0,5$

5.2.3 Testikohteiden liikennejärjestelyjen suunnittelu ja toteutus

Testimittauksiin ei järjestetty erityistä liikenteenohjausta.

5.2.4 Testikohteiden referenssimittaukset

Testikohteille tehtiin referenssimittaukset Destian nykyisillä mittaustekniikoilla. Testissä käytettiin mittausautoa P69, joka on testattu Ruotsin VTI:n järjestämässä hyväksymistestissä vuonna 2013. Kohteet mitattiin kahteen kertaan.

5.2.5 Vertailun toteuttamisen ohjaus ja valvonta

Vertailuun tarvittavien mittausten ohjaus ja valvonta tehtiin Destian toimesta. Testi alkoi yhteisellä tilaisuudella, jossa esitettiin sen tavoitteet, ohjeet ja muut tarvittavat asiat. [2]

5.2.6 Tulosten laskennan ohjeistus

Tulosten laskentaa ohjeistettiin siten, että esitettiin tunnuslukujen laskentaperiaatteet, raportointiväli ja toimitusmuoto [2].

5.2.7 Tulosten käsittely ja analysointi

Eri yritysten toimittamat tulokset otettiin vastaan ja niille tehtiin ensin muototarkistus, jossa tarkistettiin pyydettyjen tulosten määrä ja muoto. Määrältään ja muodoltaan vaatimukset täyttävät tulokset laitettiin yhteen tietokantaan mittaavan yrityksen tunnukilla ja ajokertatunnuksilla varustettuna.

- Vajaat 100m-jaksot poistettiin tarkastelusta.
- Poikkeuksellisia häiriötilanteita sisältäneet kohdat poistettiin tarkastelusta (niiden määrä ei kuitenkaan saanut olla liian suuri).

Tulokset analysoitiin aiemmin esitettyjä laatuvaatimuksia vasten.

5.3 Tulokset

5.3.1 Mittausten määrä (mittausleveys 3.2m)

Tuotantomittausreitien pituus oli 139 km. Toimitetut pituudet olivat tilausten mukaisia. Tuotantomittauksista mittausten määrä oli tehty viiden päivän aikana ja niiden viimeiset versiot oli toimitettu seuraavasti:

Yritys	Mittauspäivä	Toimituspäivä
• SolidPotato (FGI)	17.9.2017	15.10.2017
• Roadscanners (RDSV)	18.9.2017	27.10.2017
• Terratec (ViaPPS)	19.9.2017	19.01.2018
• Ramboll (RST57)	20.9.2017	13.10.2017
• Nordic Geocenter (VMX)	21.9.2017	18.01.2018

Kun otetaan huomioon tapahtumakirjaukset ("outit"), niin toimitusten määrä täytti vaatimuksena olleen rajan 97,5 % muilla toimittajilla paitsi SolidPotaton FGI:llä, jolla puhdasta mittauksista oli 96,9 % tilatusta (Taulukko 16). Puuttuvia määriä oli viidellä tietosalla. Puutteiden pääasiallisina syinä oli, että kohteilla oli tehty mittauskertojen välisenä aikana jyrskintätöitä.

Taulukko 16. Toimitetut määrät teiosittain ja laitteittain.

Tuotantomittaustestin teiosakohtainen reitti										Yhteensä										Erorat (m)					Toimitettu out-of-trackien jälkeen				
Ongelmatuotokset																													
Re	Alueita	Suunta	Kaistat	Alkueläisyys	Loppueläisyys	Pituus	TR-pituus	Huom		FGI CoE-LaSR	RST57	RDSV	ViaPPS	VMX-1HA	FGI CoE-LaSR	RST57	RDSV	ViaPPS	VMX-1HA	FGI CoE-LaSR	RST57	RDSV	ViaPPS	VMX-1HA					
1	1	1	1	6	6	5409	3809	5409		3809	3809	3809	3809	3809	0	0	0	0	0	3809	3809	3809	3809	3809					
1	1	1	1	7	7	7229	7229	7229		7229	7229	7229	7229	7219	0	0	0	0	-10	6729	7229	7229	7229	7219					
1	1	1	1	8	8	5559	5559	5559		5559	5559	5559	5559	5578	0	0	0	0	19	5000	5559	5559	5559	5578					
2	1	1	1	1	0	1	4620	4620	4620	4730	4730	4730	4730	4730	0	0	0	0	0	4230	4730	4730	4730	4730					
2	0	1	1	1	4620	1	4730	110	110	4730	4730	4730	4730	4730	0	0	0	0	0	4730	4730	4730	4730	4730					
2	1	1	1	2	2	2186	2186	2186		2186	2186	2186	2186	2173	0	0	0	0	-13	2186	2186	2186	2186	2173					
25	0	1	1	24	24	5425	5425	5425		5425	5425	5425	5425	5439	0	0	0	0	14	5425	5425	5425	5425	5439					
25	0	1	1	25	25	10513	10513	10513		10513	10513	10513	10513	10534	0	0	0	0	21	10513	10513	10413	10513	10534					
25	0	1	1	27	27	3908	3908	3908		3908	3908	3908	3908	3923	0	0	0	0	15	3908	3908	3908	3908	3923					
25	0	1	1	28	28	5700	5700	5824	tr pituus on 5824, kohdetta lyhennetty	5700	5700	5700	5700	5700	0	0	0	0	0	5700	5700	5700	5700	5700					
132	0	2	1	5	0	5	2100	2100	7887	2100	2100	2100	2100	2100	0	0	0	0	0	2100	2100	2100	2100	2100					
132	0	2	1	4	0	4	5561	5561	7122	5561	5561	5561	5561	5561	0	0	0	0	0	5561	5561	5561	5561	5561					
1321	0	1	1	1	0	1	7138	7138	7138	7138	7138	7138	7138	7122	0	0	0	0	-16	7138	7138	7138	7138	7122					
1321	0	1	1	2	0	2	3400	3400	10721	3400	3400	3400	3400	3450	0	0	0	0	50	3400	3400	3400	3400	3450					
130	0	2	1	5	0	5	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	0	0	0	0	0	3200	3200	3200	3200	3200					
3	2	2	1	105	0	105	6100	7023	tr 7023, kohdetta lyhennetty	6100	6100	6100	6100	6100	0	0	0	0	0	5700	6100	6100	6100	6100					
3	2	2	1	104	0	104	4574	4574	4574	4574	4574	4574	4574	4585	0	0	0	0	11	4574	4574	4574	4574	4585					
3	2	2	1	103	0	103	7468	7468	7468	7468	7468	7468	7479	7479	0	0	0	0	11	6468	7468	7468	7300	7479					
50	2	2	1	5	0	5	3734	3734	3734	3734	3734	3734	3691	3691	0	0	0	0	-43	3300	3734	3734	3734	3691					
50	2	2	1	4	0	4	5905	5905	5905	5905	5905	5905	5920	5920	0	0	0	0	15	5905	5905	5905	5905	5920					
50	2	2	1	3	0	3	5530	5530	5530	5530	5530	5530	5532	5532	0	0	0	0	2	5530	5530	5530	5530	5532					
50	0	2	1	1	0	1	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	0	0	0	0	0	7000	7000	7000	7000	7000					
120	0	1	1	5	0	5	14165	14165	14165	14165	14165	14165	14189	14189	0	0	0	0	24	13265	14165	14165	14165	14189					
120	0	2	1	5	0	5	14165	14165	14165	14165	14165	14165	14189	14189	0	0	0	0	23	14165	14165	14165	14165	14189					
							139099	139099	139099	139099	139099	139099	139212	139212	139099	139099	139099	139099	139099	139099	139099	139099	139099	139212					
										100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	96.9%	100.0%	99.9%	99.5%	100.0%					

5.3.2 Tuotantolaatu

5.3.2.1 Vakiomittausleveys

Maksimiuran tuotantolaatu on esitetty seuraavassa taulukossa teiosittain. Lopullista laatua arvioitiin kuitenkin kokonaisuutena eli Yhteensä-rivin tuloksista. Teiosittaisesta tarkastelusta osallistujat näkevät, millä teiosilla laatu on poikennut ja mihin kohtiin kannattaa kiinnittää huomiota.

Maksimiuran kohdalla (Taulukko 17) laatuvaatimus on kaksiosainen: normaalien poikkeamien osuus saa olla enintään 10 % ja huomattavien poikkeamien osuus saa olla enintään 5 %. Huomattavien poikkeamien osuus vaihteli toimittajasta riippuen välillä 0-3,8 %, joten kaikki laitteet täyttivät laatuvaatimuksen. Pistelaserlaitteella tuotettu referenssitulos oli vain 1,1 %, mikä on huomattavasti parempi kuin normaalisti tuotanto-olosuhteissa. Se asettaa mittatikun muille tiukemmaksi kuin varsinainen raja-arvo.

Normaalien poikkeamien osuus vaihteli välillä 0,1-7,8 %. Erittäin hyviä tulokset olivat laitteilla RS/RDSV, NG/VMX-1HA, RAM/RST57 ja TT/ViaPPS. Referenssilaitteen tulos oli 4,7 %, mikä normaaleissa tuotanto-olosuhteissa on yleensä lähempänä laatuvaatimusrajaa, joka on 10 %. Muilla laitteilla normaalien poikkeamien osuus oli suurempi.

Käytännössä tämän testin tulosten (pitkä lenkki) pitäisi olla selvästi alle laatuvaatimusrajojen, koska normaalissa tuotantomittaustilanteessa olosuhteet ja vaihtelu kuitenkin kasvavat, ja laatu edelleen heikkenisi jonkun verran. Jos laatuvaatimusten täytyminen on tässä testissä hilkulla, niin se on sitä huomattavasti enemmän normaalissa verkkomittaustilanteessa, jossa suoritetaan ja erilaisia teitä tulee tarkkailun piiriin huomattavasti enemmän.

Taulukko 17. Maksimiuran tuotantolaatu vakiomittausleveydellä 3,2 m.

Tie/osa	Huomattavat poikkeamat maksimiuurassa 3.2m						Normaalit poikkeamat maksimiuurassa (3.2m)					
	SP/ FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX	SP/ FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX
1												
6	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
7	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.6%	0.0%	2.0%	0.0%	3.6%	0.0%	0.0%	0.0%
1 Summa	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	0.0%	1.3%	0.0%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%
2												
1	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	6.7%	0.0%	0.0%	6.5%	0.0%
2	0.0%	4.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.8%	14.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2 Summa	1.6%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%	9.1%	0.0%	0.0%	4.5%	0.0%
3												
103	4.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.1%	4.1%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%
104	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.2%	4.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
105	1.8%	13.1%	0.0%	0.0%	3.3%	0.0%	1.8%	16.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3 Summa	2.4%	4.4%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	2.4%	8.3%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%
25												
24	5.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	3.7%	0.0%
25	4.8%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.7%	4.8%	8.6%	0.0%	0.0%	0.0%
27	5.1%	2.6%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	0.0%	5.1%	0.0%
28	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
25 Summa	4.3%	0.4%	0.4%	0.0%	0.4%	0.0%	3.1%	2.7%	3.5%	0.0%	1.6%	0.0%
50												
1	12.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	20.0%	5.7%	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%
3	3.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.6%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4	6.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	23.7%	10.2%	1.7%	0.0%	1.7%	0.0%
5	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
50 Summa	6.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	16.6%	5.0%	0.5%	0.0%	1.4%	0.0%
120												
5	5.1%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12.1%	5.0%	0.0%	0.4%	0.7%	0.4%
120 Summa	5.1%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12.1%	5.0%	0.0%	0.4%	0.7%	0.4%
130												
5	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	16.7%	0.0%	9.4%	0.0%	0.0%	0.0%	16.7%	0.0%
130 Summa	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	16.7%	0.0%	9.4%	0.0%	0.0%	0.0%	16.7%	0.0%
132												
4	7.3%	3.6%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	7.3%	20.0%	0.0%	0.0%	5.5%	0.0%
5	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
132 Summa	5.3%	2.7%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	6.6%	14.7%	0.0%	0.0%	3.9%	0.0%
1321												
1	2.8%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	11.3%	0.0%	0.0%	1.4%	5.6%	0.0%
2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.8%	0.0%	11.8%	0.0%	0.0%	0.0%	14.7%	9.1%
1321 Summa	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	4.8%	0.0%	11.4%	0.0%	0.0%	1.0%	8.6%	2.9%
Yhteensä	3.8%	1.1%	0.1%	0.0%	1.2%	0.0%	7.8%	4.7%	0.9%	0.1%	2.3%	0.3%
Sallittu	5%	5%	5%	5%	5%	5%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Hyväksyntä	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok

Vasemman ja oikean uran poikkeamille (Taulukko 18) ei ole esitetty laatuvaatimuksissa ylärajaa. Tuotantolaatu oli maksimiuran tapaan hyvä laitteilla RS/RDSV, NG/VMX-1HA, RAM/RST57 ja TT/ViaPPS. RDSV:llä ei ollut yhtään poikkeamia. SP/FGI:llä oikeassa urassa poikkeamia oli 10,8 %. Referenssilaitteella P6g (REF_D) poikkeamia oli vasemmassa urassa vain 1,6 % ja oikeassa 2,8 %.

Taulukko 18. Vasemman ja oikean uran tuotantolaatu vakiomittauslevyellä 3.2 m.

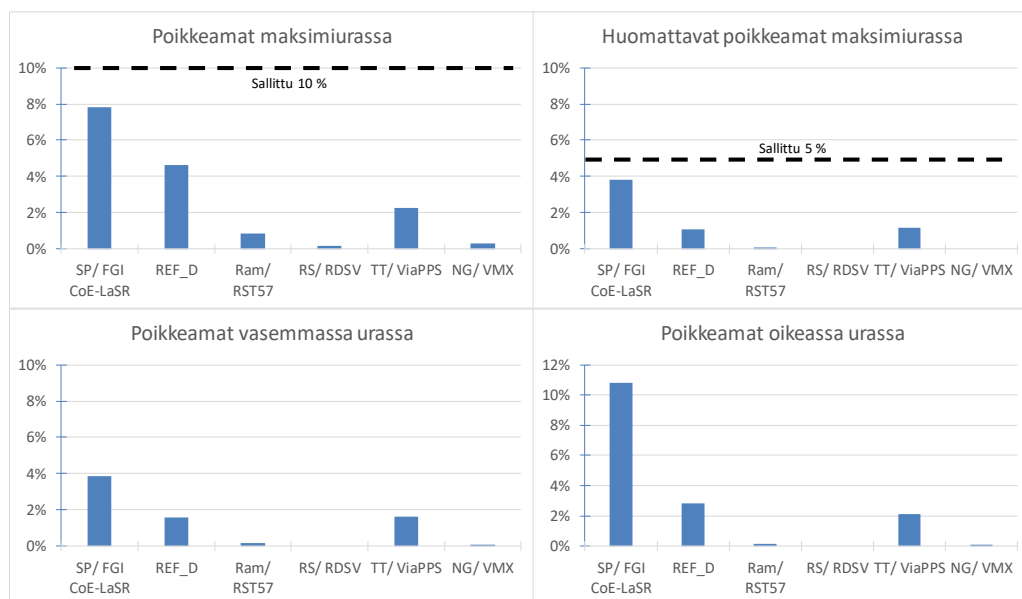
Vasemman uran poikkeamat vakiomittauslevyellä 3.2 m							Oikean uran poikkeamat vakiomittauslevyellä 3.2 m						
Tie/osa	SP/ FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX	Tie/osa	SP/ FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX
1							1						
6	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	6	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
7	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	7	3.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
8	2.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	1.8 %	0.0 %	8	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	3.6 %	0.0 %
1 Summa	0.6 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.6 %	0.0 %	1 Summa	1.3 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	1.2 %	0.0 %
2							2						
1	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	4.3 %	0.0 %	1	12.2 %	2.2 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
2	4.8 %	14.3 %	0.0 %	0.0 %	4.8 %	0.0 %	2	14.3 %	14.3 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
2 Summa	1.6 %	4.5 %	0.0 %	0.0 %	4.5 %	0.0 %	2 Summa	12.9 %	6.1 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
3							3						
103	0.0 %	1.4 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	103	18.8 %	10.8 %	0.0 %	0.0 %	1.4 %	0.0 %
104	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	104	4.4 %	6.7 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
105	0.0 %	1.6 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	105	8.8 %	23.0 %	0.0 %	0.0 %	6.6 %	0.0 %
3 Summa	0.0 %	1.1 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	3 Summa	11.4 %	13.9 %	0.0 %	0.0 %	2.8 %	0.0 %
25							25						
24	3.7 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	24	7.4 %	1.9 %	0.0 %	0.0 %	1.9 %	1.9 %
25	1.9 %	1.0 %	1.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	25	17.1 %	1.0 %	1.9 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
27	2.6 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	2.6 %	0.0 %	27	23.1 %	2.6 %	0.0 %	0.0 %	2.6 %	0.0 %
28	1.8 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	28	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
25 Summa	2.4 %	0.4 %	0.4 %	0.0 %	0.4 %	0.0 %	25 Summa	12.2 %	1.2 %	0.8 %	0.0 %	0.8 %	0.4 %
50							50						
1	22.9 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	1	22.9 %	1.4 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
3	1.8 %	3.6 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	3	9.1 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
4	13.6 %	6.8 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	4	13.6 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
5	12.1 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	5	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
50 Summa	13.4 %	2.7 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	50 Summa	13.4 %	0.5 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
120							120						
5	4.0 %	2.9 %	0.0 %	0.0 %	0.4 %	0.0 %	5	11.7 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
120 Summa	4.0 %	2.9 %	0.0 %	0.0 %	0.4 %	0.0 %	120 Summa	11.7 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
130							130						
5	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	20.0 %	0.0 %	5	3.1 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	13.3 %	0.0 %
130 Summa	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	20.0 %	0.0 %	130 Summa	3.1 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	13.3 %	0.0 %
132							132						
4	3.6 %	3.6 %	0.0 %	0.0 %	1.8 %	0.0 %	4	21.8 %	10.9 %	0.0 %	0.0 %	3.6 %	0.0 %
5	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	5	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
132 Summa	2.6 %	2.7 %	0.0 %	0.0 %	1.3 %	0.0 %	132 Summa	15.8 %	8.0 %	0.0 %	0.0 %	2.6 %	0.0 %
1321							1321						
1	1.4 %	0.0 %	1.4 %	0.0 %	5.6 %	0.0 %	1	9.9 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	11.3 %	0.0 %
2	2.9 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	14.7 %	3.0 %	2	11.8 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	17.6 %	0.0 %
1321 Summa	1.9 %	0.0 %	1.0 %	0.0 %	8.6 %	1.0 %	1321 Summa	10.5 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	13.3 %	0.0 %
Yhteensä	3.9 %	1.6 %	0.1 %	0.0 %	1.6 %	0.1 %	Yhteensä	10.8 %	2.8 %	0.1 %	0.0 %	2.1 %	0.1 %
Sallittu							Sallittu						
Hyväksyntä							Hyväksyntä						

Harjanteen ja sivukaltevuuden poikkeamissa (Taulukko 19) paras laite oli Roadscannersin RDSV ja muita lähes yhtä hyviä olivat nykytekniikan (P6g / REF_D) lisäksi Rambollin RST57.

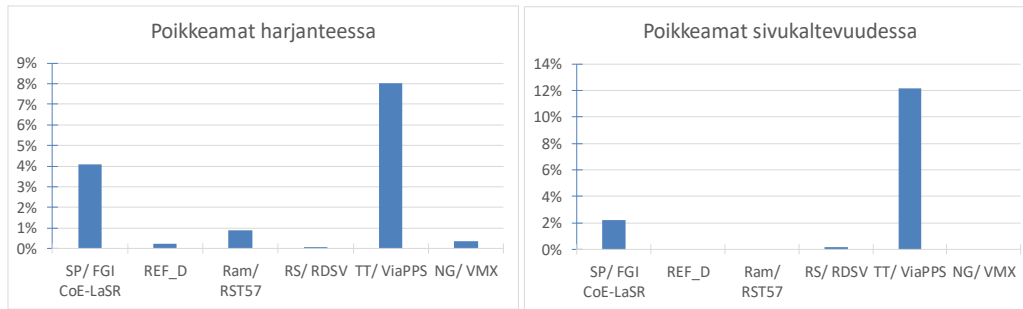
Sivukaltevuuden tuotantolaadun osalta paras laite oli referenssilaitteen ohella Rambollin RST57. Muita lähes yhtä hyviä laitteita olivat Roadscannersin RDSV, NG/VMX ja SP/VUX. Eniten poikkeamia oli Terratecin ViaPPS:llä (12,2 %). Terratecin laiteella oli eniten poikkeamia maantiellä 1321, mutta melko paljon myös maantiellä 130.

Taulukko 19. Harjanteen ja sivukaltevuuden tuotantolaatu.

Tie/osa	Harjanteen poikkeamat vakiomittauslevydellä 3.2 m						Tie/osa	Sivukaltevuuden poikkeamat vakiomittauslevydellä 3.2 m					
	SP/ FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX		SP/ FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX
1							1						
6	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
7	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	7	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	3.6%	0.0%	8	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1 Summa	0.6%	0.0%	0.6%	0.0%	2.4%	0.0%	1 Summa	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2							2						
1	0.0%	2.2%	0.0%	0.0%	8.7%	0.0%	1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.7%	0.0%
2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.5%	0.0%	2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.8%	0.0%
2 Summa	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	9.0%	0.0%	2 Summa	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.5%	0.0%
3							3						
103	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	103	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	26.4%	0.0%
104	2.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	104	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
105	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	0.0%	105	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	13.1%	0.0%
3 Summa	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	3 Summa	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	15.2%	0.0%
25							25						
24	1.9%	0.0%	0.0%	1.9%	37.0%	5.6%	24	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	5.6%	0.0%
25	3.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%
27	15.4%	0.0%	0.0%	0.0%	10.3%	0.0%	27	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.6%	0.0%
28	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	36.8%	0.0%	28	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.5%	0.0%
25 Summa	4.3%	0.0%	0.0%	0.4%	17.6%	1.2%	25 Summa	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	8.6%	0.0%
50							50						
1	28.6%	0.0%	1.4%	0.0%	1.4%	0.0%	1	37.1%	0.0%	0.0%	0.0%	17.1%	0.0%
3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%
4	6.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	10.2%	0.0%
5	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%	31.3%	0.0%
50 Summa	11.1%	0.0%	0.5%	0.0%	0.5%	0.0%	50 Summa	12.0%	0.0%	0.0%	0.9%	13.4%	0.0%
120							120						
5	2.9%	0.4%	0.4%	0.0%	4.3%	0.0%	5	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	16.7%	0.0%
120 Summa	2.9%	0.4%	0.4%	0.0%	4.3%	0.0%	120 Summa	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	16.7%	0.0%
130							130						
5	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	26.7%	0.0%	5	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	0.0%
130 Summa	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	26.7%	0.0%	130 Summa	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	0.0%
132							132						
4	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%	5.5%	0.0%	4	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%
5	9.5%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.8%	0.0%
132 Summa	2.6%	1.3%	6.6%	0.0%	3.9%	0.0%	132 Summa	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.9%	0.0%
1321							1321						
1	4.2%	0.0%	2.8%	0.0%	15.5%	0.0%	1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.2%	0.0%
2	11.8%	0.0%	5.9%	0.0%	50.0%	6.1%	2	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	52.9%	0.0%
1321 Summ	6.7%	0.0%	3.8%	0.0%	26.7%	1.9%	1321 Summa	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	20.0%	0.0%
Yhteensä	4.1%	0.2%	0.9%	0.1%	8.0%	0.4%	Yhteensä	2.2%	0.0%	0.0%	0.1%	12.2%	0.0%
Sallittu							Sallittu						
Hyväksyntä							Hyväksyntä						



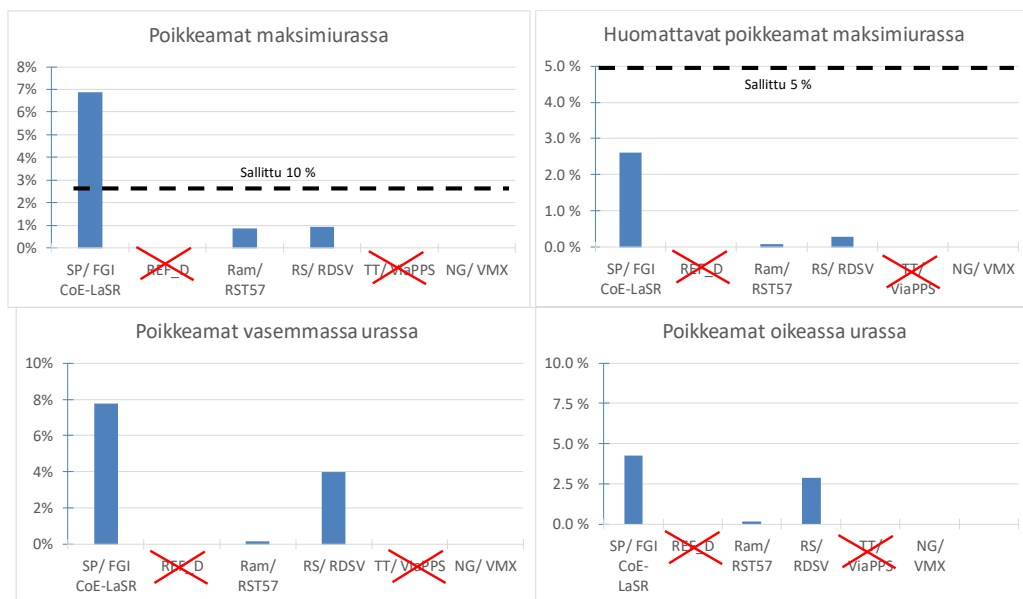
Kuva 47. Mittauskerroista 1 ja 2 laskettujen erojen (poikkeamien) osuus urissa.



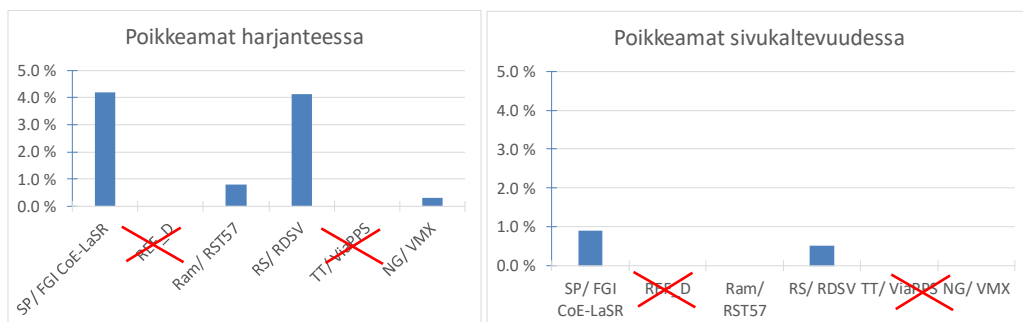
Kuva 48. Mittauskerroista 1 ja 2 laskettujen erojen (poikkeamien) osuus harjanteessa ja sivukaltevuudessa.

5.3.2.2 Oma mittausleveys

Vastaavat tulokset tuotantolaadussa omalla vapaasti valittavalla mittausleveydellä on esitetty oheisissa kuvissa (Kuva 49 - Kuva 49). Niistä oli tuloksia käytettävissä vain SP/FGI-VUX:lta, RAM/RST57:lta, RS/RDSV:ltä ja NG/VMX:ltä. REF_D (P6g) ja TT/ViaPPS näyttävät kuvissa nollaa, mutta niiltä ei siis ollut tuloksia omalla mittausleveydellä ollenkaan.



Kuva 49. Poikkeamat urassa omalla mittausleveydellä.



Kuva 50. Poikkeamat harjanteessa ja sivukaltevuudessa omalla mittausleveydellä.

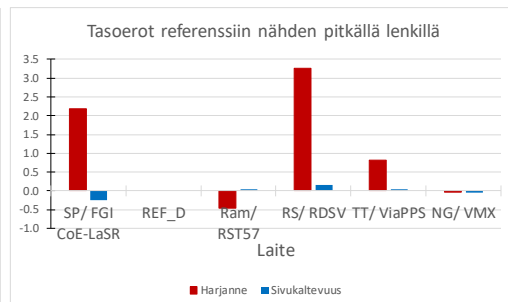
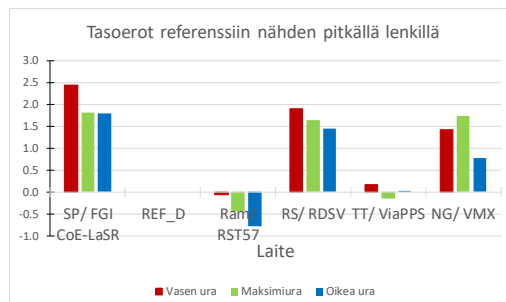
5.3.3 Tasoerot vakiomittausleveydellä 3,2 m

Pitkän lenkin tuloksista haluttiin tarkastella laitteiden välisiä tasoeroja, joista on esi-
merkki maksimiurasta (vakiomittausleveydellä 3,2 m) seuraavassa taulukossa
(Taulukko 20). Taulukossa on esitetty kummankin mittauskerran tulokset tiesittain.
Niiden keskiarvosta on vähennetty referenssilaitteen keskiarvo ja saatu siten tasoero.
Alimmalta riviltä nähdään, että pienin tasoero referenssilaitteeseen (REF_D/P6g) ver-
rattuna tulee TT/ViaPPS:llä (-0,15 mm) ja RAM/RST57:lla (-0,44 mm). Referenssilait-
teen keskimääräinen tulos oli siis hiukan niitä suurempi. RAM/RST57 tulos oli laskettu
17 pisteestä, kun taas ViaPPS:n tulos oli laskettu jatkuvasta poikkiprofilista. Muilla
laitteilla erot olivat SP/FGI-VUX:lla (1,81 mm) ja RS/RDSV:llä (1,64 mm) ja NG/ VMX:llä
(1,74 mm).

Muista muuttujista tasoerot on esitetty liitteessä.

Taulukko 20. Tasoerot maksimiurassa pitkällä lenkillä.

Maksimiura							Mittauskerta 2							Tasoerot					23.1.2018	
Mittauskerta 1																				
Titte / osa	SP / FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram / RST57	RS / RDSV	TT / ViaPPS	NG / VMX	Titte / osa	SP / FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram / RST57	RS / RDSV	TT / ViaPPS	NG / VMX	Titte / osa	SP / FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram / RST57	RS / RDSV	TT / ViaPPS	NG / VMX
1							1							1						
6	8.71	6.81	6.72	8.67	6.80	8.90	6	8.67	6.88	6.75	8.70	6.72	8.92	6	1.85	-0.11	1.84	-0.08	2.06	
7	7.22	5.50	5.07	7.14	5.18	7.33	7	7.35	5.52	5.10	7.17	5.19	7.12	7	1.78	-0.42	1.65	-0.33	1.71	
8	6.72	5.45	5.12	6.86	5.21	7.42	8	6.88	5.49	5.16	6.92	5.21	7.23	8	1.33	-0.33	1.42	-0.26	1.86	
1 Summa	7.43	5.78	5.46	7.40	5.56	7.72	1 Summa	7.52	5.82	5.50	7.44	5.55	7.57	1 Summa	1.67	-0.32	1.62	-0.25	1.84	
2							2							2						
1	10.82	8.27	7.88	10.31	8.02	9.83	1	10.93	8.36	7.86	10.37	8.07	9.85	1	2.55	-0.45	2.02	-0.27	1.52	
2	9.16	7.79	6.83	9.29	7.59	9.15	2	9.41	7.70	6.77	9.31	7.69	9.24	2	1.54	-0.94	1.55	-0.11	1.44	
2 Summa	10.26	8.12	7.55	9.99	7.89	9.61	2 Summa	10.41	8.15	7.52	10.04	7.95	9.66	2 Summa	2.20	-0.60	1.88	-0.22	1.50	
3							3							3						
103	8.71	6.69	6.07	7.97	6.82	8.65	103	8.82	6.65	6.04	8.20	6.33	8.46	103	2.09	-0.62	1.42	-0.10	1.89	
104	6.31	4.78	3.97	5.58	4.28	6.45	104	6.34	4.76	3.94	5.60	3.94	6.18	104	1.56	-0.82	0.82	-0.66	1.55	
105	6.07	4.98	4.12	5.36	4.27	6.35	105	5.98	5.17	4.07	5.44	3.99	6.09	105	0.95	-0.98	0.32	-0.94	1.15	
3 Summa	7.15	5.63	4.89	6.49	5.31	7.32	3 Summa	7.17	5.67	4.85	6.61	4.92	7.09	3 Summa	1.51	-0.79	0.90	-0.54	1.55	
25							25							25						
24	6.52	4.44	3.88	6.59	4.41	7.47	24	6.61	4.58	3.88	6.55	4.16	7.46	24	2.06	-0.63	2.06	-0.22	2.96	
25	13.85	12.74	11.32	13.98	12.58	13.08	25	13.86	12.87	10.95	13.97	12.60	13.09	25	1.05	-1.68	1.17	-0.22	0.28	
27	8.41	6.58	6.11	8.82	6.33	8.21	27	8.37	6.60	6.13	8.92	6.42	8.25	27	1.80	-0.47	2.28	-0.21	1.64	
28	5.07	3.35	3.23	7.91	3.32	6.74	28	4.95	3.51	3.22	7.61	3.18	6.83	28	1.58	-0.20	4.33	-0.18	3.36	
25 Summa	9.50	7.94	7.14	10.25	7.82	9.73	25 Summa	9.49	8.06	6.99	10.19	7.76	9.76	25 Summa	1.49	-0.94	2.22	-0.21	1.74	
50							50							50						
1	12.09	10.19	9.46	12.21	10.07	11.63	1	11.82	10.26	9.31	12.17	10.04	11.35	1	1.73	-0.84	1.97	-0.17	1.26	
3	9.75	7.64	7.73	9.91	7.90	9.76	3	9.76	7.83	7.74	9.72	7.87	9.68	3	2.02	0.00	2.08	0.15	1.98	
4	8.82	6.90	8.75	8.82	7.96	9.38	4	9.05	7.30	8.89	8.85	7.84	9.20	4	1.83	1.72	1.73	0.79	2.19	
5	9.51	7.48	8.03	9.51	8.03	10.07	5	9.96	7.75	8.01	9.74	7.85	9.64	5	2.12	0.40	2.01	0.32	2.23	
50 Summa	10.21	8.23	8.60	10.28	8.64	10.30	50 Summa	10.26	8.45	8.59	10.27	8.56	10.08	50 Summa	1.90	0.26	1.94	0.26	1.85	
120							120							120						
5	7.45	5.44	5.31	6.92	5.28	7.30	5	7.63	5.55	5.31	6.95	5.33	7.36	5	2.04	-0.19	1.44	-0.19	1.84	
120 Summ	7.45	5.44	5.31	6.92	5.28	7.30	120 Summ	7.63	5.55	5.31	6.95	5.33	7.36	120 Summ	2.04	-0.19	1.44	-0.19	1.84	
130							130							130						
5	14.05	11.66	10.51	13.11	11.72	13.22	5	14.03	11.67	10.46	13.22	11.57	13.17	5	2.37	-1.18	1.50	-0.02	1.53	
130 Summ	14.05	11.66	10.51	13.11	11.72	13.22	130 Summ	14.03	11.67	10.46	13.22	11.57	13.17	130 Summ	2.37	-1.18	1.50	-0.02	1.53	
132							132							132						
4	11.71	10.34	8.89	11.20	10.02	11.22	4	11.46	9.88	8.60	11.24	9.90	11.11	4	1.48	-1.36	1.11	-0.15	1.06	
5	7.23	5.11	4.95	6.59	5.43	7.24	5	7.19	5.10	4.92	6.55	5.32	7.23	5	2.11	-0.17	1.47	0.27	2.14	
132 Summ	10.47	8.94	7.80	9.93	8.75	10.12	132 Summ	10.28	8.60	7.59	9.94	8.63	10.04	132 Summ	1.60	-1.08	1.16	-0.08	1.31	
1321							1321							1321						
1	6.95	4.97	4.84	6.65	5.26	6.78	1	6.68	4.95	4.80	6.64	4.98	6.82	1	1.85	-0.14	1.69	0.16	1.84	
2	8.42	6.55	6.22	8.14	6.87	8.90	2	8.45	6.56	6.13	8.19	6.73	8.55	2	1.88	-0.39	1.61	0.24	2.17	
1321 Sum	7.42	5.47	5.29	7.14	5.78	7.45	1321 Sum	7.25	5.46	5.23	7.14	5.55	7.37	1321 Sum	1.87	-0.21	1.67	0.20	1.94	
Keskim.	8.70	6.88	6.50	8.54	6.82	8.70	Keskim.	8.74	6.95	6.45	8.56	6.73	8.62	Keskim.	1.81	-0.44	1.64	-0.14	1.74	



Kuva 51. Tasoerot referenssiin nähden pitkällä lenkillä vakiomittausleveydellä 3,2 m.

5.4 Yhteenveto tuotantomittauskelpoisuudesta

5.4.1 Datan toimitus

Kaikki yritykset toimittivat tuotantomittausdatan pyydettyssä muodossa. 97,5 %:n vaatimus puhtaista havainnoista alittui hiukan SP/FGI-CoE:n toimituksessa johtuen mittauskertojen välissä tehdyistä jyrksintätöistä.

5.4.2 Datan käsittely

Datan käsittely onnistui periaatteessa kaikilla toimittajilla. Ongelmia saattoi olla joillakin toimittajilla kakkosuuntien osoitteiden kohdistamisessa eri mittauskerroilla. Uranlaskenta-algoritmeissa näytti olevan eroja jopa saman toimittajan eri mittauskertojen välillä.

5.4.3 Tuotantolaatu

Vakiomittausleveydellä tuotetun maksimiuran tuotantolaatu täyttyi kaikkien toimittajien laitteilla. Laatuvaatimus on asetettu nykyisten laatuvaatimusten mukaan vain maksimiuralle. Muiden tunnuslukujen poikkeamille on laskettu myös määrät, vaikkei niille olekaan laatuvaatimusta (Taulukko 21). Jos laaduntuottokykyä arvostellaan esim. keskimääräisellä ylitysten määrällä, niin laitteiden välinen järjestys laadun tuottamisessa olisi taulukon alimman rivin mukainen. Nykytekniikkaa parempia laitteita olisivat RS/RDSV, NG/VMX-1HA ja RAM/RST57. SP/FGI laitteella eniten poikkeamia oli maksimiurassa ja oikeassa urassa ja TT/ViaPPS:n laitteella harjanteessa ja sivukaltevuudessa.

Taulukko 21. Yhteenveto tuotantolaadusta (poikkeamien osuuksista) vakiomittausleveydellä.

Tunnusluku	SP/ FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX
Maksimiura/suuret	3.8 %	1.1 %	0.1 %	0.0 %	1.2 %	0.0 %
Vaatimus	5.0 %	5.0 %	5.0 %	5.0 %	5.0 %	5.0 %
Maksimiura/norm	7.8 %	4.7 %	0.9 %	0.1 %	2.3 %	0.3 %
Vaatimus	10.0 %	10.0 %	10.0 %	10.0 %	10.0 %	10.0 %
Vasen ura	3.9 %	1.6 %	0.1 %	0.0 %	1.6 %	0.1 %
Oikea ura	10.8 %	2.8 %	0.1 %	0.0 %	2.1 %	0.1 %
Harjanne	4.1 %	0.2 %	0.9 %	0.1 %	8.0 %	0.4 %
Sivukaltevuus	2.2 %	0.0 %	0.0 %	0.1 %	12.2 %	0.0 %
Keskim.	5.8 %	1.9 %	0.4 %	0.1 %	5.2 %	0.2 %
Paremmuus	6	4	3	1	5	2

Oman mittausleveyden käyttö pääasiassa paransi tuotantolaatua. Paras laatu saavutettiin NG/VMX-1HA-laitteella, jolla poikkeamien osuudet olivat lähes nollia. Muita erittäin hyviä laatutuloksia saatiin RAM/RST57-laitteella. RS/RDSV:n tuloksissa oli selvästi väärät tulokset tien 132 tieosalla 4 (kakkosmittaus), joka pilasi muuten niin hyvän tuloksen vasemman ja oikean uran sekä harjanteen osalta.

Taulukko 22. Yhteenveto tuotantolaadusta omalla mittausleveydellä.

Tunnusluku	SP/ FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX
Maksimiura/suuret	2.6 %		0.1 %	0.3 %		0.0 %
Vaatus	5.0 %		5.0 %	5.0 %		5.0 %
Maksimiura/norm	6.9 %		0.9 %	0.9 %		0.0 %
Vaatus	10.0 %		10.0 %	10.0 %		10.0 %
Vasen ura	7.8 %		0.1 %	4.0 %		0.0 %
Oikea ura	4.3 %		0.1 %	2.9 %		0.0 %
Harjanne	4.2 %		0.8 %	4.1 %		0.3 %
Sivukaltevuus	0.9 %		0.0 %	0.5 %		0.0 %
Keskimäärin	4.8 %		0.4 %	2.5 %		0.1 %
Paremmuus	4		2	3		1

Yhteenvetona pitkän lenkin tuloksista todetaan, että eri yritykset pystyivät tekemään mittaukset ja toimittamaan niistä tulokset pyydetyllä tavalla. Tuotantolaatu täyttyi kaikilla laitteilla. Kolme laitetta tuotti paremman laadun kuin nykytekniikka. Oma mittausleveys ei kokonaisuutta ajatellen parantanut tuotantolaatua, paitsi maksimiuran kohdalla se hiukan paransi. Tulosten käsittelyssä oli joillakin yrityksillä hankaluuksia joidenkin yksittäisten tieosien kohdalla, mikä heikensi kokonaistulosta.

6 Yhteenveto

Laittevertailu kattoi viiden eri laitteen vertailun referenssinä toimineisiin nykytekniikkaa edustaviin laitteisiin. Tarkasteltavia laitteita olivat Rambollin RST57, Terratecin ViaPPS, Roadscannersin RDSV, SolidPotaton FGI-CoE-VUX ja Nordic Geocenterin VMX. Referenssilaitteina olivat Destian P69 ja Rambollin RST21.

Testi jakaantui kahteen osaan, joista ensimmäisessä mitattiin kuusi lyhyttä testikohteita yhteispituudeltaan 5,6 km ja toisessa 24 kokonaista tieosaa, joiden yhteispituus oli 139 km. Lyhyet kohteet mitattiin viisi kertaa kahdella eri nopeudella ja niillä tarkasteltiin laitteiden toistettavuuksia, tasoeroja referenssiin nähden sekä nopeusriippuvuuksia. Pitkä lenkki mitattiin kaksi kertaa kohteilla olevien nopeusrajoitusten puitteissa ja niillä tarkasteltiin laitteiden tuottamaa tuotantolaatua.

Lyhyiden kohteiden mittaustuloksista todettiin, että ne olivat riittävän toistettavia, eivätkä ne riippuneet mittaussuorudesta. Kaksi laitetta tuotti yhteneväisiä tuloksia referenssilaitteiden kanssa, kun taas muut tuottivat selvästi suurempia tuloksia.

Vakiomittausleveydellä 3,2 m (A) tuotettu maksimiura oli melko yhtenäinen kohteesta riippumatta referenssilaitteilla ja Rambollin RST57:llä ja Terratecin ViaPPS:llä. Algoritmillä B ja C tuotetut urasyvytykset olivat suurempia kuin vakiomittausleveydellä tuotetut. Algoritmillä B tuotettu ura oli 1-2 mm referenssiuraa suurempi lukuun ottamatta laitetta ViaPPS, jolla tulos oli referenssin kanssa saman suuruinen, eikä se riippunut laskentaperiaatteesta. Laitteet FGI-CoE, RDSV ja VMX-1HA tuottivat algoritmillä B referenssituloksia noin 2 mm suurempia uratuloksia ja algoritmillä C noin 2-6 mm suurempia tuloksia.

Laittejoukossa oli kaksi toisistaan erillistä kokoonpanoa, jotka kummatkin muodostivat toimivan laitekokoisuuden. Laittekokoontyö 1 muodostui referenssilaitteiden lisäksi laitteista RAM/RST57 ja TT/ViaPPS. Ensimmäinen edusti viivalasertekniikkaa ja jälkimmäinen pyörivää laserskannaustekniikkaa. Niiden vakiomittausleveydeltä tuotetut uratulokset osuivat melko lähelle referenssilaitteiden tuloksia, mutta yhdellä laitteella oli vaikeuksia mahtua PANK-vaatimusten sisään. Laittekokoontyö 2 muodostui kolmesta skannaustekniikkaa edustavasta laitteesta: RS/RDSV, SP/FGI-CoE ja NG/VMX. Ne muodostivat niin ikään keskenään toimivan laitekokoontyön, mutta edellistä huonommalla yhteensopivuudella. Niiden tasoerot referenssiin nähden olivat suurehkoja, eivätkä ne mahtuneet PANK-vaatimusten rajoihin.

Tuotantolaatua tarkasteltiin mittaamalla 139 km pituinen lenkki kahteen kertaan vertaamalla eri mittauskertojen tuloksia toisiinsa. Eroista laskettiin poikkeamia mittausurakan laatuvaatimusten mukaisesti. Maksimiurasta laskettiin suurten poikkeamien ja tavanomaisten poikkeamien määriä, joita sai laatuvaatimusten mukaan olla enintään 5 % ja 10 %. Kaikki laitteet täyttivät nämä laatuvaatimukset. NG/VMX-1HA:n ja RS/RDSV:n poikkeamien osuus oli lähes nolla ja tuotantolaatu erinomaista. RAM/RST57:llä ja TT/ViaPPS:llä poikkeamia oli myös vähän. ViaPPS:llä poikkeamia oli enemmän harjanteessa ja sivukaltevuudessa. SP/FGI:llä poikkeamia oli enemmän kuin referenssilaitteella. NG/VMX:n tuloksissa oli joillakin tieosilla suuria tasoeroja eri mittauskertojen välillä, mikä kasvatti poikkeamien määriä yli laatuvaatimusten. Suurempi mittausleveys paransi tuotantolaatua hiukan.

Testeistä jäi sellainen vaikutelma, että osalla laitteista uralaskentaa on pyritty kohdistamaan lähemmäksi perinteisen laitetekniikan tuloksia ja osalla ei. Lisäksi osalla laitteista laskenta on stabiilimpaa kuin muilla. Tulevia pilottimittauksia varten uralaskenta kannattaa määritellä tarkemmin.

Lähteet

1. Päälystettyjen teiden palvelutasomittaus (PTM) 2014 – 2019. Sopimuksen liite 3. Laatuvaatimukset, sopimussakot ja arvovähennysperusteet (26.2.2013).
2. Laittevertailun esittelyaineisto ja ohjeet.

Referenssidata

Referenssidata maksimurasta

Keskiverto / Maksimura (Sarakekotkot)		REF_R					REF_D					REF_D					Kaikki yhteensä					Vasen ura	Oikea ura	Harjanne	Sivalkatu							
Riviotkoti	REF_R	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	REF_R	REF_D	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	REF_D	Kaikki yhteensä	Vasen ura	Oikea ura	Harjanne	Sivalkatu			
1	14001100507500	11.40	11.38	11.47	11.44	11.26	11.40	11.35	11.38	11.48	11.34	11.39	11.38	11.39	11.51	11.59	11.50	11.64	11.64	11.67	11.67	11.66	11.53	11.47	9.48	11.21	10.42	1.56	9.50	10.02	9.78	1.34
14001100507600	10.39	10.54	10.74	10.79	10.08	10.93	10.20	10.55	10.92	10.01	10.51	10.31	10.57	10.19	10.55	10.67	10.63	10.58	10.55	10.64	10.64	10.49	10.50	9.50	10.02	9.78	1.34	9.50	10.02	9.78	1.34	
14001100507700	10.19	10.47	10.25	10.28	10.32	10.38	10.42	10.44	10.32	10.40	10.35	10.46	10.30	10.25	10.33	10.46	10.44	10.55	10.37	10.35	10.32	10.37	10.36	9.08	10.07	9.71	1.37	9.08	10.07	9.71	1.37	
14001100507800	11.35	11.06	11.11	11.22	11.26	11.19	11.13	11.55	11.38	11.62	11.29	11.23	11.22	11.29	11.16	11.16	11.45	11.50	11.38	11.46	11.33	11.31	11.31	9.05	10.79	9.66	-0.76	9.05	10.79	9.66	-0.76	
14001100507900	12.38	12.57	12.56	12.57	12.56	12.42	12.44	12.49	12.48	12.56	12.50	12.63	12.59	12.78	12.58	12.89	12.92	12.89	12.92	12.90	12.73	12.63	12.63	10.10	12.56	11.92	-3.13	10.10	12.56	11.92	-3.13	
14001100508000	11.82	11.92	12.02	11.91	11.26	11.55	11.89	11.23	11.95	11.89	11.74	11.92	11.40	12.22	12.09	11.78	12.56	12.52	12.59	12.57	12.50	12.13	11.96	9.76	11.72	10.32	-4.32	9.76	11.72	10.32	-4.32	
14001100508100	10.84	10.50	10.96	10.97	10.32	10.91	10.43	10.49	10.56	10.09	10.61	10.83	10.98	11.30	11.38	11.21	11.32	11.32	11.30	11.32	11.20	11.17	10.93	9.15	10.32	8.46	-4.56	9.15	10.32	8.46	-4.56	
14001100508200	10.80	10.71	10.92	10.90	10.74	10.64	10.70	10.85	10.94	10.64	10.78	10.45	10.63	10.64	10.81	10.78	10.70	10.71	10.55	10.64	10.70	10.70	10.90	8.83	10.61	10.25	-1.59	8.83	10.61	10.25	-1.59	
14001100508300	11.39	11.04	11.30	11.21	11.15	11.31	11.39	11.46	11.25	11.14	11.26	11.26	11.64	11.89	12.00	11.96	11.19	11.77	11.88	11.91	12.18	11.73	11.53	8.80	11.34	10.03	-1.18	8.80	11.34	10.03	-1.18	
14001100508400	12.24	12.21	12.06	12.04	12.24	11.98	12.30	12.17	12.36	12.22	12.19	12.44	12.35	12.38	12.46	12.32	12.59	12.37	12.48	12.46	12.52	12.43	12.32	10.70	12.22	12.12	-1.87	10.70	12.22	12.12	-1.87	
14001100508500	12.62	12.75	12.50	12.70	12.71	12.65	12.55	12.65	12.79	12.66	12.38	12.22	12.36	12.35	12.24	12.18	12.49	12.48	12.48	12.29	12.32	12.47	12.47	9.87	12.43	11.95	-0.94	9.87	12.43	11.95	-0.94	
2	14001100507500	10.36	10.64	10.62	10.57	10.56	10.49	10.69	10.67	10.70	10.64	10.60	10.56	10.46	10.49	10.52	10.56	10.67	10.75	10.60	10.61	10.60	10.56	10.58	8.37	10.50	10.43	-1.69	8.37	10.50	10.43	-1.69
14001100507600	12.36	12.20	12.31	12.23	12.33	12.39	12.34	12.36	12.62	12.51	12.36	12.19	12.17	12.19	12.11	12.14	12.14	12.13	12.06	12.00	12.13	12.14	12.23	10.10	12.05	11.64	-2.94	10.10	12.05	11.64	-2.94	
14001100507700	9.58	10.23	10.06	10.16	10.07	10.22	10.18	10.15	10.22	10.19	10.11	10.05	9.98	10.03	10.17	10.27	10.13	10.11	10.27	10.05	10.11	10.09	10.10	9.43	9.56	10.22	-3.96	9.43	9.56	10.22	-3.96	
14001100507800	10.65	11.37	11.52	11.24	10.81	10.56	11.26	11.47	11.60	11.24	11.17	11.10	10.52	10.62	11.34	11.33	11.63	11.63	11.06	11.38	11.20	11.07	11.11	9.15	11.04	10.98	-3.81	9.15	11.04	10.98	-3.81	
14001100507900	10.90	11.01	10.76	10.80	11.10	11.19	11.39	10.71	11.12	11.30	11.03	11.23	10.95	11.07	10.92	10.96	11.15	11.51	11.18	11.38	10.96	11.12	11.08	8.25	11.10	10.93	-2.58	8.25	11.10	10.93	-2.58	
14001100508000	9.14	8.65	8.90	8.86	8.99	8.63	9.05	8.88	8.91	8.85	8.88	8.96	8.98	9.01	8.98	8.86	9.04	9.10	9.07	8.98	9.01	9.00	8.95	6.73	8.84	8.53	0.29	6.73	8.84	8.53	0.29	
14001100508100	9.25	8.10	8.40	8.16	8.24	8.32	8.44	8.27	8.34	8.34	8.28	8.07	8.10	8.96	9.05	8.90	9.10	9.05	9.15	8.95	9.20	9.05	9.15	7.44	9.34	9.05	1.44	7.44	9.34	9.05	1.44	
14001100508200	10.86	11.20	10.97	10.88	10.82	10.76	10.97	11.06	11.01	10.81	10.93	10.66	10.71	10.67	10.53	10.65	10.76	10.65	10.76	10.65	10.76	10.67	10.78	8.15	10.79	11.35	-1.70	8.15	10.79	11.35	-1.70	
14001100508300	8.66	10.24	10.16	10.06	10.10	10.01	10.12	10.18	10.19	10.15	10.09	10.19	10.19	10.20	10.13	10.15	10.21	10.21	10.17	10.21	10.14	10.18	10.14	7.46	10.12	9.77	-0.39	7.46	10.12	9.77	-0.39	
14001100508400	10.52	10.63	10.53	10.61	10.40	10.50	10.63	10.67	10.64	10.59	10.57	10.52	10.49	10.49	10.53	10.47	10.57	10.83	10.69	10.75	10.53	10.57	10.57	6.42	10.54	10.23	0.91	6.42	10.54	10.23	0.91	
14001100508500	11.54	11.72	11.55	11.65	11.77	11.35	11.58	11.89	11.47	11.66	11.62	11.60	11.52	11.64	11.47	12.01	12.01	11.62	11.82	11.97	11.75	11.69	11.69	8.88	11.68	11.58	-3.27	8.88	11.68	11.58	-3.27	
3	14001100900500	3.17	3.10	3.14	3.17	3.16	3.14	3.20	3.08	3.18	3.20	3.15	3.42	3.60	3.41	3.47	3.52	3.50	3.45	3.41	3.56	3.47	3.47	3.33	2.56	3.08	4.09	-3.51	2.56	3.08	4.09	-3.51
14001100900600	2.85	3.00	2.98	3.04	3.04	2.90	3.03	2.84	3.00	3.01	2.97	3.16	3.21	3.20	3.15	3.12	3.13	3.15	3.15	3.32	3.22	3.17	3.08	1.78	3.05	3.57	-3.34	1.78	3.05	3.57	-3.34	
14001100900700	3.06	3.06	3.12	3.10	3.04	3.24	3.06	3.04	3.13	3.08	3.41	3.41	3.52	3.30	3.22	3.47	3.30	3.22	3.30	3.21	3.24	3.23	3.23	1.90	3.05	3.48	-3.91	1.90	3.05	3.48	-3.91	
14001100900800	3.70	3.69	3.57	3.81	3.83	3.85	3.76	3.71	3.78	3.66	3.74	3.90	4.07	3.91	3.87	3.94	3.93	4.05	4.11	4.00	3.97	3.87	2.64	3.71	5.15	-4.43	2.64	3.71	5.15	-4.43		
14001100900900	3.44	3.33	3.64	3.46	3.53	3.60	3.73	3.67	3.54	3.60	3.57	4.09	4.02	3.72	4.08	4.13	3.85	3.83	4.10	3.72	3.94	3.78	3.32	3.19	5.06	-4.39	3.32	3.19	5.06	-4.39		
14001100901000	3.35	3.04	3.23	3.31	3.21	3.20	3.11	3.03	3.23	3.29	3.20	3.68	3.67	3.29	3.53	3.70	3.46	3.41	3.32	3.49	3.46	3.46	3.36	2.73	3.06	3.88	-4.11	2.73	3.06	3.88	-4.11	
14001100901100	3.05	2.93	2.95	3.07	2.98	2.90	3.02	2.95	2.91	2.95	2.97	3.14	3.25	3.14	3.11	3.05	3.06	3.11	3.11	3.06	3.11	3.11	3.05	2.16	2.88	3.37	-2.08	2.16	2.88	3.37	-2.08	
14001100901200	2.96	2.77	2.67	2.98	2.89	2.64	2.94	2.66	2.82	2.88	2.83	3.08	3.50	3.36	3.23	3.50	3.34	3.32	3.60	3.21	3.34	3.12	2.56	2.91	3.83	-3.17	2.56	2.91	3.83	-3.17		
14001100901300	3.15	2.96	3.08	3.11	2.91	3.14	3.07	3.08	3.18	3.16	3.08	3.19	3.68	3.33	3.37	3.60	3.53	3.41	3.38	3.65	3.46	3.45	3.29	2.78	3.00	4.03	-3.05	2.78	3.00	4.03	-3.05	
14001100901400	3.16	2.99	3.03	3.24	3.05	2.96	3.27	2.85	3.23	3.04	3.05	3.33	3.70	3.44	3.70	3.70	3.65	3.58	3.53	3.53	3.68	3.58	3.35	2.88	3.14	4.36	-3.21	2.88	3.14	4.36	-3.21	
14001100901500	2.97	3.00	3.11	2.91	3.07	2.93	3.03	3.07	3.04	3.13	3.03	3.25	3.49	3.22	3.37	3.49	3.25	3.40	3.21	3.42	3.50	3.34	3.21	2.88	2.80	3.13	-3.22	2.88	2.80	3.13	-3.22	
4	14001100900500	2.65	2.69	2.67	2.69	2.70	2.65	2.67	2.72	2.70	2.71	2.68	2.90	2.89	2.87	2.89	2.89	2.82	2.81													

Lyhyiden kohteiden vertailutuloksia

Maksimiura									
Algoritmi/laite	Kohde						Keskim.	Ero referenssiin	Ero C-B
	1	2	3	4	5	6			
A	11.53	10.65	3.37	2.74	20.82	21.80	11.14	11.06	
P69	11.53	10.56	3.47	2.88	20.63	21.51	11.10	0.04	
RST21	11.39	10.60	3.15	2.68	20.63	21.77	11.03	-0.04	
RST57	11.66	10.81	3.45	2.62	21.24	22.22	11.30	0.24	
B	12.48	11.61	4.87	4.29	22.31	23.47	12.48	1.41	
FGI CoE-LaSR	13.22	13.23	4.90	4.20	23.16	24.64	13.18	2.12	
RDSV	12.84	11.58	6.07	5.45	22.61	24.01	13.08	2.02	
RST57	12.35	11.49	3.93	3.08	21.92	22.88	11.91	0.85	
ViaPPS	11.50	10.25	3.06	2.80	20.99	21.65	11.02	-0.04	
VMX-1HA	12.48	11.49	6.38	5.94	22.87	24.14	13.20	2.13	
C	13.26	12.41	5.82	5.34	23.38	24.48	13.42	2.35	0.94
FGI CoE-LaSR	17.26	16.96	8.67	7.85	26.96	28.32	16.96	5.90	3.78
RDSV	12.76	11.64	6.09	5.92	23.52	24.72	13.39	2.33	0.31
RST57	12.72	11.92	4.05	3.19	22.27	23.17	12.19	1.12	0.28
ViaPPS(*)	10.77	9.72	3.60	3.60	21.02	21.83	11.07	0.00	0.04
VMX-1HA	12.77	11.83	6.70	6.14	23.13	24.37	13.47	2.41	0.28

Vasen ura									
Algoritmi/laite	Kohde						Keskim.	Ero referenssiin	Ero C-B
	1	2	3	4	5	6			
A	9.64	8.48	2.65	1.97	20.60	21.25	10.04	9.90	
P69	9.38	8.35	2.89	2.28	20.38	20.83	9.98	0.08	
RST21	9.61	8.40	2.14	1.58	20.38	21.24	9.83	-0.08	
RST57	9.99	8.73	2.84	1.96	21.10	21.78	10.33	0.42	
B	10.88	9.87	3.86	3.39	22.16	22.67	11.41	1.50	
FGI CoE-LaSR	12.64	11.70	4.05	3.84	23.16	24.45	12.56	2.66	
RDSV	11.93	10.57	3.56	3.41	22.48	23.52	11.83	1.93	
RST57	10.64	9.41	3.26	2.37	21.79	22.35	10.89	0.99	
ViaPPS	9.68	8.28	2.50	2.22	20.95	21.04	10.05	0.15	
VMX-1HA	9.53	9.41	5.94	5.11	22.42	21.98	11.70	1.80	
C	12.02	11.05	5.10	4.75	23.50	24.03	12.67	2.77	1.26
FGI CoE-LaSR	16.76	15.62	7.90	7.39	26.96	28.05	16.37	6.47	3.81
RDSV	11.96	10.73	3.99	3.85	23.44	24.42	12.29	2.39	0.45
RST57	10.79	9.55	3.35	2.41	22.06	22.62	11.04	1.14	0.15
ViaPPS(*)	9.71	8.38	2.52	2.52	20.95	21.51	10.20	0.29	0.15
VMX-1HA	9.63	9.49	6.00	5.24	22.65	22.12	11.82	1.92	0.12

Oikea ura									
Algoritmi/laite	Kohde						Keskim.	Ero referenssiin	Ero C-B
	1	2	3	4	5	6			
A	11.27	10.57	3.08	2.01	18.28	19.12	10.15	10.12	
P69	11.31	10.49	3.15	2.03	18.29	19.20	10.17	0.05	
RST21	11.07	10.51	2.99	1.95	18.36	18.97	10.07	-0.05	
RST57	11.41	10.73	3.09	2.05	18.18	19.16	10.21	0.09	
B	11.72	11.29	4.22	3.59	19.61	20.37	11.21	1.09	
FGI CoE-LaSR	12.52	13.14	4.90	4.14	21.37	22.27	12.43	2.31	
RDSV	12.05	11.10	5.03	4.34	20.13	20.76	11.65	1.52	
RST57	12.11	11.42	3.59	2.55	18.85	20.01	10.85	0.73	
ViaPPS	11.36	10.21	2.72	2.68	18.43	18.93	10.15	0.03	
VMX-1HA	10.55	10.57	4.85	4.25	19.26	19.86	10.99	0.87	
C	12.33	12.14	5.78	5.10	20.81	21.41	12.35	2.22	1.13
FGI CoE-LaSR	16.27	16.83	8.66	7.80	25.18	25.99	16.16	6.04	3.73
RDSV	11.51	11.13	5.73	4.67	20.00	20.77	11.72	1.60	0.08
RST57	12.47	11.87	3.74	2.67	19.46	20.50	11.20	1.08	0.35
ViaPPS(*)	10.08	9.37	3.51	3.51	18.54	18.40	10.00	-0.12	-0.15
VMX-1HA	11.47	11.26	5.20	4.42	19.54	20.50	11.50	1.37	0.51

Harjanne									
Algoritmi/laite	Kohde						Keskim.	Ero referenssiin	Ero C-B
	1	2	3	4	5	6			
A	10.46	10.40	4.09	1.55	22.58	23.93	11.38	11.26	
P69	10.85	10.65	4.36	1.76	22.93	24.63	11.73	0.47	
RST21	9.86	10.14	3.73	0.74	22.10	22.85	10.79	-0.47	
RST57	10.54	10.32	4.10	2.09	22.63	24.10	11.51	0.25	
B	11.76	11.62	5.19	3.64	23.57	24.97	12.69	1.43	
FGI CoE-LaSR	13.58	13.82	5.20	3.70	25.36	27.77	14.07	2.81	
RDSV	13.55	13.15	5.78	4.34	25.32	27.48	14.12	2.86	
RST57	10.54	10.32	4.10	2.09	22.63	24.10	11.51	0.25	
ViaPPS	11.08	10.81	5.48	3.40	23.72	24.59	12.40	1.14	
VMX-1HA	10.04	9.99	5.40	4.68	20.84	20.92	11.34	0.08	
C	13.30	13.09	6.70	5.57	25.02	26.36	14.24	2.98	1.56
FGI CoE-LaSR	18.06	18.02	9.22	7.29	29.92	32.02	18.24	6.98	4.17
RDSV	13.52	13.16	6.41	4.55	25.33	27.49	14.27	3.01	0.15
RST57	10.54	10.32	4.10	2.09	22.63	24.10	11.51	0.25	0.00
ViaPPS(*)	11.08	10.82	5.58	5.58	23.72	24.59	12.81	1.55	0.41
VMX-1HA	10.55	10.37	5.60	4.83	21.09	21.31	11.66	0.40	0.31

Sivukaltevuus									
Algoritmi/laite	Kohde						Keskim.	Ero referenssiin	Ero C-B
	1	2	3	4	5	6			
A	-1.57	-1.69	-3.52	-3.51	0.95	-3.36	-2.18	-2.18	
P69	-1.58	-1.71	-3.50	-3.49	0.90	-3.36	-2.19	-0.008	
RST21	-1.54	-1.67	-3.53	-3.53	0.98	-3.36	-2.17	0.008	
RST57	-1.58	-1.67	-3.53	-3.52	0.98	-3.36	-2.18	0.002	
B	-1.68	-1.70	-3.51	-3.53	0.99	-3.41	-2.21	-0.027	
FGI CoE-LaSR	-1.94	-1.89	-3.84	-3.82	0.64	-3.65	-2.48	-0.301	
RDSV	-1.50	-1.62	-3.25	-3.26	1.14	-3.24	-2.02	0.161	
RST57	-1.58	-1.67	-3.53	-3.52	0.98	-3.36	-2.18	0.002	
ViaPPS	-1.69	-1.55	-3.44	-3.52	1.40	-3.27	-2.09	0.095	
VMX-1HA	-1.71	-1.76	-3.52	-3.54	0.78	-3.54	-2.27	-0.094	
C	-1.72	-1.70	-3.51	-3.52	0.97	-3.44	-2.22	-0.039	-0.011
FGI CoE-LaSR	-1.99	-1.92	-3.84	-3.82	0.66	-3.65	-2.49	-0.313	-0.012
RDSV	-1.53	-1.63	-3.26	-3.31	1.03	-3.30	-2.06	0.119	-0.042
RST57	-1.59	-1.67	-3.52	-3.52	0.99	-3.36	-2.18	0.001	-0.001
ViaPPS(*)	-1.69	-1.55	-3.42	-3.42	1.40	-3.26	-2.07	0.115	0.020
VMX-1HA	-1.66	-1.73	-3.52	-3.54	0.79	-3.52	-2.26	-0.076	0.018

Pitkän lenkin tuloksia

Tasoerot referenssiin nähden

Vasen ura

Mittauskerta 1							Mittauskerta 2							Tasoerot						
Tie / osa	SP/ FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX	Tie / osa	SP/ FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX	Tie / osa	SP/ FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX
1							1							1						
6	8.39	5.82	5.73	7.71	6.20	7.08	6	8.42	5.88	5.75	7.71	6.13	7.04	6	2.55		-0.11	1.86	0.31	1.21
7	7.19	5.21	4.84	6.94	4.94	6.32	7	7.29	5.28	4.83	6.98	4.96	6.09	7	2.00		-0.41	1.72	-0.29	0.96
8	6.56	5.03	4.75	6.41	4.94	6.34	8	6.78	5.14	4.86	6.44	4.92	6.19	8	1.59		-0.28	1.34	-0.16	1.18
1 Summa	7.28	5.29	5.02	6.94	5.23	6.50	1 Summa	7.40	5.37	5.05	6.97	5.21	6.34	1 Summa	2.01		-0.30	1.62	-0.11	1.09
2							2							2						
1	10.81	7.73	7.73	10.18	7.74	9.09	1	10.79	7.87	7.74	10.23	7.80	9.12	1	2.99		-0.07	2.40	-0.04	1.30
2	9.15	6.22	6.54	8.90	6.65	6.69	2	9.06	6.73	6.54	8.97	6.95	6.75	2	2.63		0.06	2.46	0.32	0.24
2 Summa	10.24	7.25	7.36	9.78	7.40	8.34	2 Summa	10.20	7.51	7.36	9.83	7.53	8.37	2 Summa	2.84		-0.02	2.43	0.08	0.98
3							3							3						
103	8.43	6.03	5.90	7.75	6.59	7.66	103	8.67	6.29	5.92	8.03	6.04	7.46	103	2.39		-0.25	1.73	0.16	1.40
104	6.26	4.01	3.78	5.19	4.02	5.35	104	6.22	3.97	3.83	5.42	3.56	5.07	104	2.25		-0.19	1.32	-0.20	1.22
105	5.97	3.53	3.87	5.13	3.86	5.29	105	5.91	3.69	3.88	5.16	3.40	5.04	105	2.33		0.27	1.53	0.02	1.56
3 Summa	7.00	4.68	4.68	6.22	5.01	6.28	3 Summa	7.06	4.83	4.71	6.40	4.51	6.04	3 Summa	2.27		-0.06	1.56	0.00	1.41
25							25							25						
24	6.34	4.01	3.66	6.07	3.84	6.58	24	6.45	4.19	3.69	5.99	3.72	6.38	24	2.29		-0.43	1.93	-0.32	2.38
25	13.19	10.21	9.97	12.91	10.74	10.25	25	13.45	10.37	10.00	12.99	10.81	10.18	25	3.03		-0.30	2.66	0.49	-0.07
27	8.36	5.94	5.71	8.25	5.97	6.90	27	8.37	6.22	5.68	8.35	6.03	6.80	27	2.29		-0.39	2.22	-0.08	0.77
28	5.04	2.81	2.44	4.42	3.07	5.57	28	4.90	3.05	2.41	4.59	2.89	5.81	28	2.04		-0.51	1.57	0.05	2.76
25 Summ	9.18	6.59	6.30	8.83	6.83	7.92	25 Summ	9.28	6.79	6.31	8.90	6.81	7.88	25 Summ	2.54		-0.39	2.18	0.13	1.21
50							50							50						
1	11.55	7.82	7.90	10.66	8.60	9.12	1	11.00	8.12	8.01	10.57	8.64	8.95	1	3.30		-0.02	2.64	0.65	1.06
3	8.80	6.62	7.46	9.71	7.36	8.85	3	9.12	7.15	7.47	9.47	7.31	8.81	3	2.07		0.58	2.70	0.45	1.95
4	8.27	6.06	7.95	8.59	7.80	8.64	4	8.60	6.73	8.07	8.64	7.72	8.50	4	2.04		1.62	2.22	1.36	2.18
5	9.40	6.65	6.95	9.07	7.90	8.86	5	9.96	7.12	6.99	9.31	7.78	8.51	5	2.79		0.08	2.30	0.95	1.80
50 Summa	9.64	6.86	7.65	9.60	7.96	8.88	50 Summa	9.71	7.34	7.72	9.57	7.92	8.73	50 Summa	2.57		0.58	2.49	0.84	1.70
120							120							120						
5	7.23	5.16	5.14	6.65	5.08	6.75	5	7.45	5.32	5.13	6.69	5.15	6.81	5	2.10		-0.11	1.43	-0.13	1.54
120 Summ	7.23	5.16	5.14	6.65	5.08	6.75	120 Summ	7.45	5.32	5.13	6.69	5.15	6.81	120 Summ	2.10		-0.11	1.43	-0.13	1.54
130							130							130						
5	13.07	9.75	9.34	11.73	10.43	11.38	5	12.76	9.84	9.41	11.82	10.11	11.30	5	3.11		-0.43	1.97	0.47	1.54
130 Summ	13.07	9.75	9.34	11.73	10.43	11.38	130 Summ	12.76	9.84	9.41	11.82	10.11	11.30	130 Summ	3.11		-0.43	1.97	0.47	1.54
132							132							132						
4	11.31	7.88	7.81	10.06	8.61	9.21	4	10.98	8.30	7.87	10.22	8.51	9.17	4	3.06		-0.25	2.05	0.46	1.10
5	6.61	4.08	4.24	5.74	4.31	6.12	5	6.47	4.24	4.23	5.73	4.11	6.06	5	2.38		0.08	1.57	0.05	1.93
132 Summ	10.01	6.87	6.83	8.87	7.42	8.36	132 Summ	9.74	7.22	6.86	8.98	7.29	8.31	132 Summ	2.83		-0.20	1.88	0.31	1.29
1321							1321							1321						
1	6.41	3.57	3.71	5.69	4.01	5.48	1	6.29	3.66	3.81	5.64	3.82	5.53	1	2.73		-0.14	2.05	0.30	1.88
2	7.81	5.33	5.22	7.15	5.71	7.34	2	7.87	5.47	5.09	7.19	5.19	6.98	2	2.44		-0.24	1.77	0.05	1.76
1321 Sum	6.86	4.13	4.20	6.16	4.56	6.07	1321 Sum	6.80	4.24	4.22	6.14	4.26	5.99	1321 Sum	2.65		0.03	1.97	0.23	1.84
Keskim.	8.37	5.87	5.90	7.86	6.19	7.43	Keskim.	8.44	6.09	5.93	7.91	6.09	7.36	Keskim.	2.43		-0.06	1.91	0.16	1.42

Oikea ura ja harjanne

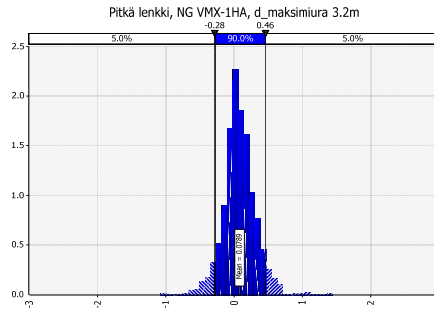
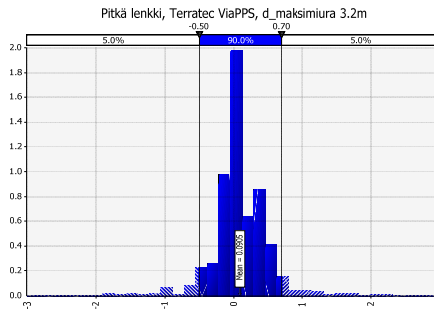
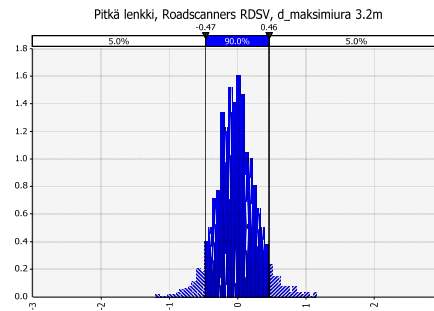
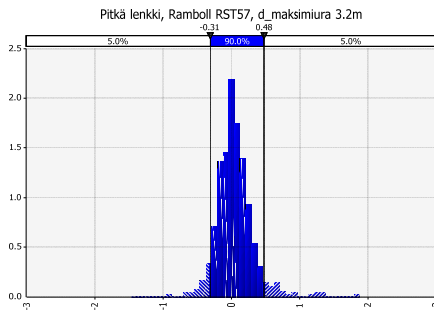
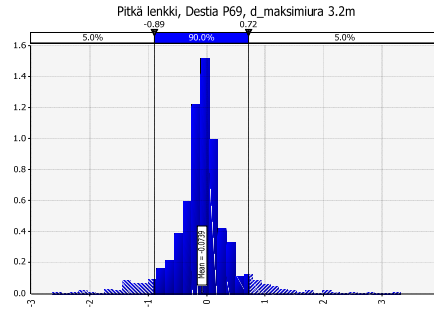
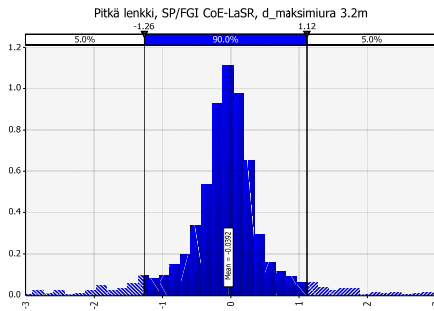
Oikea ura																					
Mittauskerta 1							Mittauskerta 2							Tasoerot							
Tie / osa	SP / FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX	Tie / osa	SP / FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX	Tie / osa	SP / FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX	
1							1							1							
6	8.19	6.12	5.73	8.00	6.51	7.24	6	8.25	6.13	5.70	7.98	6.41	7.10	6	2.10		-0.41	1.87	0.33	1.05	
7	6.33	4.29	4.06	5.84	4.32	5.37	7	6.37	4.22	4.09	5.88	4.31	5.28	7	2.09		-0.18	1.60	0.06	1.07	
8	6.03	4.41	4.02	5.82	4.29	5.33	8	6.12	4.33	4.00	5.83	4.32	5.31	8	1.70		-0.36	1.45	-0.07	0.95	
1 Summa	6.69	4.75	4.43	6.33	4.81	5.79	1 Summa	6.75	4.70	4.43	6.35	4.80	5.71	1 Summa	1.99		-0.29	1.61	0.08	1.02	
2							2							2							
1	8.78	7.02	5.81	8.20	6.79	7.65	1	9.69	6.92	5.80	8.19	6.78	7.65	1	2.27		-1.17	1.23	-0.18	0.68	
2	7.89	7.44	5.81	8.17	7.31	6.17	2	8.55	7.17	5.65	8.21	7.30	6.23	2	0.91		-1.57	0.89	0.00	-1.10	
2 Summa	8.48	7.15	5.81	8.19	6.96	7.18	2 Summa	9.31	7.00	5.75	8.20	6.95	7.21	2 Summa	1.82		-1.30	1.12	-0.13	0.12	
3							3							3							
103	7.33	5.39	4.05	6.33	5.23	5.61	103	6.82	4.86	3.85	6.21	5.00	5.49	103	1.94		-1.18	1.15	-0.01	0.42	
104	5.41	4.08	2.91	4.76	3.46	4.24	104	5.62	4.11	2.85	4.52	3.32	4.09	104	1.42		-1.21	0.54	-0.71	0.07	
105	4.97	4.68	3.23	4.41	3.48	4.18	105	5.03	4.78	3.07	4.49	3.50	4.09	105	0.28		-1.57	-0.28	-1.24	-0.59	
3 Summa	6.00	4.82	3.49	5.29	4.18	4.78	3 Summa	5.88	4.65	3.34	5.21	4.06	4.67	3 Summa	1.20		-1.32	0.51	-0.61	-0.01	
25							25							25							
24	5.89	3.69	3.19	5.71	4.03	5.48	24	5.88	3.71	3.09	5.76	3.71	5.27	24	2.18		-0.56	2.03	0.16	1.67	
25	12.62	12.40	10.49	13.15	12.22	10.55	25	12.34	12.43	9.96	13.01	12.23	10.43	25	0.07		-2.19	0.66	-0.19	-1.93	
27	6.64	5.88	5.41	7.71	5.62	6.11	27	6.12	5.65	5.41	7.79	5.73	5.94	27	0.62		-0.35	1.99	-0.09	0.26	
28	4.60	4.87	1.90	5.34	2.76	4.72	28	4.62	1.84	1.93	5.12	2.72	4.69	28	2.75		0.06	3.37	0.89	2.85	
25 Summa	8.49	7.21	6.25	8.98	6.36	7.50	25 Summa	8.29	7.18	6.01	8.90	7.30	7.37	25 Summa	1.20		-1.06	1.75	0.14	0.24	
50							50							50							
1	11.15	9.64	8.20	11.54	9.66	9.78	1	11.06	9.62	7.91	11.52	9.61	9.53	1	1.47		-1.58	1.90	0.00	0.03	
3	9.51	7.20	6.26	8.80	7.07	8.46	3	9.24	7.10	6.26	8.81	7.05	8.34	3	2.23		-0.89	1.65	-0.09	1.25	
4	8.34	6.21	5.45	7.57	6.42	7.42	4	8.17	6.20	5.42	7.44	6.32	7.28	4	2.05		-0.77	1.30	0.17	1.14	
5	8.21	6.21	5.41	7.96	7.11	7.70	5	8.22	6.22	5.35	7.80	6.84	7.48	5	2.00		-0.84	1.67	0.76	1.38	
50 Summa	9.52	7.55	6.52	9.20	7.74	8.48	50 Summa	9.38	7.52	6.41	9.13	7.65	8.29	50 Summa	1.92		-1.07	1.63	0.16	0.85	
120							120							120							
5	6.47	3.87	3.96	5.64	4.07	5.65	5	6.37	3.84	3.95	5.67	4.04	5.64	5	2.57		0.10	1.80	0.20	1.79	
120 Summ	6.47	3.87	3.96	5.64	4.07	5.65	120 Summ	6.37	3.84	3.95	5.67	4.04	5.64	120 Summ	2.57		0.10	1.80	0.20	1.79	
130							130							130							
5	13.50	11.23	9.56	12.41	10.98	11.50	5	13.77	11.15	9.32	12.53	10.95	11.48	5	2.44		-1.75	1.28	-0.22	0.30	
130 Summ	13.50	11.23	9.56	12.41	10.98	11.50	130 Summ	13.77	11.15	9.32	12.53	10.95	11.48	130 Summ	2.44		-1.75	1.28	-0.22	0.30	
132							132							132							
4	10.08	10.10	8.26	10.42	9.65	9.64	4	10.26	9.47	7.85	10.34	9.57	9.56	4	0.39		-1.73	0.60	-0.18	-0.18	
5	6.54	4.77	4.39	6.18	5.24	6.30	5	6.67	4.67	4.28	6.12	5.11	6.28	5	1.89		-0.38	1.43	0.46	1.57	
132 Summ	9.10	8.68	7.19	9.25	8.43	8.72	132 Summ	9.27	8.19	6.86	9.17	8.34	8.65	132 Summ	0.75		-1.41	0.78	-0.05	0.25	
1321							1321							1321							
1	6.42	4.45	3.75	5.74	5.03	5.46	1	6.09	4.39	3.67	5.75	4.46	5.50	1	1.84		-0.71	1.33	0.33	1.07	
2	7.59	5.68	4.96	7.02	6.10	7.16	2	7.44	5.57	4.89	7.05	5.97	6.87	2	1.89		-0.70	1.41	0.41	1.39	
1321 Sum	6.80	4.84	4.14	6.16	5.38	6.00	1321 Sum	6.53	4.76	4.06	6.17	4.95	5.94	1321 Sum	1.86		-0.70	1.36	0.36	1.17	
Keskim.	7.75	5.97	5.20	7.38	6.00	6.75	Keskim.	7.69	5.88	5.08	7.35	5.91	6.66	Keskim.	1.80		-0.78	1.44	0.03	0.78	

Harjanne																				
Mittauskerta 1							Mittauskerta 2							Tasoerot						
Tie / osa	SP / FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX	Tie / osa	SP / FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX	Tie / osa	SP / FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX
1							1							1						
6	8.07	5.86	5.16	9.02	6.18	7.16	6	7.94	5.82	5.12	8.98	6.18	7.07	6	2.17		-0.70	3.16	0.34	1.28
7	8.26	6.19	5.64	9.35	6.85	5.84	7	8.16	6.17	5.56	9.34	6.93	5.68	7	2.03		-0.58	3.17	0.71	-0.41
8	7.52	5.79	5.11	8.94	6.31	5.83	8	7.46	5.83	5.16	9.00	6.36	5.75	8	1.68		-0.67	3.16	0.53	-0.02
1 Summa	7.98	5.98	5.35	9.14	6.52	6.14	1 Summa	7.88	5.98	5.32	9.14	6.57	6.03	1 Summa	1.95		-0.64	3.16	0.56	0.11
2							2							2						
1	11.74	8.92	8.45	12.34	9.59	8.37	1	11.80	9.02	8.37	12.36	9.58	8.38	1	2.80		-0.56	3.37	0.61	-0.60
2	11.01	8.98	8.29	12.40	9.40	6.43	2	10.93	9.04	8.39	12.42	9.53	6.49	2	1.96		-0.68	3.40	0.45	-2.55
2 Summa	11.49	8.94	8.40	12.36	9.53	7.76	2 Summa	11.51	9.03	8.37	12.38	9.57	7.79	2 Summa	2.51		-0.60	3.38	0.56	-1.21
3							3							3						
103	9.41	7.21	6.56	10.16	7.83	6.63	103	9.30	7.19	6.51	10.28	7.65	6.48	103	2.16		-0.66	3.02	0.54	-0.64
104	7.42	5.29	4.89	8.48	6.18	4.79	104	7.39	5.30	4.90	8.60	6.06	4.58	104	2.11		-0.40	3.25	0.82	-0.61
105	6.75	5.13	4.88	7.87	6.00	4.74	105	6.66	5.18	4.69	8.02	5.89	4.57	105	1.55		-0.37	2.79	0.79	-0.50
3 Summa	7.96	6.02	5.57	8.97	6.79	5.53	3 Summa	7.88	6.03	5.49	9.09	6.64	5.36	3 Summa	1.89		-0.50	3.00	0.69	-0.58
25							25							25						
24	7.60	5.71	5.88	8.66	8.90	6.03	24	7.58	5.90	5.96	8.60	8.15	5.82	24	1.78		0.11	2.82	2.72	0.12
25	13.69	11.61	10.73	15.41	11.89	10.40	25	13.71	11.64	10.80	15.39	12.00	10.30	25	2.08		-0.86	3.78	0.32	-1.27
27	9.99	8.05	7.09	11.57	8.56	6.50	27	9.58	8.24	7.08	11.68	8.72	6.37	27	1.64		-1.07	3.48	0.49	-1.71
28	4.43	1.86	0.98	4.49	2.83	5.15	28	4.27	1.96	0.97	4.54	3.62	5.25	28	2.44		-0.94	2.60	1.31	3.29
25 Summa	9.77	7.64	6.96	10.94	8.72	7.71	25 Summa	9.67	7.74	7.01	10.94	8.81	7.62	25 Summa	2.03		-0.70	3.25 </		

Sivukaltevuus

Sivukaltevuus							Mittauskerta 1							Mittauskerta 2							Tasoerot							
Tit / osa	SP / FGI CoE-LiSR	REF_D	Ram / RST17	RS / RDSV	TT / ViaPPS	NG / VMX	Tit / osa	SP / FGI CoE-LiSR	REF_D	Ram / RST17	RS / RDSV	TT / ViaPPS	NG / VMX	Tit / osa	SP / FGI CoE-LiSR	REF_D	Ram / RST17	RS / RDSV	TT / ViaPPS	NG / VMX	Tit / osa	SP / FGI CoE-LiSR	REF_D	Ram / RST17	RS / RDSV	TT / ViaPPS	NG / VMX	
																												1
6	-1.45	-1.20	-1.26	-1.00	-1.12	-1.27	6	-1.44	-1.23	-1.26	-1.00	-1.13	-1.25	6	-0.23							6						
7	-0.74	-0.69	-0.74	-0.55	-0.67	-0.69	7	-0.74	-0.70	-0.72	-0.55	-0.66	-0.71	7	-0.04							7						
8	-0.47	-0.13	-0.19	-0.01	-0.03	-0.13	8	-0.46	-0.16	-0.16	-0.01	-0.05	-0.18	8	-0.32							8						
1 Summa	-0.83	-0.62	-0.67	-0.47	-0.56	-0.64	1 Summa	-0.82	-0.64	-0.66	-0.47	-0.56	-0.66	1 Summa	-0.19						1 Summa	-0.19						
2							2							2							2							
1	-0.42	-0.03	-0.11	0.04	0.05	-0.15	1	-0.41	-0.06	-0.11	0.05	0.06	-0.16	1	-0.37						1							
2	-2.87	-2.65	-2.70	-2.46	-2.61	-2.72	2	-2.88	-2.68	-2.68	-2.47	-2.54	-2.70	2	-0.21						2							
2 Summa	-1.25	-0.86	-0.92	-0.75	-0.79	-0.96	2 Summa	-1.25	-0.89	-0.91	-0.74	-0.75	-0.95	2 Summa	-0.37						2 Summa	-0.37						
3							3							3							3							
103	-1.57	-1.20	-1.28	-1.05	-1.17	-1.26	103	-1.57	-1.20	-1.26	-1.05	-1.18	-1.28	103	-0.37						103							
104	-0.60	-0.40	-0.70	-0.28	-0.36	-0.44	104	-0.61	-0.40	-0.65	-0.28	-0.35	-0.45	104	-0.21						104							
105	-1.25	-0.86	-0.82	-0.71	-0.81	-0.93	105	-1.25	-0.86	-0.81	-0.72	-0.83	-0.94	105	-0.39						105							
3 Summa	-1.20	-0.88	-0.98	-0.74	-0.84	-0.94	3 Summa	-1.20	-0.89	-0.96	-0.75	-0.85	-0.96	3 Summa	-0.32						3 Summa	-0.32						
25							25							25							25							
24	-1.98	-1.69	-1.72	-1.52	-2.17	-1.72	24	-1.89	-1.73	-1.73	-1.53	-2.14	-1.73	24	-0.23						24							
25	-1.69	-1.42	-1.56	-1.35	-1.39	-1.58	25	-1.69	-1.45	-1.58	-1.38	-1.40	-1.59	25	-0.26						25							
27	-1.26	-1.07	-1.08	-0.89	-0.91	-1.07	27	-1.24	-1.09	-1.07	-0.92	-0.89	-1.08	27	-0.17						27							
28	-2.11	-1.85	-1.93	-1.61	-1.60	-1.90	28	-2.11	-1.88	-1.91	-1.69	-1.65	-1.92	28	-0.24						28							
25 Summa	-1.78	-1.52	-1.60	-1.37	-1.53	-1.60	25 Summa	-1.76	-1.55	-1.61	-1.41	-1.54	-1.61	25 Summa	-0.24						25 Summa	-0.24						
50							50							50							50							
1	-1.18	-0.81	-0.90	-0.74	-0.73	-0.89	1	-1.11	-0.84	-0.88	-0.71	-0.78	-0.90	1	-0.32						1							
3	-1.78	-1.53	-1.56	-1.38	-1.71	-1.55	3	-1.77	-1.56	-1.54	-1.36	-1.67	-1.60	3	-0.23						3							
4	-1.29	-1.07	-1.13	-0.89	-0.90	-1.10	4	-1.29	-1.10	-1.13	-0.86	-0.92	-1.14	4	-0.20						4							
5	-1.37	-1.07	-0.90	-0.93	-0.65	-1.11	5	-1.38	-1.11	-0.90	-0.91	-0.78	-1.17	5	-0.29						5							
50 Summa	-1.39	-1.10	-1.13	-0.97	-1.01	-1.15	50 Summa	-1.37	-1.13	-1.11	-0.95	-1.04	-1.18	50 Summa	-0.26						50 Summa	-0.26						
120							120							120							120							
5	-3.05	-2.89	-2.49	-2.71	-2.74	-2.90	5	-3.05	-2.88	-2.51	-2.71	-2.72	-2.92	5	-0.16						5							
120 Summr	-3.05	-2.89	-2.49	-2.71	-2.74	-2.90	120 Summr	-3.05	-2.88	-2.51	-2.71	-2.72	-2.92	120 Summr	-0.16						120 Summr	-0.16						
130							130							130							130							
5	-2.34	-1.99	-2.01	-1.88	-2.48	-2.08	5	-2.33	-2.00	-2.00	-1.86	-2.75	-2.09	5	-0.35						5							
130 Summr	-2.34	-1.99	-2.01	-1.88	-2.48	-2.08	130 Summr	-2.33	-2.00	-2.00	-1.86	-2.75	-2.09	130 Summr	-0.35						130 Summr	-0.35						
132							132							132							132							
4	-1.94	-1.69	-1.76	-1.56	-1.51	-1.76	4	-1.93	-1.73	-1.76	-1.55	-1.66	-1.76	4	-0.22						4							
5	-1.87	-1.62	-1.70	-1.57	-1.81	-1.76	5	-1.90	-1.64	-1.71	-1.57	-1.76	-1.77	5	-0.26						5							
132 Summr	-1.92	-1.67	-1.74	-1.57	-1.60	-1.76	132 Summr	-1.92	-1.71	-1.74	-1.55	-1.69	-1.76	132 Summr	-0.23						132 Summr	-0.23						
1321							1321							1321							1321							
1	-1.72	-1.50	-1.52	-1.33	-1.40	-1.54	1	-1.70	-1.53	-1.50	-1.34	-1.33	-1.53	1	-0.20						1							
2	-1.85	-1.75	-1.60	-1.48	-1.99	-1.58	2	-1.89	-1.75	-1.57	-1.46	-2.05	-1.62	2	-0.12						2							
1321 Sum	-1.76	-1.58	-1.55	-1.38	-1.59	-1.55	1321 Sum	-1.77	-1.60	-1.52	-1.38	-1.56	-1.56	1321 Sum	-0.17						1321 Sum	-0.17						
Keskim.	-1.79	-1.53	-1.50	-1.38	-1.49	-1.58	Keskim.	-1.78	-1.55	-1.49	-1.39	-1.50	-1.59	Keskim.	-0.24						Keskim.	-0.24						

Pitkä lenkki, Maksimiura 3.2m, mittauskertojen erojen jakaumat



Tuotantolaatu omalla mittausleveydellä

Maksimiuran tuotantolaatu

Huomattavat poikkeamat maksimiurassa omalla mittausleveydellä							Normaalit poikkeamat maksimiurassa					
Tie/osa	SP/ FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX	SP/ FGI CoE-LaSR	REF_D	Ram/ RST57	RS/ RDSV	TT/ ViaPPS	NG/ VMX
1												
6	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
7	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	1.5 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
8	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	4.0 %		1.8 %	0.0 %		0.0 %
1 Summa	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	1.9 %		0.6 %	0.0 %		0.0 %
2												
1	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	2.4 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
2	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	9.5 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
2 Summa	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	4.8 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
3												
103	4.7 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	1.6 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
104	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	8.9 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
105	1.8 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	3.5 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
3 Summa	2.4 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	4.2 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
25												
24	3.7 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	5.6 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
25	1.0 %		1.0 %	0.0 %		0.0 %	7.6 %		8.6 %	0.0 %		0.0 %
27	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	2.6 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
28	3.5 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	3.5 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
25 Summa	2.0 %		0.4 %	0.0 %		0.0 %	5.5 %		3.5 %	0.0 %		0.0 %
50												
1	17.1 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	12.9 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
3	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	3.6 %		0.0 %	1.8 %		0.0 %
4	3.4 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	15.3 %		1.7 %	0.0 %		0.0 %
5	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	9.1 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
50 Summa	6.5 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	10.6 %		0.5 %	0.5 %		0.0 %
120												
5	2.9 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	10.3 %		0.0 %	0.4 %		0.0 %
120 Summa	2.9 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	10.3 %		0.0 %	0.4 %		0.0 %
130												
5	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	6.3 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
130 Summa	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	6.3 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
132												
4	3.6 %		0.0 %	7.3 %		0.0 %	12.7 %		1.8 %	20.0 %		0.0 %
5	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	4.8 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
132 Summa	2.6 %		0.0 %	5.3 %		0.0 %	10.5 %		1.3 %	14.5 %		0.0 %
1321												
1	2.8 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	1.4 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
2	0.0 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	8.8 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
1321 Summa	1.9 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %	3.8 %		0.0 %	0.0 %		0.0 %
Yhteensä	2.6 %		0.1 %	0.3 %		0.0 %	6.9 %		0.9 %	0.9 %		0.0 %
Sallittu	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %
Hyväksyntä	ok		ok	ok		ok	ok		ok	ok		ok

ISSN-L 1798-6656
ISSN 1798-6664
ISBN 978-952-317-530-3
www.liikennevirasto.fi

Liik
enne
vira
sto

