



Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisu
1/2021

TIEN URAUTUMINEN KESÄLLÄ JA TALVELLA

Päällysteskanerin mittaustuloksia
2018 ja 2019



Juha Äijö, Mikael Sulonen

Tien urautuminen kesällä ja talvella

Päällysteskanerinin mittaustuloksia 2018–2019

Väyläviraston julkaisuja 1/2021

Väylävirasto
Helsinki 2021

Kannen kuva: Ante Erixon

Verkkajulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-317-836-6

Väylävirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puh. 0295 34 3000

Juha Äijö ja Mikael Sulonen: Tien urautuminen kesällä ja talvella – Päälysteskannerin mittaustuloksia 2018 ja 2019. Väylävirasto. Helsinki 2021. Väyläviraston julkaisuja 1/2021. 67 sivua ja 3 liitettä. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-836-6.

Avainsanat: tienpäälysteet, skannaus, kunto

Tiivistelmä

Kesä-talviuratutkimuksessa seurataan erilaisten maanteiden urautumista ja kehitetään mittausmenettelyä kesän ja talvenajan urautumisen erottamiseksi. Tavoitteena on erotella eri syistä johtuva urautuminen. Tutkimuksessa analysoidaan eri vuodenaikoina mitattuja aineistoja.

Mittalaitteena on käytetty Rambollin 3D päälysteskanneria, jonka mittaus-tuloksista on laskettu seuraavat kuntomuuttujat analysoitavaksi: maksimiura 3.2 m, sivukaltevuus, urapinta-ala, urapohjan leveys, reunapainuma sekä tie-merkintöjen pituus ja kaistan leveys. Tuloksia tarkastellaan seuraavien näkökulmien mukaan:

1. Mittausjaksojen (teiden) kunto esitetään kunkin kuntomuuttujan tunnuslukujen, arvoalueiden ja kuntojakaumien avulla.
2. Mittausten toistettavuutta arvioidaan vertaamalla kahden mittauskeran tuloksia.
3. Tiestöllä tapahtuvaa kuntomuutosta seurataan vuoden 2018 kevään, syksyn ja vuoden 2019 kesän ja syksyn väliseltä ajalta kunkin kuntomuuttujan avulla.
4. Esitetään kohdekohtaisia tuloksia esimerkkien avulla kuntomuuttujittain.

Erilaisia teitä on kuulunut mittausohjelmaan noin 225 km. Mittaustuloksista laskettiin tunnuslukuja 100 m ja 10 m jaksoille. Näiden avulla tarkasteltiin tie- ja tieosakohtaisesti mittaustulosten tasoa, toistettavuutta sekä kuntomuutosta. Kuntomuutoksen perusteella tunnistettiin sellaiset jaksot, joiden kuntomuutos on normaalia suurempaa, esimerkiksi erityisen lämpimän kesän 2018 aikana maksimiurasvyvyys kasvoi yli 1.5 mm noin 9 % 100 m jaksoista.

Kaikki uudet kuntomuuttujat antoivat hyvää lisätietoa päälysteen pinnalta mitatuista muutoksista, joita kuormitus ja heikko tierakenne aiheuttavat.

Tätä mittausaineistoa on mahdollista käyttää muuhunkin kuin poikkiprofiilin tarkasteluun. Tällaisia mahdollisuuksia ovat pintamallin muodostaminen mittauspisteiden perusteella (200 000 pistettä neliömetrillä) sekä päälystevaurioiden tunnistaminen.

Juha Äijö och Mikael Sulonen: Spårbildningen under sommar och vinterperiod – Mätningar med 3 D beläggningsskanner. Trafikledsverket. Helsingfors 2021. Trafikledsverkets publikationer 1/2021. 67 sidor och 3 bilagor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-836-6.

Sammanfattning

Med sommar- och vinterspår undersökningen, följer man med olika vägtypers spår bildning samt utvecklar man mätmetoder för att kunna skilja på spårbildning som kommer på sommaren samt vintern. Målsättningen är att kunna skilja på olika orsaker till spårbildning. I undersökningen analyseras data från olika årstider.

Som mätsystem har man använt Rambolls 3D vägyteskanner, från mätdata har man valt följande parametrar till analysen: max spår 3.2m, tvärfall, spårarea, spårbottnens bredd, kanthäng, vägmarkeringens längd samt körfältets bredd. Datat undersöktes utgående från följande synvinklar:

1. Redovisa vägarnas kondition med hjälp av varje parameter, värdeområde samt med tillståndsfördelningen.
2. Mätningarnas repeterbarhet redovisas genom att jämföra två mätningars mätdata med varandra från 2018 våren, sommaren och hösten samt 2019 sommar.
3. Konditionsförändringen på vägarna följs upp med parametrarna från mätningarna på våren och hösten 2019 samt sommaren 2019.
4. Resultaten presenteras på objekts nivå för alla parametrar med hjälp av exempel.

Olika vägtyper fanns med i mättningsprogrammet som var 225km långt. Från mätdata räknades 100m och 10m medelvärden på alla parametrar. Med hjälp av dem analyserades mätdata på väg nivå samt på vägsektion nivå. Mätningarnas skillnader, repeterbarhet samt konditionsförändring analyserades. Med hjälp av konditionsförändringen kunde man flagga för förändringar som var större än normalt, tex. på den speciellt varma sommaren 2019 hade maxspår en tillväxt på 1,5mm på ca. 9% av alla 100m sträckorna

Alla nya parametrarna gav bra tilläggsinformation om förändringar som uppmättes från vägens yta, som belastning samt dålig uppbyggnad förorsakat.

Med denna mätdata är det möjligt att göra till exempel en vägytemodell med hjälp av mätpunkterna (200 000 punkter i en kvadrat). Denna noggrannhet ger även möjlighet till att få fram beläggningens ytskador och sprickor.

Juha Äijö and Mikael Sulonen: Rutting during summer and winter periods on paved roads – Measurement result with 3D laser scanner. Finnish Transport Infrastructure Agency. Helsinki 2021. Research reports of the FTIA 1/2021. 67 pages and 3 appendices. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-836-6.

Abstract

The summer-winter rutting study follows the condition change on different type of roads and develops a measurement procedure to distinguish rutting in summer and winter time. The aim is to differentiate between rutting for different reasons. The study analyzes data measured in different seasons.

The measurement device has been 3D laser scanner operated by Ramboll. The following condition variables were studied: maximum rut depth 3.2 m, slope, rut area, width of rut bottom, edge drop, length of road markings and the width of lane. Results are presented according to:

1. Condition measured sections is presented with different condition variables.
2. Repeatability is presented based on two runs.
3. The condition change is reported from spring 2018 to fall 2019, with 4 datasets (spring and fall in 2018, summer and fall in 2019).
4. Results from detailed case studies are presented.

The length of measurement program is 225 km. The measurement results are presented as 10 m and 100 m values. The measurement results are studied in terms of repeatability, condition change and state. Normal and high condition change was identified and sections with high condition change were studied in more details. For example, summer 2018 was extra warm and high rutting (over 1.5 mm) was found on 9 % of all studied 100 m sections.

All new condition variables did provide good and useful extra information about the changes on pavement surface related to the traffic load and state of road structure.

The measurement data provides also the possibility to create a surface model from the measurement points (200 000 points per m²) and the crack identification is also possible to perform with LCMS provided software.

Esipuhe

Tässä julkaisussa raportoidut Rambollin uudentlaisella poikkiprofiilin mittaustavalla tehdyt mittaukset ovat osa Väyläviraston seurannassa olevan, n. 730 km pituisen, tieverkon tihennettyä urautumisen seurantaa, joka alkoi vuonna 2017. Sitä on tehty valituilta tieosilta nykytekniikalla toteutettavien säännöllisten kuntomittausten yhteydessä vuosina 2017-2019 Destian toimesta.

Ramboll on mitannut 3D päällysteskanneri tekniikalla vuosina 2018-2019 noin 225 km pituista osuutta em. seurantatieverkosta. Tässä julkaisussa raportoidaan tehtyjen mittausten tulokset valittujen kuntomuuttujien osalta ja analysoidaan niiden pohjalta kesän 2018, talven 2018-2019 ja kesä 2019 aikana havaittua kuntomuutosta.

Väylävirastossa urautumisen seurantatutkimusta ohjaa työryhmä, johon kuuluvat Katri Eskola, Kari Lehtonen, Juho Meriläinen ja Sami Petäjä. Rambollin osalta työhön ovat osallistuneet Juha Äijö ja Mikael Sulonen.

Helsingissä maaliskuussa 2021

Väylävirasto
Kunnossapidon ohjaus ja kehittäminen

Sisältö

1	JOHDANTO.....	9
2	TAVOITE	10
3	MITTAUSTEN TOTEUTUS.....	11
3.1	Mittaustekniikka	11
3.2	Mittauskohteet.....	12
3.2.1	Yleistä.....	12
3.2.2	Tie 2	12
3.2.3	Tie 25	13
3.2.4	Tie 52	14
3.2.5	Tie 282.....	15
3.2.6	Tie 2802	16
3.3	Mittausten ajankohta.....	16
3.4	Mittaustulosten raportointi.....	17
3.4.1	Yleistä, menetelmä ja kuntomuuttajat.....	17
3.4.2	Kunto	18
3.4.3	Toistettavuus.....	18
3.4.4	Kuntomuutosanalyysi.....	18
4	MITTAUSTULOKSET KUNTOMUUTTUJITTAIN	20
4.1	Maksimiura 3.2 m	20
4.1.1	Kunto	20
4.1.2	Toistettavuus.....	21
4.1.3	Kuntomuutos	21
4.1.4	Kohdetuloksia	26
4.2	Sivukaltevuus	32
4.2.1	Kunto	32
4.2.2	Toistettavuus.....	33
4.2.3	Kuntomuutos	33
4.2.4	Kohdetulokset	33
4.3	Urapinta-ala.....	36
4.3.1	Kunto	37
4.3.2	Toistettavuus.....	37
4.3.3	Kuntomuutos	38
4.3.4	Kohdetulokset	39
4.4	Urapohjien etäisyys ja leveys.....	42
4.4.1	Kuntomuuttuja	44
4.4.2	Toistettavuus.....	46
4.4.3	Kuntomuutos	47
4.4.4	Kohdetulokset	47
4.5	Reunapainuma	48
4.5.1	Kunto	48
4.5.2	Toistettavuus.....	49
4.5.3	Kuntomuutos	49
4.5.4	Johtopäätös.....	49
4.6	Tiemerkintöjen pituus ja kaistan leveys	49
4.6.1	Kunto	50
4.6.2	Toistettavuus.....	50
4.6.3	Kuntomuutos	50
4.6.4	Kaistan leveys.....	50

5	KOHDETARKASTELUJA	52
5.1	Tie 2.....	52
5.1.1	Kohteen kuntomuutos	52
5.1.2	Kohdetarkastelu Vt2/22	53
5.1.3	Vt2/22 kohta 2100.....	53
5.1.4	Vt2/22 kohta 4600.....	55
5.2	Tie 25	57
5.2.1	Kohteen kuntomuutos	57
5.2.2	Tie Vt 25 / 25	58
5.2.3	Vt25/25 kohta 6000	58
5.3	Tie 52	60
5.3.1	Kohteen kuntomuutos	60
5.3.2	Kohdetarkastelu Vt 52/20	61
5.3.3	Kohdetarkastelu Vt 52/21.....	62
5.4	Tie 282.....	62
5.4.1	Kohteen kuntomuutos	62
5.5	Tie 2802.....	63
5.5.1	Kohteen kuntomuutos	63
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	64
	KIRJALLISUUTTA.....	67

1 Johdanto

Teiden kunnossapidosta vastaaville, teiden parantamisen suunnittelijoille ja takuuajaisen käyttäytymisen arvioijille ei ole tarjolla sopivia referenssiaineistoja siitä, kuinka paljon erilaiset tiet urautuvat kesällä ja talvella. Tämän takia käynnistettiin vuonna 2017 valitun seurantatieverkon tihennetyt uramittaukset osana tieverkon säännöllisiä kuntomittauksia.

Uuteen tekniikkaan perustuvan poikkiprofiilin mittauksen suorituskyvystä ei ole vielä kattavaa tietoa, eikä siitä saatavien uusien tunnuslukujen käytöstä ole ollut tarpeeksi kokemuksia.

Tästä johtuen käynnistettiin kokeilu, jossa vuosien 2018-2019 aikana testattiin uudenlaista laserskannaukseen perustuvaa tekniikkaa urautumisen tunnistamiseen eri vuodenaikoina. Laserskannaukseen perustuvalla tekniikalla pystytään mittaamaan täsmällisempi ja tarkempi päällysteen poikkiprofiili kuin nykyisellä pistelasertekniikalla.

Tässä osaraportissa esitellään Rambollin uudella tekniikalla mitattuja tuloksia vuosilta 2018-2019 ja niiden perusteella tehtyjä alustavia havaintoja seurantatieverkolta.

Tunnistettuja uusia tierasituksen muutostekijöitä ovat esimerkiksi:

- ilmaston lämpenemisen vuoksi tierakenne on lyhyemmän ajan jäässä ja pidemmän ajan märkänä
- nastarenkaiden käyttäjien osuus ja käyttöaika voi lyhentyä
- nastat voivat muuttua enemmän tai vähemmän kuluttaviksi
- raskaan liikenteen muuttuva tierakenteeseen kohdistuva rasitus
- autonominen ajaminen voi keskittää nastarenkaat ja kuorma-autojen pyörät tarkemmin samaan ajouraan.

2 Tavoite

Vuonna 2017 aloitetun urautumisen seurannan tavoitteena on selvittää, minä vuodenaikoina urautumista tapahtuu ja kuinka paljon. Tätä varten mittauksia tehdään vuosittain kevään, kesän ja talven aikana.

Ensimmäisen vaiheen tavoitteena on selvittää:

- 1a. Mihin aikaan vuodesta autoissa on nastarenkaat eri puolella maata? Tulosten perusteella voidaan valita oikea urasyvyyden mittausaika, kun halutaan erottaa nastarenkaiden osuus.
- 1b. Kuinka suuri osa päällysteen urautumisesta syntyy nastarengaskauden aikana (talviura) erilaisilla teillä ja kuinka suuri osa muuna aikana (kesäura)? Tuloksia käytetään vertailuaineistona, kun esimerkiksi tiehankkeen takuuajana yritetään selvittää nopean urautumisen syytä.
- 1c. Miten tien leveys, liikennemäärä, mutkaisuus, pohjamaa, alue ja muut syyt vaikuttavat talvella ja kesällä syntyvään urautumiseen? Tulosten perusteella voidaan kalibroida ja tarkentaa aikaisemmin käytettyjä urasyvyyden ennustemalleja.

Toisen vaiheen tavoitteita ovat:

- 2a. Voidaanko laserskannukseen perustuvilla palvelutasomittareilla havaita lyhyessä ajassa, esimerkiksi keväällä kahden viikon aikana syntyvä urautumisen kasvu? Tietoa tarvitaan ja sitä myös saadaan kysymystä 2 b tutkittaessa.
- 2b. Syntyykö keväällä nastarengaskauden lopulla samanaikaisesti myös deformaatiota?
- 2c. Mikä urasyvyyden tunnusluvuista (maksimiura, urapinta-ala, harjanne, tms.) sopii sellaisenaan tai liikennesuoritteella jaettuna parhaiten kuvaamaan urautumista ja sen korjaustarvetta tai -kustannusta?
- 2d. Onko kesällä voimakkaasti urautuneilla teillä suurempi uraväli kuin muilla teillä? Jos yhteys on selkeä, kesäuran osuutta voisi arvioida pelkän uraväliin perusteella mittaamatta erikseen keväällä ja syksyllä.

Tässä osaraportissa vastataan alustavasti kysymykseen 1b ja 2a.

Mittauksia on ajateltu jatkettavan useita vuosia vielä kysymysten 1a...2d vastaamisen jälkeenkin ainakin osalla kohteita.

Pitkän aikavälin tavoitteena on todeta:

- 3a. Tapahtuuko kesän tai talven urautumisen nopeudessa pidemmällä aikavälillä muutoksia? Tuloksista nähdään, onko tarpeen alkaa selvittää esimerkiksi nastojen käytössä ja ominaisuuksissa tapahtuneita muutoksia tarkemmin; tai onko autonomisen ajaminen keskittänyt liikennettä samoihin uriin. Aineistolla voidaan tarvittaessa perustella näitä koskevien kansallisten tai kansainvälisten säädösten muuttamista.
- 3b. Kuinka suuri osa urautumisesta syntyy tulevaisuudessa nastarengaskauden aikana (talviura) erilaisilla teillä ja kuinka suuri osa muuna aikana (kesäura) Tuloksista nähdään, pitääkö ylläpidon toimenpiteitä ohjata enemmän esimerkiksi kesällä syntyneen urautumisen poistamiseen tai tietyllä pohjamaalla oleville teille.

3 Mittausten toteutus

3.1 Mittaustekniikka

Mittaukset tehtiin Rambollin 3D päällysteskannerilla, jossa perinteisen palvelutasomittalaitteen instrumentointiin on lisätty kaksi Pavemetrics Inc yrityksen LCMS viivalasera poikkiprofiilin mittaamiseen. Päällysteskannerin tekniset tiedot on esitetty liitteessä 1.

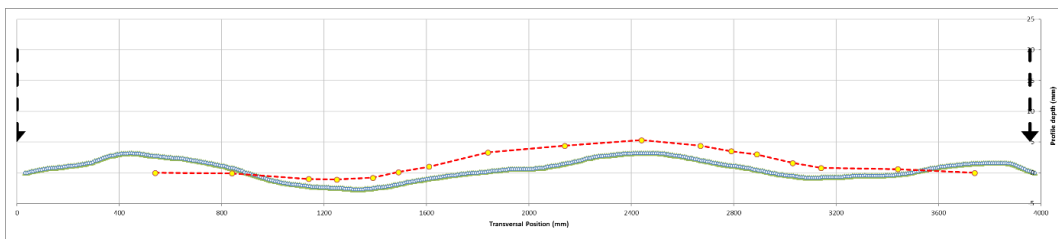


Kuva 1. Rambollin 3D päällysteskanneri PTM mittauksiin.

Päällysteskanneritekniikalla mitataan päällysteen ominaisuuksia, kuten

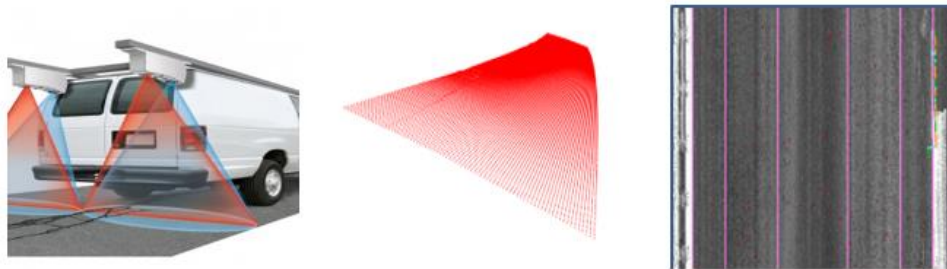
- Ura, karkeus, poikkiprofiili, sivukaltevuus, reunapainuma ja muita, uusia kuntomuuttujia
- Mittalaitteen erottelukyky (resoluutio) on:
 - 1 mm poikkisuunnassa
 - 0,25 mm korkeussuunnassa
 - 5 mm ajosuunnassa
- Mittausleveyden maksimi on 4 metriä, 4160 pistettä

Kuvassa 2 esitetään esimerkinomaisesti pistelasereiden ja päällysteskannerin mittaaman poikkiprofiilin ero. Pistelasereiden mittauspisteet on yhdistetty punaisella viivalla.



Kuva 2. Pistelasereiden (17 pistettä) ja päällysteskannerin mittaama jatkuva poikkiprofiili.

Päällysteskanerinin tuloksista voidaan tunnistaa tiemerkinnot, jotka on merkitty kuvaan 2 pystyvuolilla. Tätä tietoa käytetään kaistan leveyden määrittämiseen.



Kuvassa 2 kpl laser-scanneri

Pistepilvi scannerin tuloksista

Scannerin kuvatuloste

Kuva 3. Päällysteskanerinin mittaus- ja tulosmahdollisuuksia, pistepilvi ja päällyskuva, johon on liitetty kuvatulkinnan tuloksia

Pavematrix'n päällysteskanerinin tiheän mittauspisteistön avulla voidaan muodostaa päällysteen pinta kolmiulotteiseksi (3D) tasoksi. Laitteen tarkkuus antaa mahdollisuuden tunnistaa myös päällysteen vaurioita 3D -mittauksen tulosten perusteella (oikea kuva).

3.2 Mittauskohteet

3.2.1 Yleistä

Tässä tutkimuksessa Ramboll mittasi yhteen suuntaan (su 1) ja kahteen kertaan kesä-talviuratutkimukseen valituista kohteista Etelä-Suomessa sijaitsevista kohteista muodostuvan mittausreitit. Yhden mittausreitit pituus on noin 225 km.

Tie	Alkutieosa	Lopputieosa	Pituus
2	21	22	11
25	2	31	130
52	15	21	38
282	1	7	29
2802	1	3	18
Yhteensä, km			225

Taulukko 1. Kesä-Talvi uratutkimuksen kohteiden tieosoitteet.

Mittaustulokset raportoitiin 10 ja 100 m mittaustuloksina kuntomuuttujittain. Seuraavissa kappaleissa on esitetty seuranta-kohteiden ominaisuustietoja tierekisteristä.

3.2.2 Tie 2

Tieosien pituudet ovat 5.9 km ja 4.9 km
Tierekisterin tekninen toimenpide tieosille 21–22

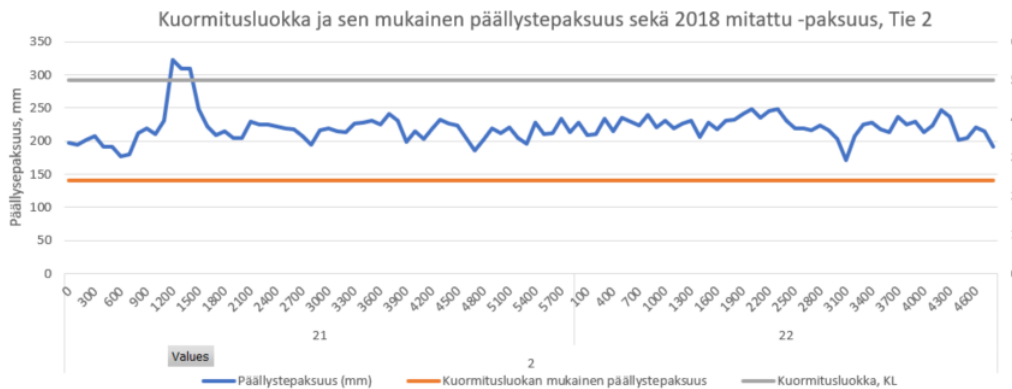
- Rakentaminen 1959
- Vt2 Mullinkallio-Häiviä levennyksen vastaanotto, 11.12.2018
Päällystyksen tehtiin 2017 ja 2018

Tieosien maalajitieto on:

- 2/21 Kitkamaalajeja, eloperäistä (20%)
- 2/22 Savi

Tieosien KVL on noin 5 000 ajon/vrk.

Vuonna 2018 mitatut päällystepaksuudet sekä Väylän Tierakenteen suunniteluohjeen mukainen kuormitusluokka ja sen mukainen tavoite päällystepaksuudelle (oranssi viiva) yhdessä mitatun päällystepaksuuden kanssa on esitetty Kuva 4:ssä.



Kuva 4. Päällystepaksuudet (2018) ja kuormitusluokka tie 2

Kohteella on hyvä ja uusi päällyste, joka on tavoitepaksuutta suurempi, tien kuormitus on kohtuullista.

3.2.3 Tie 25

Kohteen pituus on 131 km

Tierekisterin tekninen toimenpide:

- tieosat 2–7 Rakentaminen 2000
- tieosat 8 – 9 Rakenteen parantaminen 1972
- tieosat 11 -12 Rakenteen parantaminen 1986
- tieosat 12 -14 Suuntauksen parantaminen 1984
- tieosat 15 Suuntauksen parantaminen 1964
- tieosat 16 -19 Suuntauksen parantaminen 1982 ja 1986
- tieosat 20–22 Rakentaminen 2005
- tieosat 23 Rakenteen parantaminen 2008
- tieosat 24–25 Suuntauksen parantaminen 1967
- tieosat 26–30 Rakenteen parantaminen 1968
- tieosat 31–32 Rakentaminen 1992

Tieosien maalajitieto on:

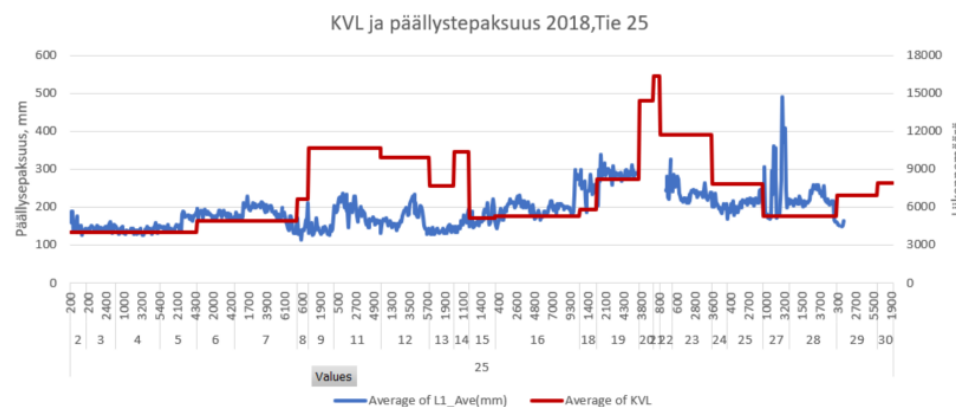
- 25/1 – 11 Karkea hiekka
- 25/12 – 19 Kallio, hieno hieta/savi
- 25/20 – 31 Hiekka/Moreeni

Vuonna 2018 mitatut päällystepaksuudet, kohteen kuormitusluokka ja kuormitusluokan mukainen päällystepaksuuden tavoite (oranssi viiva) on esitetty Kuva 5:ssä.



Kuva 5. Päällystepaksuudet (tavoite ja mittaus 2018) ja kuormitusluokka tie 25.

Tieosilla 9–14 päällystepaksuuden tavoite on suurempi kuin nykyinen päällystepaksuus joillain osuuksilla.



Kuva 6. Päällystepaksuudet ja KVL teillä 25.

Kuormitus on hyvin suurta osalla Vt 25:tä.

3.2.4 Tie 52

Kohteen pituus on 37.5 km

Tierekisterin tekninen toimenpide:

- tieosa 15 Rakentaminen 1964
- tieosa 17 Suuntauksen parantaminen 1964
- tieosa 18 Rakenteen parantaminen 1976
Suuntauksen parantaminen 1987
- tieosa 19 Rakenteen parantaminen 1968
Kevyt parantaminen 2005
- tieosa 20 Rakenteen parantaminen 1968
- tieosa 21 Kevyt parantaminen 2005

Tieosien maalajitieto on:

- 52/15 Hiekkamoreeni/Savi

Tieosien KVL on noin 3 000 ajon/vrk.

Vuonna 2018 mitatut päällystepaksuudet, kohteen kuormitusluokka ja kuormitusluokan mukainen päällystepaksuuden tavoite (oranssi viiva) on esitetty Kuva 7:ssä.



Kuva 7. Päällystepaksuudet (tavoite ja mittaus 2018) ja kuormitusluokka tie 52.

Kohteen päällystepaksuus on 10–15 cm eli ohuempi kuin muilla kohteilla mutta paksumpi kuin tavoitepaksuus. Kuormitus kohtuullista.

3.2.5 Tie 282

Kohteen pituus on 28.8 km

Tierekisterin tekninen toimenpide:

- tieosa 1 ja 6 Suuntauksen parantaminen 1976
- tieosa 6 Rakenteen parantaminen 1987

Tieosien maalajitieto on:

- 2828/1 ja 6 Hiekkamoreeni/Savi

Tieosien KVL on noin 2 000 ajon/vrk.

Vuonna 2018 mitatut päällystepaksuudet, kohteen kuormitusluokka ja kuormitusluokan mukainen päällystepaksuuden tavoite (oranssi viiva) on esitetty Kuva 8:ssä.



Kuva 8. Päällystepaksuudet (tavoite ja mittaus 2018) ja kuormitusluokka tie 282.

Kohteella on kaksikerros päällyste, joka on paksumpi kuin tavoitepaksuus. Kuormitus on kohtuullista.

3.2.6 Tie 2802

Kohteen pituus on 17.9 km

Tierekisterin tekninen toimenpide:

- tieosa 1 Suuntauksen parantaminen 1987
- tieosa 2 Rakenteen parantaminen 1979
Kevyt rakenteen parantaminen 2006
- tieosa 3 Rakenteen parantaminen 1981

Tieosien maalajitieto on:

- 2802/1 – 3 Hiekkamoreeni/Savi

Tieosien KVL on noin 1 000 ajon/vrk.

Vuonna 2018 mitatut päällystepaksuudet, kohteen kuormitusluokka ja kuormitusluokan mukainen päällystepaksuuden tavoite (oranssi viiva) on esitetty Kuva 9:ssä.



Kuva 9. Päällystepaksuudet (tavoite ja mittaus 2018) ja kuormitusluokka tie 2802.

Tiellä 2802 on jonkin verran yksikerrospäällysteitä, kuormitus pientä. Ainoastaan loppuosan päällystepaksuus on tavoitteen mukainen.

3.3 Mittausten ajankohta

Mittauspäivämäärät ovat (ajokerta 1 ja 2):

- Kevät 2018 26. ja 27. huhtikuuta
- Kesä 2018 2. ja 7. kesäkuuta
- Syksy 2018 10 ja 11. lokakuuta
- Kesä 2019 4. ja 5. kesäkuuta
- Syksy 2019 7. ja 9. lokakuuta

Erityisiä haasteita laskentarutiineille on aiheuttanut puuttuvien tai virheellisten 10 m tulosten käsittely. Samoin muutama mittausjakso on jäänyt pois tuloksista.

Tällaisia jaksoja ovat vuoden 2018 mittauksista:

- Kevätmittaukset 1 ja 2 25 / 27 1 800 m
- Kesämittaus 1 ja 2 282 / 1 & 6 1 500 m
- Kesämittaus 1 25 / 11 – 20 49 700 m

3.4 Mittaustulosten raportointi

3.4.1 Yleistä, menetelmä ja kuntomuuttajat

Rambollin mittalaite tallentaa tulokset LCMS:n (laitevalmistajan tuotteen) omassa formaatissa. Ne muunnetaan LCMS Analyser ohjelmiston avulla käyttäjän valintojen mukaan numeerisiksi arvoiksi, jotka raportoidaan XML formaatissa.

Työssä on käytetty myös "American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO" organisaation kehittämiä poikkiprofiilin tunnuslukuja, jotka on määritetty dokumentissa "Standard practice for determining pavement deformation parameters and cross slope from collected transverse profiles" (PP69 standardi).

Koska LCMS analyser ohjelmiston tuottamia tunnuslukuja ei ole määritelty vastaamaan pohjoismaisia kuntomuuttujia, on Rambollin RST yksikkö kehittänyt oman ohjelmistonsa, jonka avulla saadaan tuotettua halutut kuntomuuttajat, mukaan lukien PP69 standardin mukaiset muuttajat. Nämä tulokset tallennetaan Rambollin tietokantaan, josta ne on mahdollista raportoida ja toimittaa eri tilaajien vaatimusten ja tarpeiden mukaan. Raportissa esitetyt kuvat on tehty MS Excel sovelluksella tulosten analysoinnin yhteydessä.

Rambollin palvelutasomittarin mittaustuloksista on laskettu 63 kuntomuuttujaa, joista:

- "perinteisiä" yhteen mittalinjaan perustuvia muuttujia on 5 kpl:
 - IRI vasen, IRI oikea, MPD vasen, MPD keski, MPD oikea.
- päällysteskaneroin tuloksista laskettu "perinteisiä" muuttujia on 8 kpl:
 - Ura 32, Ura vasen32, Ura oikea32, Ura 26, Ura vasen26, Ura oikea26, Harjanne, Sivukaltevuus 32
- päällysteskaneroin tuloksista laskettuja "uusia" muuttujia on 6 kpl:
 - Reunapainuma, Ura pinta-ala (urakuluma), Kaistan leveys, Vasemman reunaviivan pituus, Oikean reunaviivan pituus, Urapohjien etäisyys.
- muut PP69 standardin mukaiset muuttajat ovat laskenta-algoritmeissa käytettyjä profiilia kuvaavia määrittäjiä, kuten jokaisesta poikkiprofiilista määritetyt profiilipisteet, leveydet, sijainnit ja etäisyydet.

Tässä raportissa analysoidaan tarkemmin seuraavia muuttujia:

1. Maksimiura 3.2 m
2. Sivukaltevuus
3. Urapinta-ala
4. Urapohjan leveys
5. Reunapainuma
6. Tiemerkitöjen pituus ja kaistan leveys

Kuntomuuttujia tarkastellaan kappaleissa 3.4.2–3.4.4 esitetyllä tavalla.

3.4.2 Kunto

Kuntoa esitetään kunkin kuntomuuttujan osalta valittujen tunnuslukujen, arvoalueiden ja kuntojakaumien avulla. Mielenkiintoisista mittaustuloksista esitetään kohdekohtaisia esimerkkejä tuloksista sekä kuntomuuttujien yhteydessä että kappaleessa 5

Koko mittaustulosaineisto on tarkasteltavissa Rambollin tietopalvelun PowerBI sovelluksen avulla (ks. Liite 2).

3.4.3 Toistettavuus

Mittausten toistettavuus esitetään vertaamalla kahden mittauskerran tuloksia eri ajankohtina kunkin muuttujien osalta.

3.4.4 Kuntomuutosanalyysi

Tiestöllä tapahtuvaa kuntomuutosta seurataan kevään ja syksyn 2018 sekä kesän ja syksyn 2019 osalta kunkin kuntomuuttujan osalta.

Kuntomuutoksen arviointia varten tulee tietää kunkin kuntomuuttujan mittaus-tulosten normaali hajonta (mittaustarkkuus ja toistettavuus). Tämän avulla voidaan erottaa, johtuuko havaittu muutos mittauksista vai kuntomuutoksesta.

Kuntomuutoksen tulee siis olla suurempi kuin mittauksen hajonta, jotta sitä voidaan seurata ko. mittausmenetelmän tai muuttujan avulla.

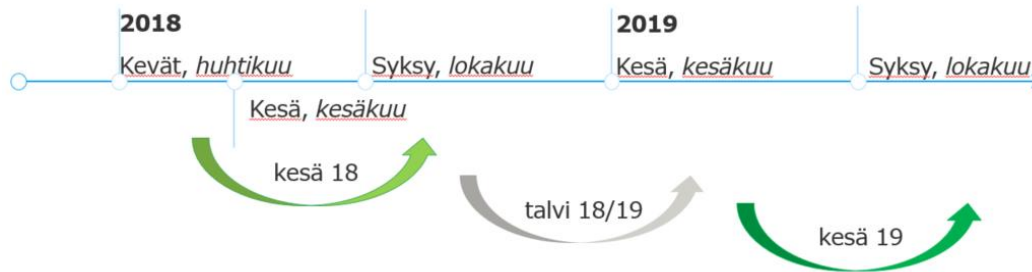
Kesän aikana tapahtuva kuntomuutos on yleensä pieni, joten kevään ja syksyn välillä tapahtuvan muutoksen erottaminen vaatii tarkkoja mittaustuloksia. Tähän vaikuttaa sekä kuntomuuttujien arvoalueet että 100m mittaustulosten toistettavuuden vaihtelu. Tätä päästään osoittamaan vertailemalla toistomittausten tuloksia keskenään (ajo1 vs. ajo2). Osa kuntomuuttujista raportoidaan 10m välein, jolloin myös pituussuuntainen kohdistuvuus tuo oman haasteensa tulosten kohdistamiselle.

Mittausaineistosta tunnistettiin poikkeuksellisen suuri kuntomuutos. Tämä määritettiin maksimiuramuuttujan avulla, koska sen käyttäytymistä eri olosuhteissa on seurattu pitkään ja sen perusteella osataan arvioida, mikä on normaali vuotuinen urakulumaa vuodessa eri tyyppisillä teillä. Kun kohteiden maksimiuran muutos on selvästi suurempi kuin olettavissa oleva kuntomuutos, jaksolla tapahtunut muutos voidaan luokitella suureksi. Esimerkiksi vähäliikenteiset tiet urautuvat yleensä 1 mm vuodessa. Jos talviura niillä on yli 2 mm ja kesällä tapahtunut urasyvyyden lisääntyminen on yli 1 mm, jakso luokitellaan "suuri kuntomuutos" otsikon alle. Mitatuista kohteista noin 10 % urautui paljon. Tätä osuutta käytettiin sitten muidenkin kuntomuuttujien vastaavan raja-arvon määrittämiseen.

Kuntomuutoksen arviointia varten on laskettu erotukset eri mittausajankohtien tuloksista samalla 100m jaksolla. Kuntomuutoksen mittauspareja on saatu tähän mennessä seuraavasti:

- kesä 18 – kevät 18
- syys 18 – kesä 18
- syys 18 – kevät 18 -> kesäura18
- kesä 19 – syys 18 -> talviura 18/19
- syys 19 – kesä 19 -> kesäura19

Erityisen mielenkiinnon kohteena on tässä työssä ollut kuntomuutos kesällä (syys 18 – kevät 18 sekä syys 19 – kesä 19, *kesäura18 ja kesäura19*) ja kuntomuutos syksyn 2018 ja kesän 2019 välillä (kesä 19 – syys 18, jota kutsutaan *talviura 18/19* nimellä).



Kuva 10. Mittaustulokset ja kuntomuutoksen tarkastelujaksot.

Erityisen kiinnostuksen kohteena ovat jaksot, joilla tapahtuu "normaalia" suurempia kuntomuutoksia. Jotta mittausparien erotukset voidaan laskea, tarvitaan mittaustulos samalta 100 m eri aikoina.

Talven aikana tapahtunutta kuntomuutosta verrataan vastaavan kohdan kesän aikana tapahtuneeseen kuntomuutokseen sekä erityisesti niihin jaksoihin, joissa edellisen kesän aikana tapahtui suurta kunnan heikkenemistä.

Kuntomuutoksen seurantaan vaikuttavat päällysteen normaali kunnossapito, urapaikkausten teko, uudelleenpäällystyksset ja tehdyt rakenteenparantamistoimenpiteet. Tällaiset jaksot keskeyttävät tien normaalin kuntomuutoksen ja kohteet muodostavat oman mielenkiintoisen ryhmän pitkäaikaisseurannassa.

4 Mittaustulokset kuntomuuttujittain

4.1 Maksimiura 3.2 m

Kuntomuuttuja määritetään kaikista päällysteskanerin profiilipisteistä lankamallin mukaan. Kaistan leveys määritetään 3.2 m vakioleveytenä alkaen 50 mm päästä oikeasta reunaviivasta.

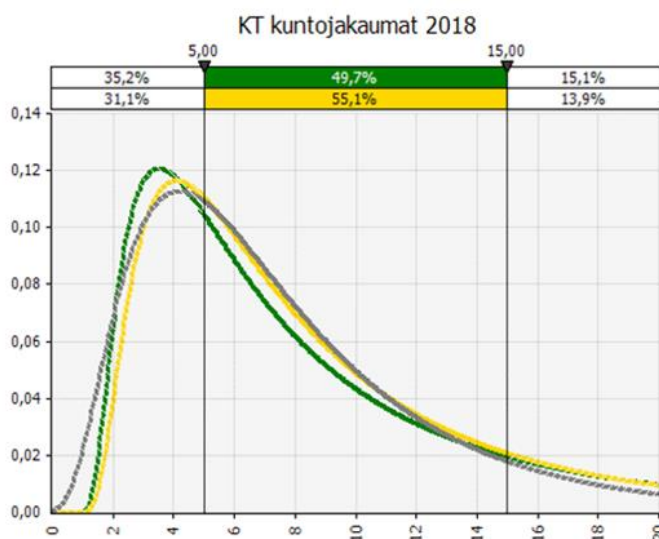
4.1.1 Kunto

Kaikkien 100-metrinen kuntojakaumaa voidaan tarkastella seuraavien tunnuslukujen avulla. Mittaustulokset on yhdistetty yhdeksi aineistoksi, joka kuvaa kaikkien kohteiden maksimiurasyvyyttä eri mittausaikoina. Kuntomuutosta tarkastellaan kappaleessa 4.1.3

Taulukko 2. Maksimiurasyvyys, 3.2 m, tulosten tunnuslukuja

Tunnusluku	keväät 2018	kesä 18	syksy 18	kesä 19
Aineiston keskiarvo (mm)	9.1	8.9	7.6	8.9
Aineiston hajonta (mm)	7.8	8.9	7.6	5.4
Ura alle 5 mm havaintoja	36 %	33 %	38 %	23 %
Ura 5 - 15 mm havaintoja	54 %	60 %	55 %	64 %
Ura yli 15 mm havaintoja	10 %	7 %	7 %	13 %

Kuva 11 esittää em. urajakaumia, kevätjakauma on esitetty vihreällä värillä, kesä kellertävällä ja syksy harmaalla värillä. Niistä on nähtävissä kunnon heikkeneminen kevään ja kesä/syksyn välillä sekä päällystettyjen jaksojen (noin 12 km) vaikutus syksyllä pienien urasyvyyksien määrään.



Kuva 11. Kuntojakaumat vuoden 2018 kevät, kesä ja syysmittauksista, maksimiura 3.2m

Kesän 2019 koko aineiston kuntojakauma noudattaa samaa muotoa.

4.1.2 Toistettavuus

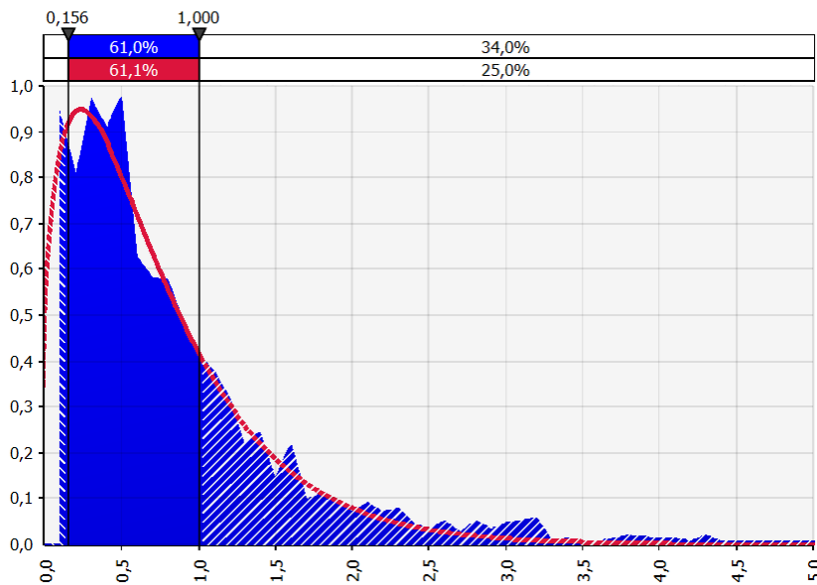
Tarkasteltaessa kaikkien mittausparien eroja, voidaan toistojen +/- 0.5 mm erotusta pitää sopivan tarkkana mittaustuloksena kesän aikana tapahtuvan kuntosuutoksen havaitsemiseen. Tällöin kevätmittauksista 2018 oli 70 % tarkempia kuin tuo vaatimus. Vastaava osuus kesämittauksissa 2018 oli 80 %, syys 2018 83 % ja kesä 2019 mittauksissa 78 %.

Uramittauksen toistettavuuden 95 % luotettavuus saavutetaan +/- 1.0 mm toleranssilla (86 % kevät18, 95 % kesä 18, 94 % syksy18 ja 95 % kesä19).

Kuntomuutosanalyysissä käytetään kahden mittauksen keskiarvoa niissä tapauksissa, kun kahden 100m mittaustuloksen ero on pienempi kuin 0.5 mm (+/-). Muussa tapauksessa mittauksissa käytetään pienempää arvoa.

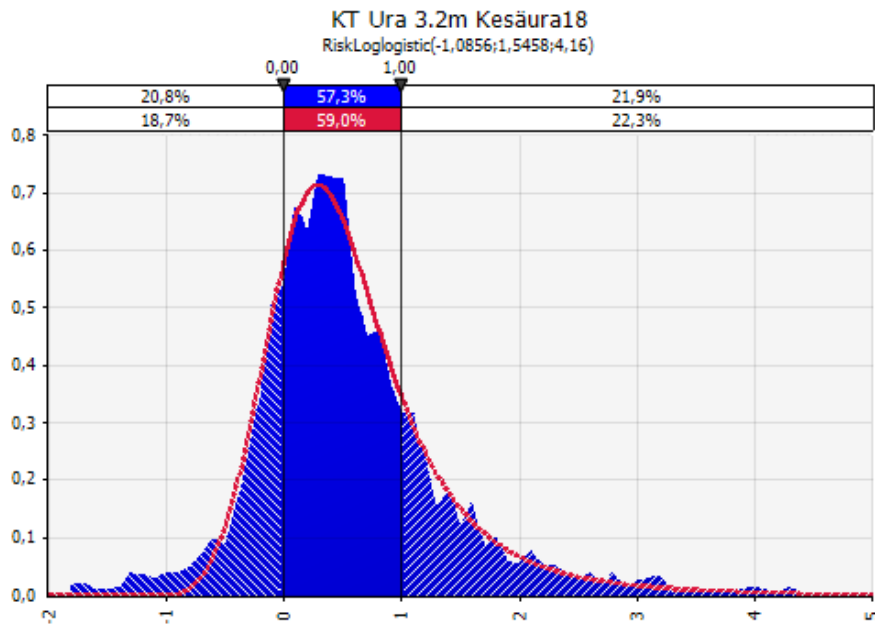
4.1.3 Kuntomuutos

Maksimiurasyvyyden muutos vuonna 2018, kesäura 2018, on esitetty kuvissa 12 ja 13. Kuva 12 esittää niitä kuntomuutospareja, joissa negatiiviset arvot (urasyvyyden pieneneminen) on karsittu. Tällöin noin 66 % 100m mittaustulospareista on alle 1 mm. Yli 1 mm havaintoja on 34 % ja yli 1.5 mm havaintoja 9 % eli noin 20 km.



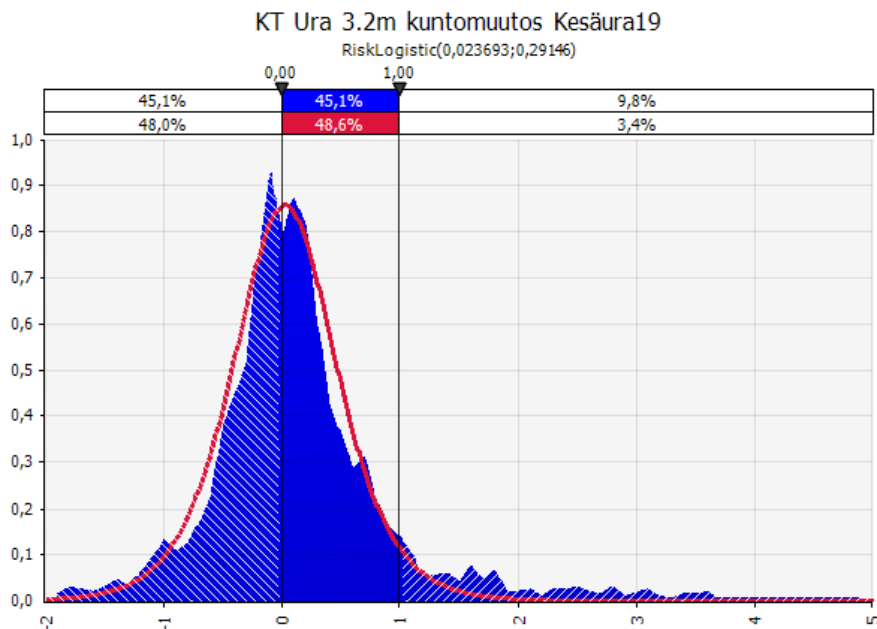
Kuva 12. Kesäura18 kasvu kesällä 18 (negatiiviset arvot karsittu) päällysteskannerin mittauksissa 2018.

Kuva 13 esittää kaikki kuntomuutosparit jaksoilla, joilla ei ole tehty päällystystoimenpiteitä (ura paranee yli 2 mm). Tällöin mukana on kaikki mittaushavainnot, myös ne, joissa urasyvyys on pienentynyt (negatiiviset arvot). Näistä alle 0.5 mm muutokset kuuluvat mittaustarkkuuden aiheuttamiin eroihin, suurempiin on löydettävissä selitys. Kesäura 2019 on esitetty vastaavalla tavalla Kuva 14:ssä.



Kuva 13. Kesäura18 muutos kesällä 18, kaikki havainnot päällysteskannerin mittauksista.

Kesäura 18 yli yhden mm kuntomuutokset ovat pääasiassa tieltä 25, myös teiltä 2 ja 282 ja pienenemiset tulevat pääasiassa teiltä 52 ja 2802.



Kuva 14. Kesäura19 muutos kesällä 19, kaikki havainnot päällysteskannerin mittauksista.

Kesäura 19 muutos on hyvin pientä ja tasaisesti jakautunut "nollan" ympärillä. Mitattaessa urasyvyyden muutoksia 100-metrisillä, joilla urasyvyys kasvaa hyvin vähän kesän aikana, on tavallista, että urasyvyyden kasvu näkyy negatiivisena. Syy negatiiviseen kuntomuutokseen (urakasvuun) voi olla paikkaukset urien kohdalla, pienet erot ajolinjoissa mittausta tehtäessä. Myös raskaiden autojen ajaminen uran vieressä on havaittu pienentävän urasyvyyttä tai keväällä

2018 tierakenteessa on voinut olla jäljellä routanousua, joka on reunaviivojen ja urien kohdalla eri suuruista. Käytännön tarkasteluissa negatiivisesta urasta ei ole yleensä haittaa, kun tien urautumista katsotaan esimerkiksi tieosittain, jolloin tarkastellaan ehkä 50:n 100-metrinen (eli 5 km) keskiarvoa.

Vuonna 2019 yli 1 mm kuntomuutoksia oli huomattavasti vähemmän kuin 2018 (10 % vs. 22 % aineistosta). Ensisijaisena syynä on, että vuonna 2018 touko-kesäkuun urautuminen (keskimäärin 0.3 mm vuonna 2018) sisältyi kesäuraan (mittaus huhtikuussa 2018), mutta vuonna 2019 talviuraan 18/19, koska mittaus 2019 tehtiin vasta kesäkuussa. Ero osoittaa, että merkittävä osa kesän deformaatiosta tulee jo keväällä. Toissijaisena syynä voidaan pitää poikkeuksellisen lämmintä kesä vuonna 2018.

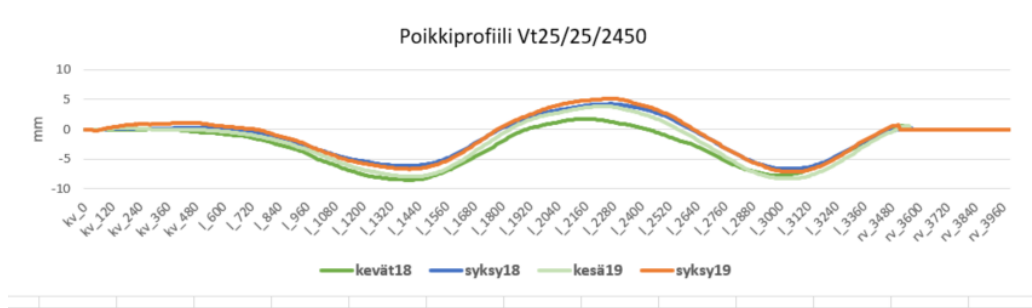
Kun tarkastellaan niitä jaksoja, joissa kesäura 19 pieneni yli 0.5 mm, on aineistossa tällaisia 100 m jaksoja 212 kpl (noin 10 %):

- Tiellä 2 28 kpl 100 metrisiä 26 % kohteen kaikista jaksoista
- Tiellä 25 152 kpl 12 %
- Tiellä 52 9 kpl 2.5 %
- Tiellä 282 12 kpl 4 %
- Tiellä 2802 11 kpl 6 %

Näistä yhdeksällä jaksolla urasyvyys pieneni sekä kesällä 18 ja 19. Näistä kolme aiheutuu tien geometriasta (lisäkaistan erkaneminen) ja neljä tien vaikeista mitausolosuhteista (paikkauksia):

- 2/22/3800 risteys
- 25/19/6800 rampin erkaneminen
- 25/23/1600 risteys, kääntyvä kaista 13
- 25/25/2400 poikkihalkeamia (ks. Kuva 15)
- 25/25/2900 poikkihalkeamia
- 52/21/800 mutkia ja vaurioita
- 52/21/2100 mutkia, vaurioita ja paikkauksia
- 2802/1/1800 mutkia, vaurioita ja paikkauksia
- 2802/1/2300 mutkia, vaurioita ja paikkauksia

Kuva 15 esittää Vt 25/25/2450 poikkiprofiilit uramuutoksesta, jossa urasyvyys pienenee kesällä.



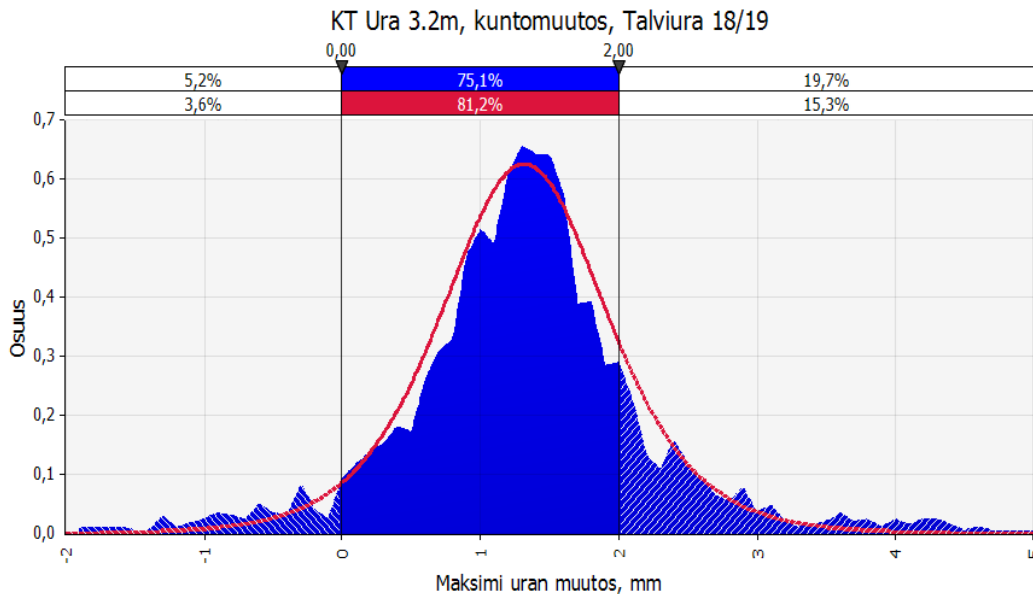
Kuva 15. Vt25/25/2450 poikkiprofiili eri ajokerroilta.

Tällä 10m kohdalla ajourien pohjat eivät painu alemmas vaan keskiosa kohoaa.

Suurimpaan osaan noista vuoden 2019 uran pienenemisistä on löydettävissä syy, useimmiten päällysteen pienimuotoinen paikkaaminen, joka ilmenee 100 m keskiarvotuloksessa paranemisena. Vastaavasti mitattu urakasvu jää hieman

todellista pienemmäksi, kun paikkauksia ei rekisteröidä. Päälysteskannerin tuloksista on mahdollista analysoida vaurioiden ja paikkausten määrää, jolloin tuota tulosta voitaisiin käyttää uratulostenkin esittämisen/laskennan yhteydessä.

Talviura 18/19 on esitetty Kuva 16. Siinä on esitetty kaikkia kuntomuutosparit jaksoilla, joilla ei ole tehty päälystystoimenpiteitä. Koska talven aikana tapahtuu selvä urasyvyyden kasvu, "kunnon paranemista" tapahtuu ainoastaan 5 % havainnoista.



Kuva 16. Talviura 18/19 muutos talvella 18/19, kaikki havainnot päälysteskannerin mittauksista.

Kaikkien teiden keskimääräinen urautuminen on 1.46 mm talvessa, mitä voidaan pitää kohtuullisena tällaisille raskaasti kuormitetuilla teillä. Sellaisia jaksoja, joiden talviura 18/19 kasvaa yli 2 mm on tässä aineistossa 16 %.

Kun tarkastellaan jaksoja, joilla ura on pienentynyt, ne sijaitsevat pääasiassa teillä 25, 52 ja 2802. Jaksoja, joissa talviura 18/19 pieneni yli 1 mm, on aineistossa tällaisia 100 m jaksoja 41 kpl (noin 2 %):

- Tiellä 25 9 kpl 1 % kohteen kaikista jaksoista
- Tiellä 52 5 kpl 1 %, vaikeat mittaolosuhteet, paikkauksia
- Tiellä 2802 27 kpl 15 %, vaikeat mittaolosuhteet, paikkauksia

Kun näitä tarkasteltiin lähemmin, 10 m mittaustulosten ja kuvien avulla, voidaan jaksoja kommentoida seuraavasti:

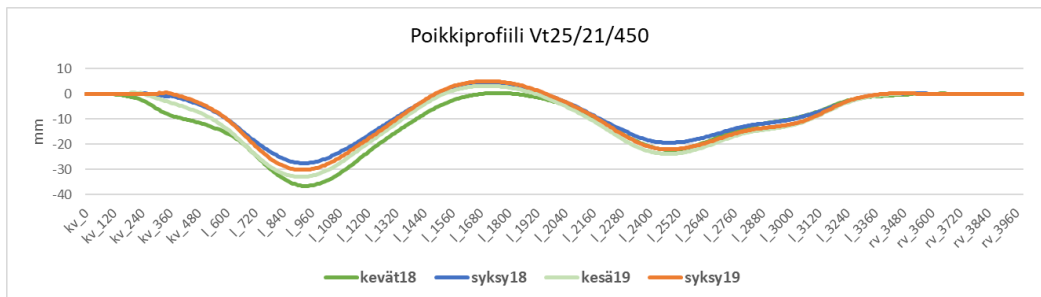
Tie 52

- 52/18/3900 päällystetty 2019, vaurioita ja paikkoja talvella 2018
- 52/19/6800
- 52/21/1500 mutkia ja vaurioita
- 52/21/1600 mutkia ja vaurioita
- 52/21/4100 mutkia ja vaurioita

Tien 52 jaksoja on tarkasteltu myös kohdetuloksissa, kappale 5.3.

Tie 25

- 25/2/1400
- 25/7/1900
- 25/11/3400
- 25/11/3700
- 25/20/300 uusi jakso tultaessa Lohjalle
- 25/20/500
- 25/21/400 *kaksiajoratainen kohta (Kuva 17)*
- 25/21/500
- 25/28/5700 päällystetty 2019, vaurioita ja paikkoja talvella 2018



Kuva 17. Vt25/21/450 poikkiprofiili eri ajokerroilta.

Poikkiprofiilissa nähdään raskaan liikenteen leveän akselivälin aiheuttama uramuoto.



Kuva 18. Vt25/21/450 kuva syksyllä 2019.



Kuva 19. Vt25/21/450 kuva keväällä (vasen) ja syksyllä (oikea) 2018.

Tierakenteen muutokset ovat nähtävissä päällysteen päältäkin. Leveät pituus-suuntaiset halkeamat olisi mahdollista saada esille LCMS:n kuvatulkinnan avulla.

Kohdan rakennusvuosi YHA tietojen mukaan on 2005, SMA laatta 2006. Kuvassa näkyvää REM toimenpidettä ei ole kirjattu. Kohta päällystettiin 2020.

4.1.4 Kohdetuloksia

Seuraavissa kappaleissa on esitetty kuntomuutosesimerkkejä 100m aineiston perusteella.

Kuvien (esimerkiksi Kuva 20) lukuohje on seuraava:

- vaaka-akselilla akseli on esitetty kohteen 100m jaksot tieosoitteen mukaan
- sininen viiva osoittaa nykyuran syksyllä 2019 (asteikkona oikea pystyakseli)

Kuntomuutosta tarkastellaan kolmella aikavälillä (vasen pystyakseli);

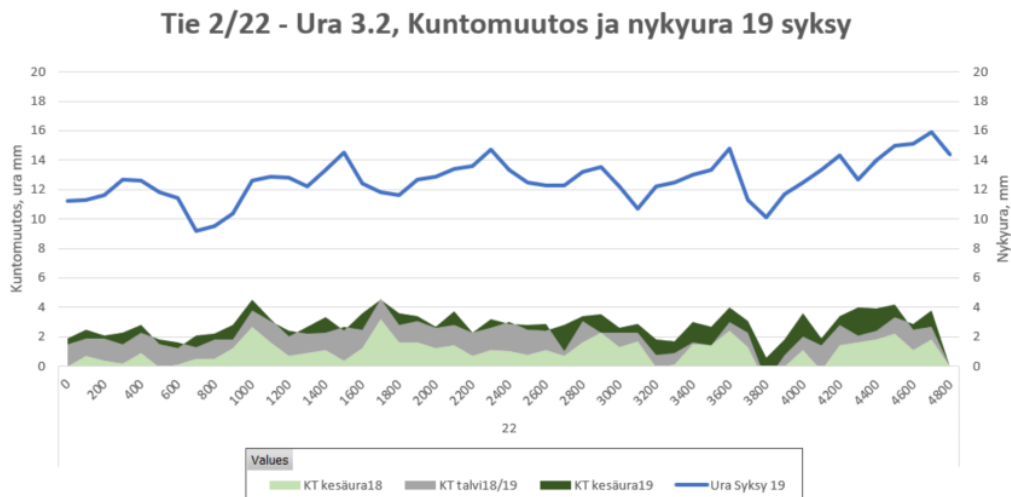
- alinna on vaalean vihreänä kesäura18
- sen yläpuolella (päälle lisättyinä) harmaana talviura18/19
- näiden yläpuolella (edelleen päälle lisättyinä) tumman vihreänä kesäura19,

jolloin väritetyn alueen kokonaiskorkeus kuvaa koko mittausaikavälin urasyvyyden kasvua.

Tie 2

Vt 2 tieosan 21 uusi päällyste urautui ensimmäisen talvena ja paikoin se on jatkunut myös kesällä 19. Tieosalla 22 tapahtui kesällä 18 urautumista, joka jatkui myös 2019.

Kohteella on tehty leventäminen, joka vaikuttaa kuntomuutokseen, kohdetta on tarkasteltu esimerkkinä kappaleessa 5.1.



Kuva 20. Kuntomuutos (kesäura18 ja 19 sekä talviura 18/19), nykykurto syksyllä 19, maksimiura 3.2m, tie 2, tieosa 22.

Vuonna 2018 merkittävää kesädeformaatiota oli paaluvälillä 1000-4800, kesällä vain paaluvälillä 2700-4600. Talviura oli oudon pieni välillä 2700-4000.

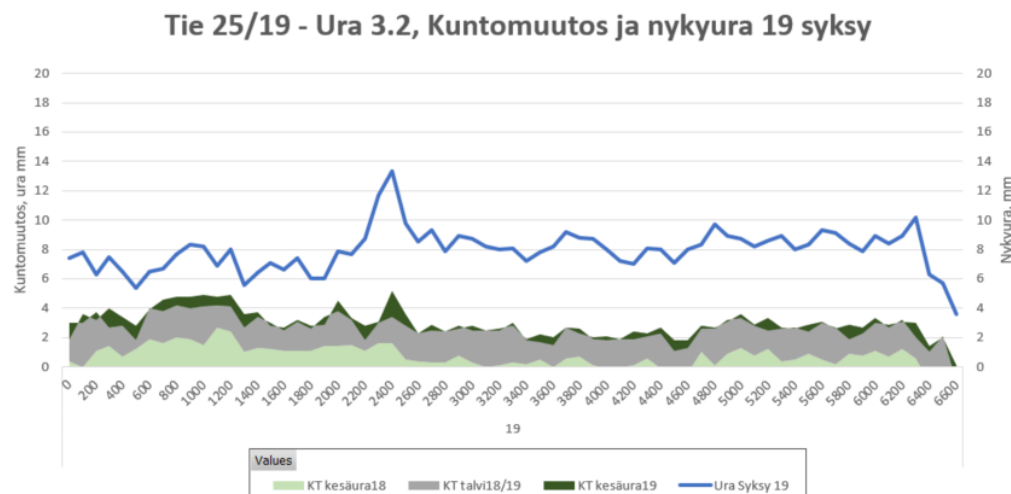
Tie 25

Liikennemäärien suhteen tieosat 9, 11, 12, 20-23 ovat muita tieosia kovemalla kulutuksella ja näillä KVL yli 10 000.

Yleisesti voidaan sanoa, että:

- Vt 25 alkuosa käyttäytyy normaalisti, kuntomuutos seuraa liikennemäärän muutoksia, kesällä 18 urakasvu oli suurta pienillä urasyvyyksillä.
- Tieosavälillä 16/7000-19/7000 kesän 18 suuri kuntomuutos jatkui talvella 18/19 vaikka urasyvyys on alle 10 mm.
- Tieosilla 20-22 on suuri liikennemäärä ja myös kuntomuutos on ollut suuret talvella 18/19 ja se on jatkunut kesällä 19.
- Urautuneiden (ura yli 15 mm) tieosien 20-22 urautuneisuus on kasvanut huomattavasti kesällä 18 ja talvella 18/19.

Kuva 21 esittää esimerkin tieosan 25/19 urautumisesta.



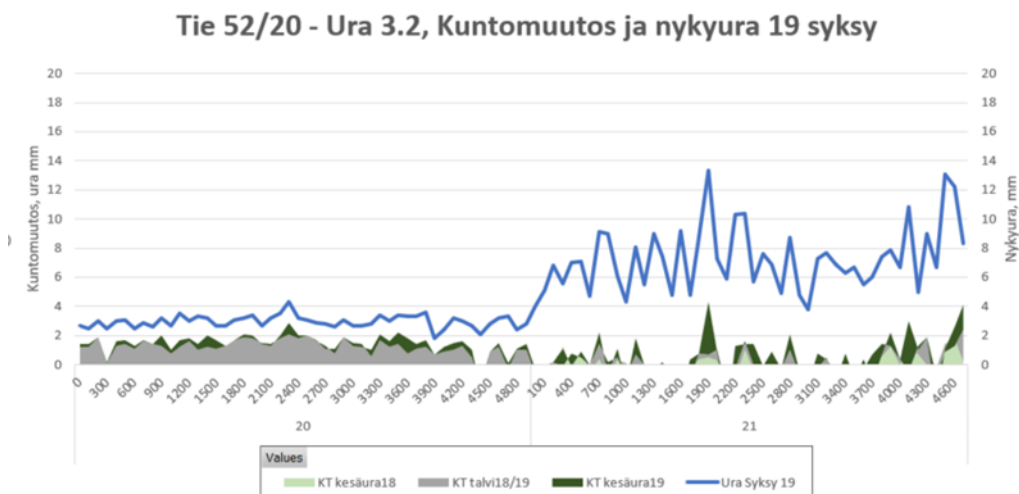
Kuva 21. Kuntomuutos (kesä18 ja 19 sekä talviura18/19), nykykurto syksyllä 19, maksimiura 3.2m, tie 25, tieosa 19.

Tieosan 19 alkuosalla tapahtuu suurta kuntomuutosta, kesädeformaatiota esiin-tyy vain paaluväleillä 0-2300 ja 4700-6400. Talviura kehittyi tasaisesti koko pi-tuudella. Tällaisen tiedon avulla on mahdollista kohdistaa rakenteen vahvista-minen oikeisiin kohtiin ja havaita muutoksia kuntomuutoksen nopeudelle.

Tie 52

Yleisesti voidaan sanoa, että:

- Tiellä 52 on muutamia kohtia, joissa on tapahtunut suuria uramuutoksia.
- Tieosat 19 ja 20 puolestaan on päällystetty 2018.
- Tieosalla 18 on huomattavan suuria uria Loimaan keskustassa.
- Kuntomuutoksia syntyi kesällä 18 ja talvelle 18/19 tieosalla 15 sekä tie-osalla 21, joka pahoin vaurioitunut ja paikattu.



Kuva 22. Kuntomuutos (talviura18/19 ja kesäura19), nykykunto syksyllä 19, maksimiura 3.2m, tie 52, tieosa 20 ja 21.

Vt 52 tieosa 20 päällystettiin 2018, joten nykyura syksyllä 2019 on yhden talven kuntomuutos ja ns. alku-ura. Tällaista kuntomuutosta voidaan pitää normaalina.

Tieosa 21 on kapea, mutkainen ja paikattu osuus, jolla kuntomuutos on hyvin epähomogeeninen.

Kuva 22:ssa nähdään syksyn maksimiurasyvyyden suuri vaihtelu peräkkäisillä 100 metrisillä, joka johtuu paikkausten kohdan matalasta urasta ja vastaavasti syvästä urasta paikkojen välissä (Kuva 23).



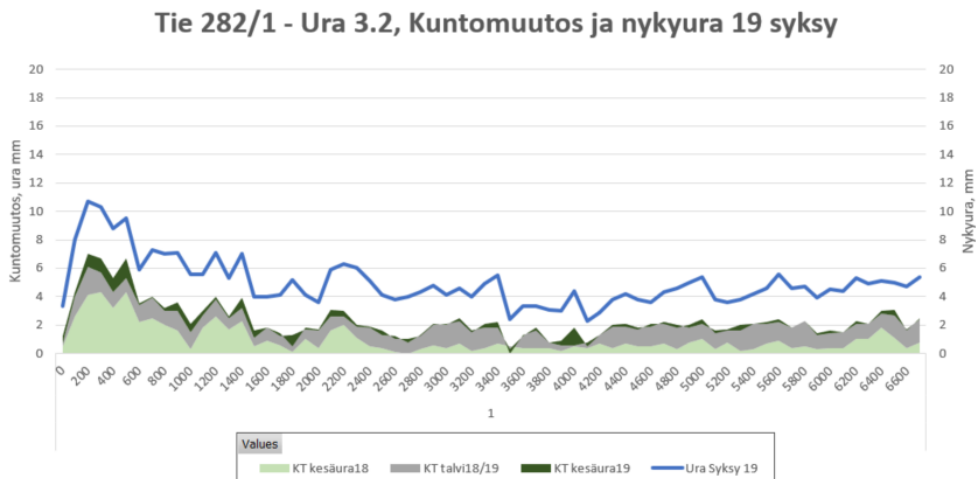
Kuva 23. Vt52/21/1700 ja 4450 kuvat syksyllä 2019.

Tällaisen tien poikkiprofiilit ovat myös poikkeuksellisia, siitä esimerkki kappale 5.3 :ssa.

Tie 282

Tien liikennemäärät ovat noin KVL 2 000 tasolla ja päällystepaksuus on yli 150 mm.

Tieosan 1 maalajina on pääosin savea, tieosalla 6 hiekkamoreenia/savea.



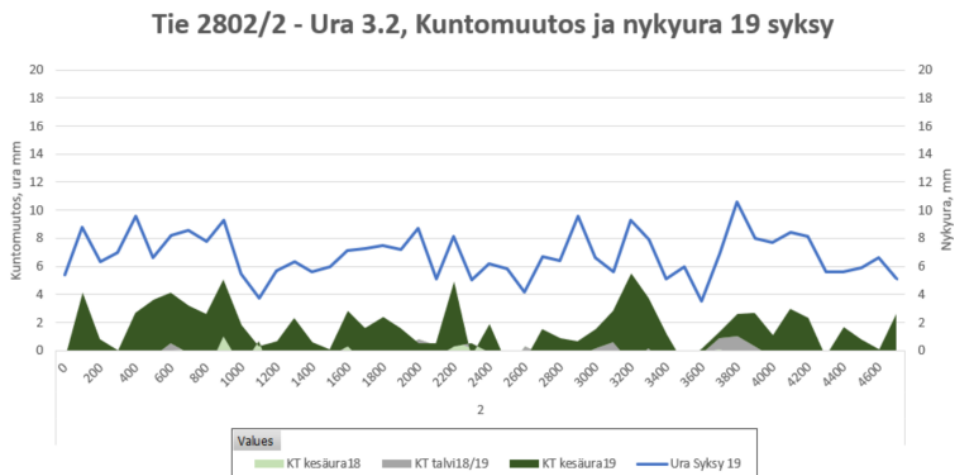
Kuva 24. Kuntomuutos (kesäura18 ja 19 sekä talviura18/19), nykykunto syksyllä 19, maksimiura 3.2m, tie 282, tieosa 1.

Tein 282/1 alussa on jakso, jolla on suuri kesäura, vaikka päällyste on paksu (160 m). Talviura on koko pituudella lähes vakio.

Tie 2082

Tien liikennemäärät ovat noin KVL 1 000 tasolla.

Tieosan 1 maalajina on pääosin savea, muilla tieosilla hiekkamoreenia/savea



Kuva 25. Kuntomuutos (kesäura18 ja 19 sekä talviura18/19), nykykunto syksyllä 19, maksimiura 3.2m, tie 2802, tieosa 2.

Tie 2802 on kapea ja mutkainen "tavallinen" tie, jonka kunto vaihtelee paljon ja talvella 18/19 sekä sen jälkeen kesällä 2019 tien kunto heikkenee paikoittain paljon.



Kuva 26. Vt2802/2/380 ja 450 kuvat syksyllä 2019.

Vähäliikenteisellä tiellä on tavallista, että taviura on pieni. Tien päällyste pettänyt vuonna 2019 ja sen vuoksi myös uramuuttujan kuntomuutos on suuri.

YHA kirjauksissa edellinen toimenpide on PAB vuodelta 2006, mikä tuskin pitää paikkaansa.

Yhteenveto kohdetuloksista

Kun tarkastellaan kaikkien kohteiden (2 262 kpl 100m jaksoa) seurattua kunto-
muutosta voidaan osoittaa ne jaksot, joilla on tapahtunut suuri urasyvyyden
kasvu. Tarkasteltaessa koko aineistoa, suuret kuntomuutokset ovat tapahtu-
neet seuraavasti:

- kesäura18 yli 1mm 319 kpl 100 metristä, 14 %
- kesäura 19 yli 1mm 126 kpl, 5 %
- talviura 18/19 yli 2 mm 246 kpl, 11 %
- talviura 18/19 yli 4 mm 16 kpl, 0.7 %
- kesäura18 ja talviura 18/19 yhteensä yli 3 mm 52 kpl, 2 %
- talviura 18/19 ja kesäura 19 yhteensä yli 3 mm 6 kpl, 0.3 %
- Jaksoista noin 66 % tapahtunutta kuntomuutosta voidaan pitää normaali-
lina.

Kun tätä tarkastellaan tieosittain, tulos on esitetty Kuva 27:ssä.

tie	tieosa	KVL	Normaali urakasvu	Kesäura18	Kesäura19	Talviura18/19
2	21	4910	49 %	20 %	17 %	14 %
2	22	5170	38 %	44 %		19 %
25	2	4022	61 %	31 %	9 %	
25	5	4022	87 %	9 %	4 %	
25	6	4903	81 %	15 %	4 %	
25	7	4903	77 %	18 %	5 %	
25	8	6616	73 %	27 %		
25	9	10675	68 %	27 %	5 %	
25	11	10675	81 %	19 %		
25	14	10354	85 %	15 %		
25	16	5347	78 %	18 %	3 %	3 %
25	18	5790	31 %	54 %		15 %
25	19	8196	29 %	28 %	1 %	43 %
25	20	14385	14 %	7 %	4 %	76 %
25	21	16411	30 %	20 %	20 %	30 %
25	22	11662	41 %		12 %	47 %
25	23	11744	52 %	22 %	3 %	23 %
25	24	7806	58 %	29 %		13 %
25	25	7806	47 %	38 %	3 %	12 %
25	27	5326	44 %	46 %		10 %
25	29	6938	16 %	26 %		56 %
25	30	7943	22 %	68 %	4 %	22 %
25	31	9402	33 %	15 %	5 %	48 %
52	18	5490	45 %	26 %		29 %
52	21	958	65 %	11 %	24 %	
282	1	2049	72 %	26 %		
2802	1	1192	55 %	9 %	30 %	7 %
2802	2	763	27 %	2 %	71 %	
2802	3	823	58 %	12 %	30 %	

Kuva 27. Suureksi luokitellun urautumisen ajankohta KT kohteilla 2018–2019 sekä tieosan keskimääräinen liikennemäärä.

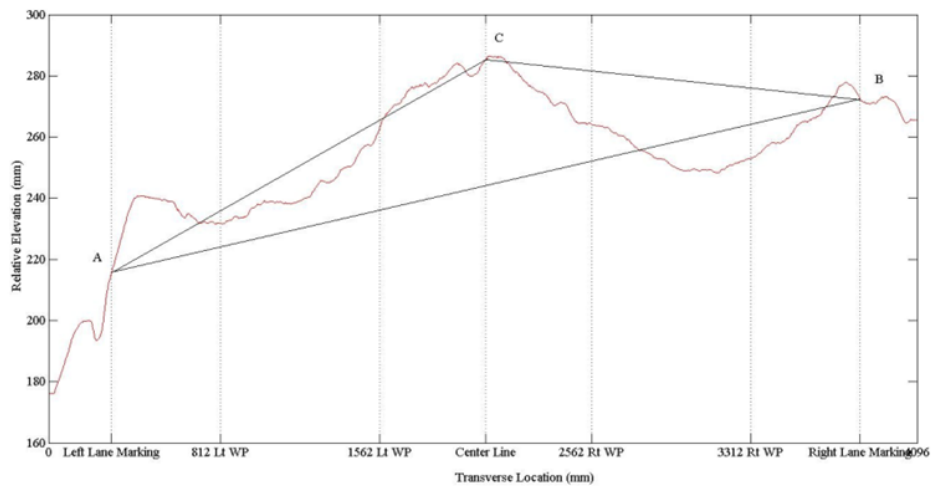
Kuvan värityksen perusteella voidaan nähdä tieosien erilainen käyttäytyminen:

- Vt 2:lla on tapahtunut suurta muutosta sekä kesällä että talvella
- Vt 25 tieosalla 2 on suuria muutoksia molempina kesinä, kun tieosat 5–16 urautuivat kesällä 2018, mutta muuten urautuminen on normaalia.
- Vt 25/18 -31 urautuu paljon sekä talvella että kesällä
- Vt 52 tieosa 18 päällystettiin 2019, joten sen kunnon seuraaminen on mielenkiintoista, pysähtyykö suuri urautuminen. Tieosa 21 urautuu kesällä.
- Vt 282 urautui kesällä 2018, muuten normaalia
- Vt 2802:lla alkoi tapahtua paljon muutoksia kesällä 2019

Seuratuilla tieosilla havaittu suuri kuntomuutos, jota on kaksi-, kolmekymmentä prosenttia koko pituudesta, on paljon! Näitä kohteita tulee seurata jatkuvasti ja suunnitella sopiva toimenpide kuntomuutoksen hidastamiseksi, jotta se saataisiin "normaaliksi" eli puolet hitaammaksi.

4.2 Sivukaltevuus

Kuntomuuttuja määritetään kaikista päällysteskanerin profiilipisteistä regressiosivukaltevuutena. Kaistan leveys määritetään 3.2 m vakioleveytenä alkaen 50 mm etäisyydeltä oikeasta reunaviivasta.

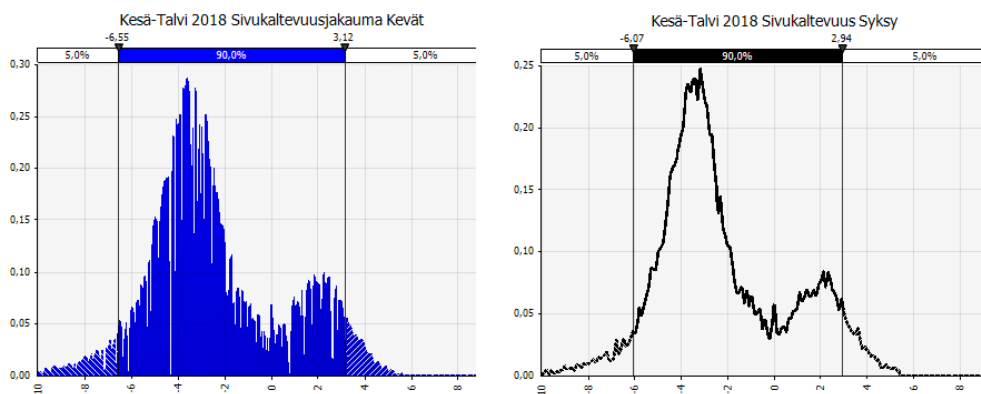


Kuva 28. Profiilin sivukaltevuus lasketaan pisteiden A ja B perusteella.

Sivukaltevuutta ja sen muutoksia tarkastellaan sekä 10 m että 100 m jaksoissa.

4.2.1 Kunto

Kaikkien 10 metristen kuntojakautamaa keväällä ja syksyllä 2018 on esitetty Kuva 29.



Kuva 29. Sivukaltevuusjakauma keväällä ja syksyllä 2018.

Kuvasta voidaan todeta, että sivukaltevuuden suuret arvot ovat vähentyneet kauden aikana (5% osuuden arvot ovat -6.55 % vs. -6.07 % ja 3.32 % vs. 2,94 %).

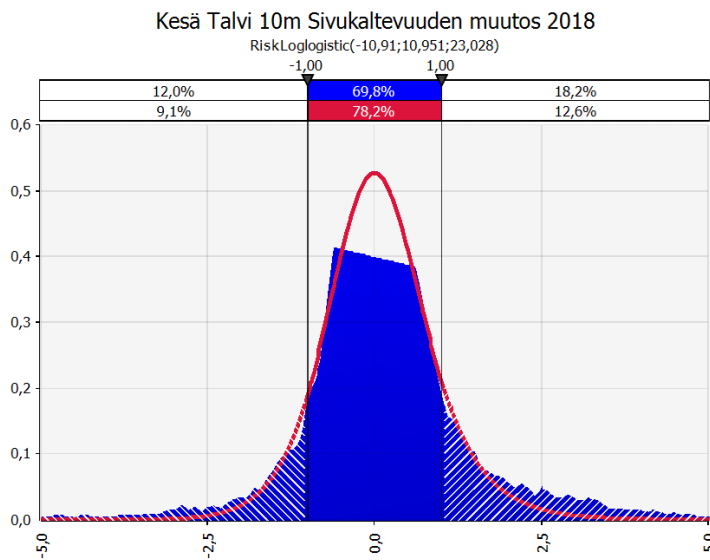
4.2.2 Toistettavuus

Tarkasteltaessa vuoden 2018 kaikkien 10m mittausparien eroja (noin 22 000 kpl) ja asetettaessa toistojen erotukselle +/- 0.5 % raja-arvovaatimus, kevätmittauksista 2018 oli 80 % tarkempia kuin tuo raja-arvo. Vastaava osuus kesämittauksissa 2018 oli 87 % ja syysmittauksissa 2018 oli 89 %, kesä 2019 mittauksissa 84 % ja syys 2019 mittauksissa 78 %.

Kuntomuutosanalyysissä käytetään kahden mittauksen keskiarvoa niissä tapauksissa, kun kahden 10m mittaustuloksen ero on pienempi kuin 0.5 % (+/-). Muussa tapauksessa kevään mittauksissa käytetään pienempiä arvoja.

4.2.3 Kuntomuutos

Sivukaltevuuden 10m muutos vuonna 2018 on esitetty Kuva 30:ssä. Noin 24 % 10m mittaustuloksista kevään ja syksyn välinen kuntomuutos on yli 0.5 %-yksikköä. Alle -0.5 % havaintoja on 19 %. Vastaavan suuruinen muutos talvi18/19 kautena oli 13 % ja kesä19 kautena 9 %.



Kuva 30. Sivukaltevuuden muutos (%-yksikköä) syysy – kevät vuonna 2018 urautumisen seurannan mittauksissa, 10 m aineistossa.

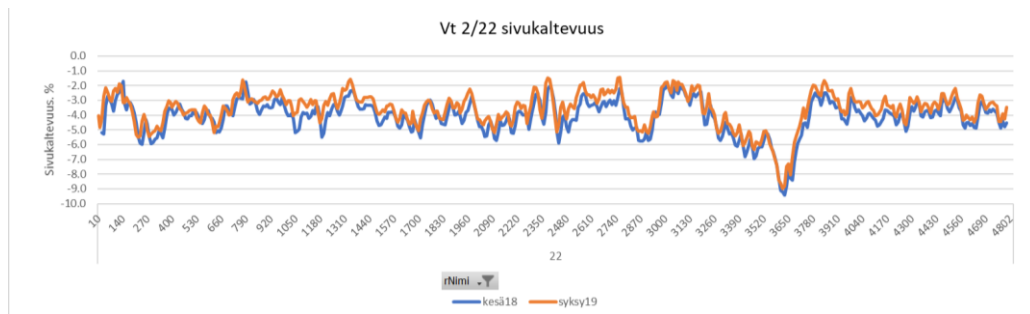
Yli yhden prosenttiyksikön muutoksia oli lähes 30 % jaksoista.

4.2.4 Kohdetulokset

Sivukaltevuuden muutokset ovat nähtävissä tuloksissa. Seuraavassa on esitetty muutamia esimerkkejä. Yleisesti ottaen voidaan todeta, että sivukaltevuudessa tapahtuu pieniä muutoksia näinkin lyhyellä aikavälillä. Alle 10 m levyisillä teillä on tyypillistä, että sivukaltevuus on keväällä suurempi kuin muina vuoden aikoina, koska routa nostaa eniten tien keskiosaa.

Tie 2

Kuva 31 esittää 10 m sivukaltevuutta kevät 18 ja syksy 19, Vt 2/22.



Kuva 31. Sivukaltevuus kevät 18 ja syksy 19, tie 2/22.

Vt 2 sivukaltevuuden muutos on pientä, mutta muutosta tapahtuu, tieosalla 22 kahden kesän ja yhden talven aikana tapahtunut sivukaltevuuden muutos on ollut keskimäärin 0.5 % loivemmaksi.

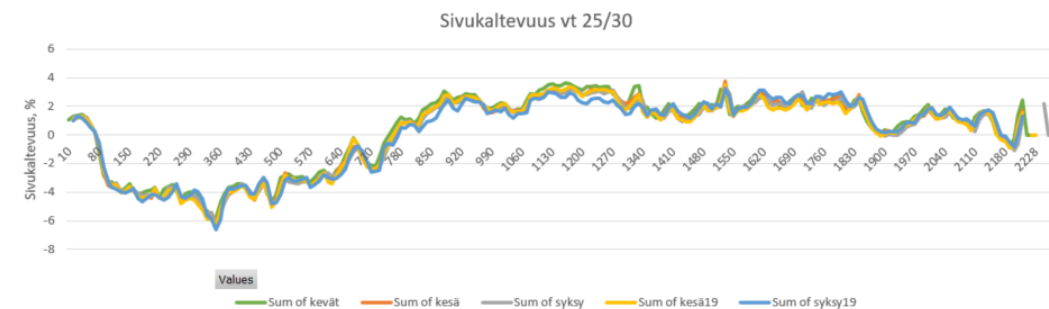
Tie 25

Kuva 32 esittää tien 25 tieosan 29 sivukaltevuuden (100m arvot) kesällä 2019.



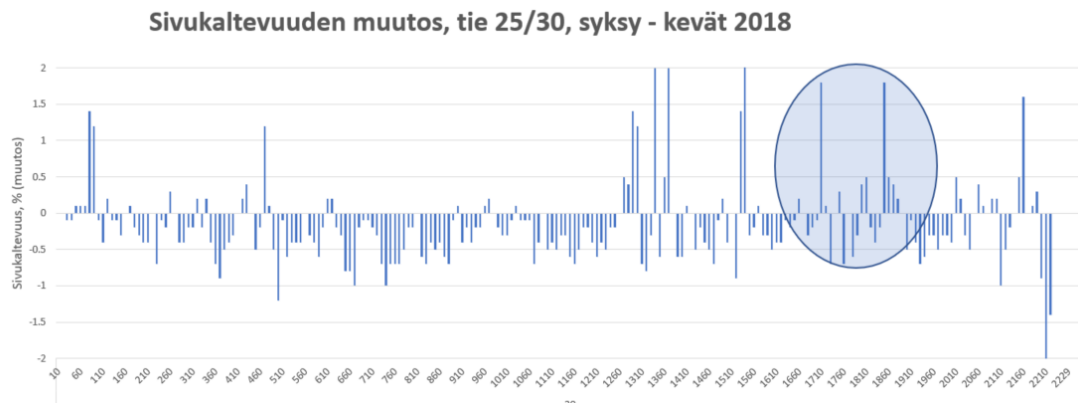
Kuva 32. Sivukaltevuus, kesä 19, tie 25/29

Kuva 33 esittää yhden tieosan sivukaltevuuden muutosta, muutokset on pieniä, mutta eri vuodenaikojen välillä on mahdollista nähdä eroja.



Kuva 33. Sivukaltevuus, tieosa 25/30, viisi mittauskertaa kevät 2019–syksy 2019.

Kuva 34 esittää 10m mittauksissa syksy – kevät 2018 aikana tapahtunutta sivukaltevuuden muutosta tieosalla 25/30. Tieosan maalajina on kitkamaata.



Kuva 34. Sivukaltevuuden muutos, kesä 19 – kevät 18, tie 25/30.

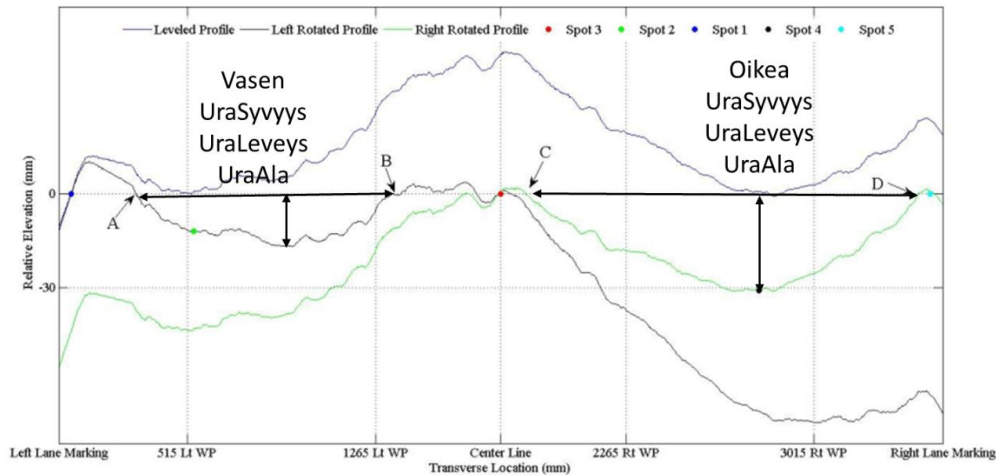
Sivukaltevuudessa tapahtuu pientä muutosta (+/- 0.5 %) tasaisesti ja joillakin yksittäisillä kohdilla nähdään suuria muutoksia. Näihin vaikuttaa tien profiilin muutoksen, alussa ryhmityskaista, risteysalueet ja sillat. Kuvien perusteella nämä voidaan karsia pois. Tällä tieosalla ainoa tierakenteeseen viittaava muutos on lievä painuma plv. 1700–1800 (Kuva 35), jossa yksityistieliittymän jälkeen tien reunan pituusprofiili muuttuu.



Kuva 35. Vt 25/30/ 1700 – 1800 lievä painuma yksityistieliittymän jälkeen.

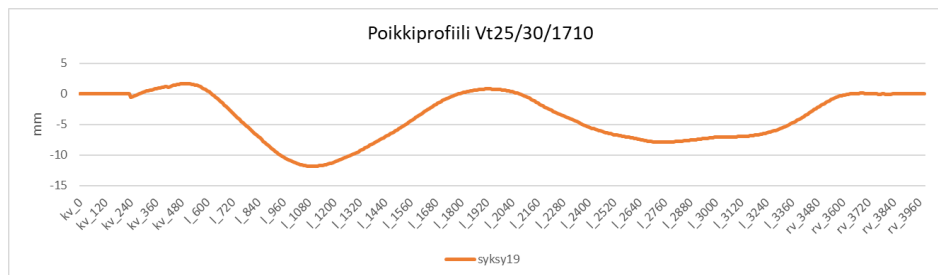
4.3 Urapinta-ala

Kuntomuuttuja määritetään kaikista päällysteskanerin profiilipisteistä laske-
malla vasemman ja oikean uran pinta-ala yhteen. Kaistan leveys määritetään
3.2 m vakioleveytenä alkaen tunnistetusta, oikeasta reunaviivasta 50 mm si-
sälle. Molempien urien paikka ja pinta-ala määritetään poikkiprofiilien huippujen
perusteella sekä etäisyytenä huippupisteet yhdistävään tasoon.



Kuva 36. Urapinta-alan (ja muiden uramuuttujien) määrittäminen.

Muuttujan yksikkönä on mm^2 ja lukuarvot tulevat tämän vuoksi suuriksi. Tätä voidaan havainnollistaa yhden poikkiprofiilin avulla (Kuva 38). Vasemmanpuoleisen uran maksimiusyvyys on 12 mm ja sen leveys on noin 1000 mm. Vasemmanpuoleisen uran urapinta-ala on $7\,200\text{ mm}^2$. Vastaavalla tavalla määritetään oikean uran pinta-ala ja nämä lasketaan yhteen poikkileikkauksen maksimipinta-alan arvoksi, tällä kohdalla $17\,677\text{ mm}^2$.



Kuva 37. Uraprofiili, Vt25/30/1710.

Kun poikkileikkauksen pinta-aloja lasketaan pituussuunnassa yhteen, voidaan tarkastella urien tilavuutta 1 m tai vastaavasti 10 m matkalla. Pinta-ala muutetaan siis m^2 yksiköksi, Kuva 37 esimerkin kohdalla 10 m uraprofiilien keskiarvo on $17\,700\text{ mm}^2$ eli 0.0177 m^2 . Metrillä matkalla saamme yksiköksi kuutiometrin ja vastaavasti 10 m matkalla uratilavuus eli **0.177 m^3** (PANK-5211 menetelmäkuvauksessa käytetty yksikkö). Kun kuutio asfalttia painaa 2.5 tn, näiden urien täyttämiseen 10 m matkalla tarvitaan **0.44 tn** asfalttia ja edelleen 100m matkalla **4.4 tn** asfalttia, Taulukko 3.

Taulukko 3. Esittää urapinta-ala yksikön suhdetta tilavuuteen ja massaan.

Pituus	Urapinta-ala	Uratilavuus (m ³)	Massa (tn)
1 m	1770	0.0177	0.044
10 m	17700	0.177	0.44
100 m	177000	1.77	4.4

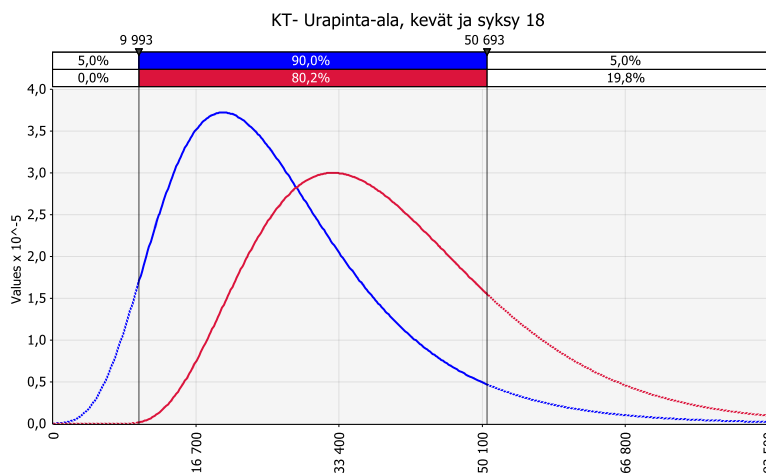
Tässä vaiheessa on mielenkiintoista seurata muuttujan eroja eri teillä ja siinä tapahtuvia muutoksia.

Muuttujan määrittely antaa mahdollisuuden tarkastella oikean ja vasemman ajouran urapinta-alaa erikseen. Näillä kohteilla oikea urapinta-ala ja sen kasvu oli keskimäärin samanlaista molemmilla puolilla. Kaikkien ajojen tuloksista oikea urapinta-ala oli:

- Tie 2, 54 % kokonaisurapinta-alasta
- Tie 25, 50 % kokonaisurapinta-alasta
- Tie 52, 44 % kokonaisurapinta-alasta
- Tie 282, 47 % kokonaisurapinta-alasta
- Tie 2802, 52 % kokonaisurapinta-alasta

4.3.1 Kunto

Kuva 38 esittää kevään 2018 ja syksyn 2018 urapinta-alan jakaumia.



Kuva 38. Urapinta-alajakauma keväällä (sininen käyrä) ja syksyllä (punainen käyrä) 2018.

Kuvasta voidaan todeta, että urien pinta-ala on kasvanut kauden aikana. Talvi-kausi 18/19 kasvatti urapinta-alaa edelleen. Syksyn 19 tuloksissa kesän aikana tapahtuneet päällystystyöt näkyvät pienten urapinta-alojen osuuden kasvuna.

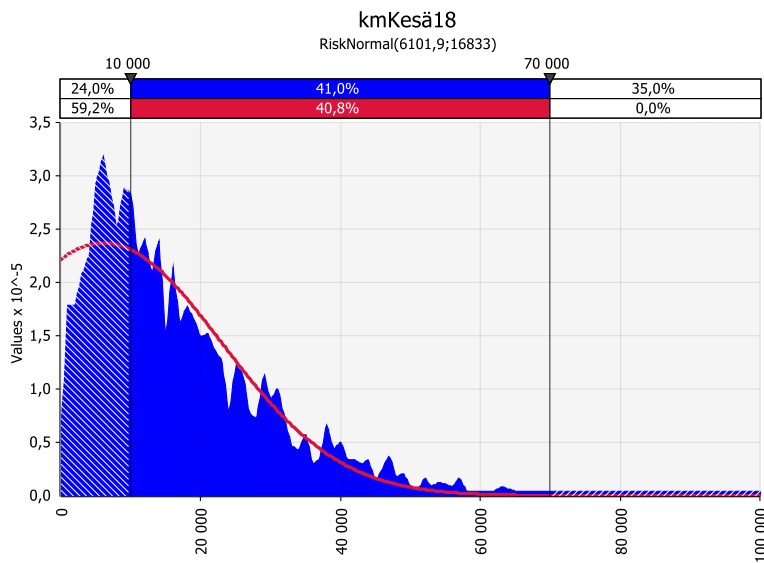
4.3.2 Toistettavuus

Tarkasteltaessa vuoden 2018 ja 2019 kaikkien 100 m mittausparien eroja (noin 2 200 kpl) ja asetettaessa toistojen erotukselle +/- 1000 mm²/m raja-arvo (vaatimus). Tällöin kevätmittauksista oli 86 % tarkempia kuin tuo raja-arvo. Vastaava osuus syysmittauksissa oli 80 %.

Kuntomuutosanalyysissä käytetään kahden mittauksen keskiarvoa niissä tapauksissa, kun kahden 100m mittaustuloksen ero on pienempi kuin em. raja-arvo. Muussa tapauksessa kevään mittauksissa käytetään pienempää arvoa ja syksyn mittauksissa suurempaa arvoa, jotta saataisiin esille mahdollisimman suuri kuntomuutos.

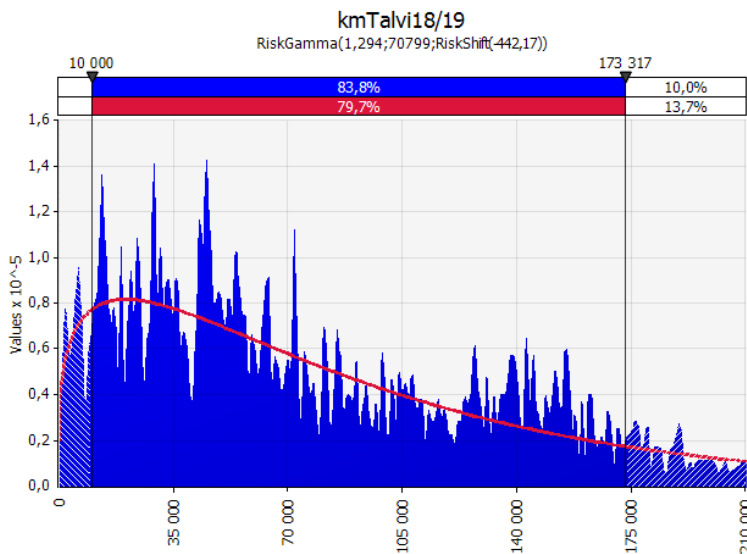
4.3.3 Kuntomuutos

Urapinta-alan 10m muutos vuonna 2018 on esitetty Kuva 39:ssä. Noin 25 % 10 m mittaustuloksista kevään ja syksyn välinen kuntomuutos on alle 10 000 mm².



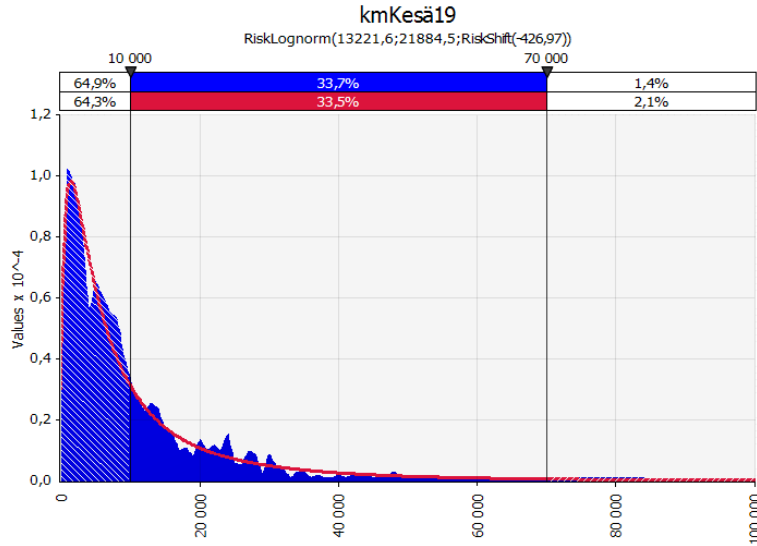
Kuva 39. Urapinta-alan muutos kesä 2018.

25 % prosenttia aineistosta osoittaa alle 10 000 pinta-alayksikön (per 10m) muutoksia.



Kuva 40. Urapinta-alan muutos talvi 18/19.

Talven aikana tapahtuva urapinta-alan kasvu on huomattavan suurta verrattuna kesäajan muutokseen, 5 % havainnosta (kaikkiaan 1670 paria) pinta-alan kasvu on tasolla alle 10 000 pinta-alayksikköä (mm²/10m).



Kuva 41. Urapinta-alan muutos kesä 19.

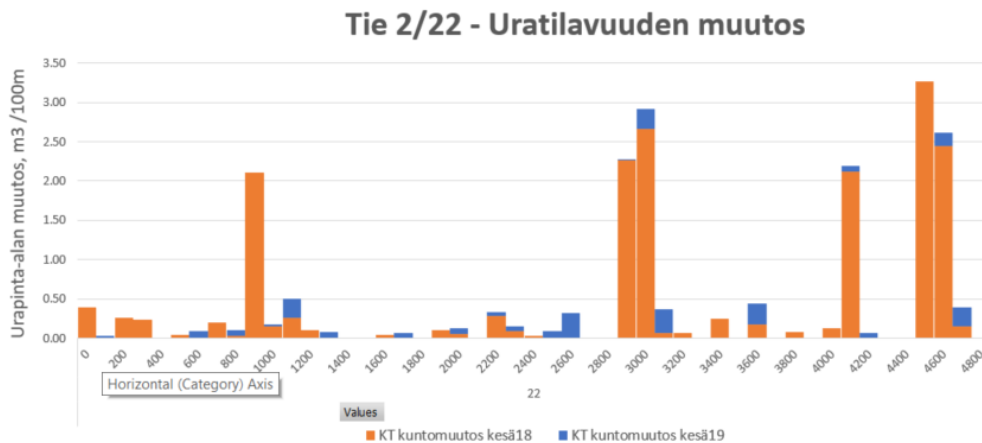
65 % prosenttia aineistosta osoittaa alle 10 000 pinta-alayksikön (10m) muutoksia.

Maksimiuran yhteydessä tarkasteltiin myös negatiivista urakasvua ja sen määrää eri vuodenaikoina. Koska ura-pinta-alan laskenta perustuu samoihin poikki-profiileihin, myös urapinta-alan muuttujassa muutokset noudattavat maksimiuran muutoksia ja ovat suurin piirtein samansuuruisia, myös pinta-alojen pienenemisiä yhtä paljon kuin maksimiuralla.

4.3.4 Kohdetulokset

Kuva 42–44 esittävät urapinta-alan muutosta kesällä 2018 (oranssi) ja 2019 (sininen), yksikkönä m³ per 100m eli muutoksen tilavuus on laskettu pinta-alan muutoksen perusteella.

Tie 2

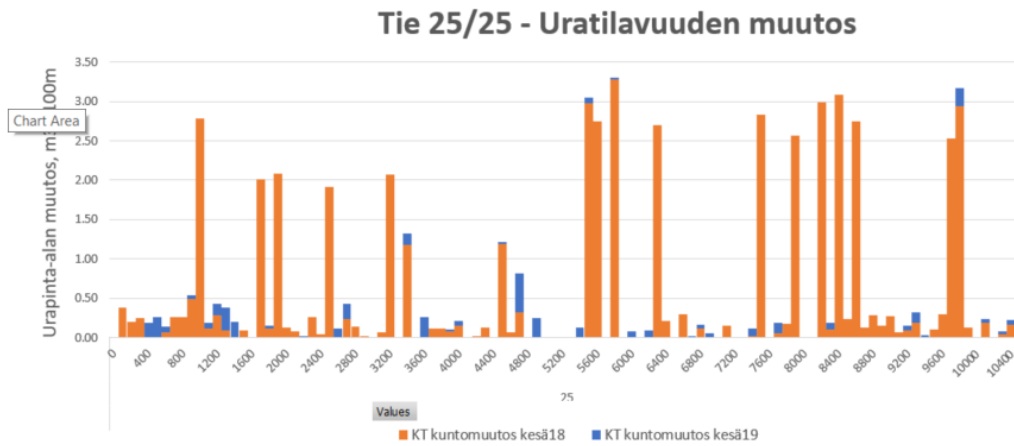


Kuva 42 Uratilavuuden muutos (kesä18 ja 19), tie 2.

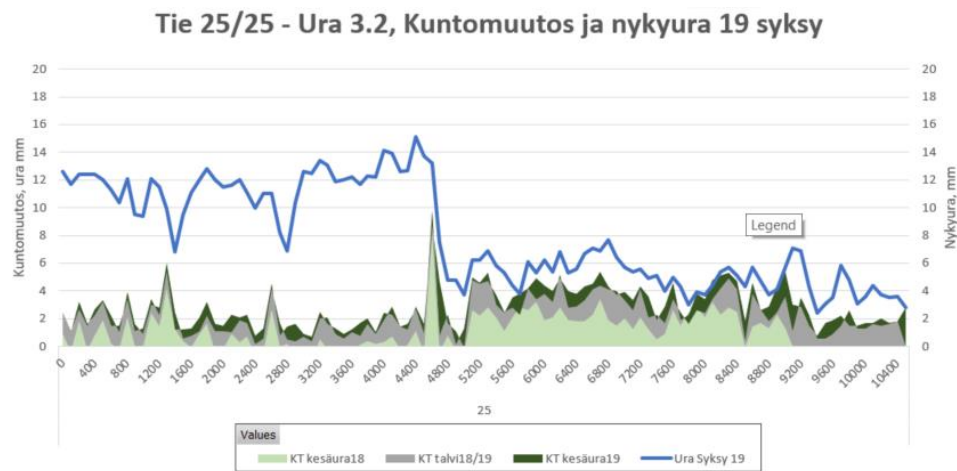
Vt 2/22 tapahtui molempina kesinä ja paikoitellen erityisesti kesällä 2018 tilavuuden kasvua.

Tie 25

Vuonna 2018 päällystetyn kohteen Vt 25/25 urapinta-alan (-tilavuuden) kasvu on ollut kohtuullista molempina kesinä, vastaavan kohteen maksimiuran muutos on esitetty Kuva 44:ssä.



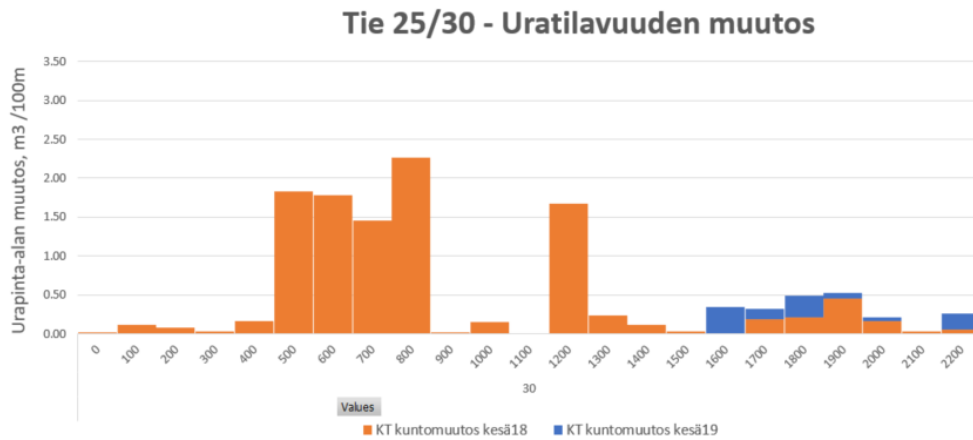
Kuva 43. Uratilavuuden muutos (kesä18 ja 19), tie 25/25.



Kuva 44. Maksimiuran muutos (kesäura18 ja 19), tie 25/25-

Urapinta-alan /-tilavuuden) muutokset ovat nähtävissä myös maksimiuratuloksissa, pinta-ala muuttuja antaa samalle tarkasteltavalle asialla toisen ulottuvuuden ja vastaavasti helpon yhteyden tilavuuteen.

Tien 25/30 urapinta-alan muutos on havaittavissa, erityisesti kesällä 18 tapahtui 400 m matkalla suuri muutos.

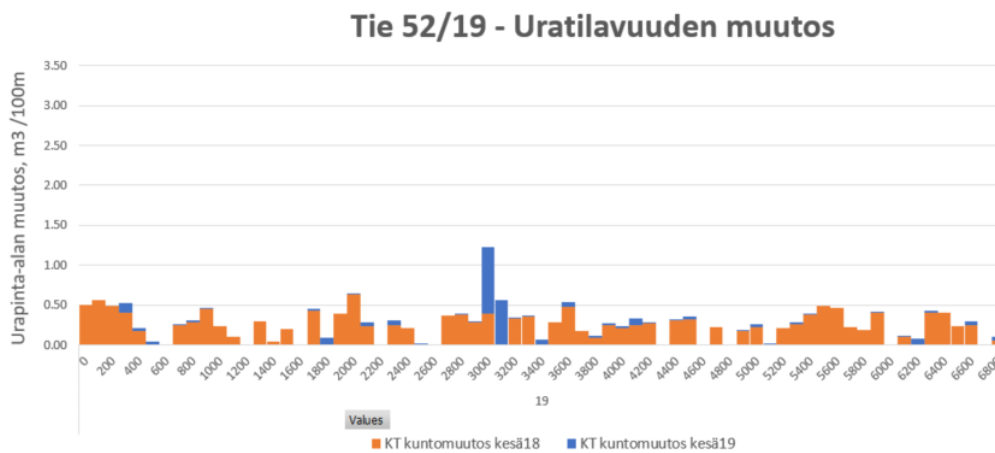


Kuva 45. Uratilavuuden muutos (kesä18 ja 19), tie 25/30.

Tieosan lopussa on jakso, jossa on tapahtunut kuntomuutosta molempina kesinä.

Tie 52

Tien liikennemäärät ovat noin KVL 3 000 tasolla.



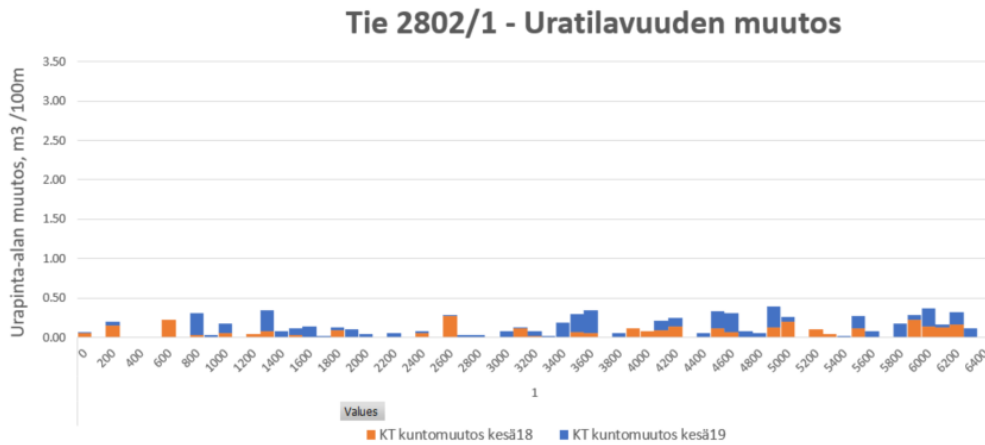
Kuva 46. Uratilavuuden muutos (kesä18 ja 19), tie 52/19.

Kesän 2018 olosuhteiden (erityisen lämmin kesä) vaikutus urapinta-alan kasvuun "tavallisella tiellä".

Tie 2082

Tien liikennemäärät ovat noin KVL 1 000 tasolla.

Tieosan 1 maalajina on pääosin savea, muilla tieosilla hiekkamoreenia/savea



Kuva 47. Urapinta-alan kuntomuutos (kesä18 ja 19), tie 52/19.

Tiellä 2802 urapinta-alan muutos on pääosin pientä. Pieni liikennemäärä ei aiheuta kulumisuria, tieosan keskimääräinen urautuminen on alle 1 mm (0.85 mm kesäura 18 ja 0.7 mm kesäura 19), Kesä 2018 ei poikkea kesän 2019 uran pinta-alan muutoksesta.

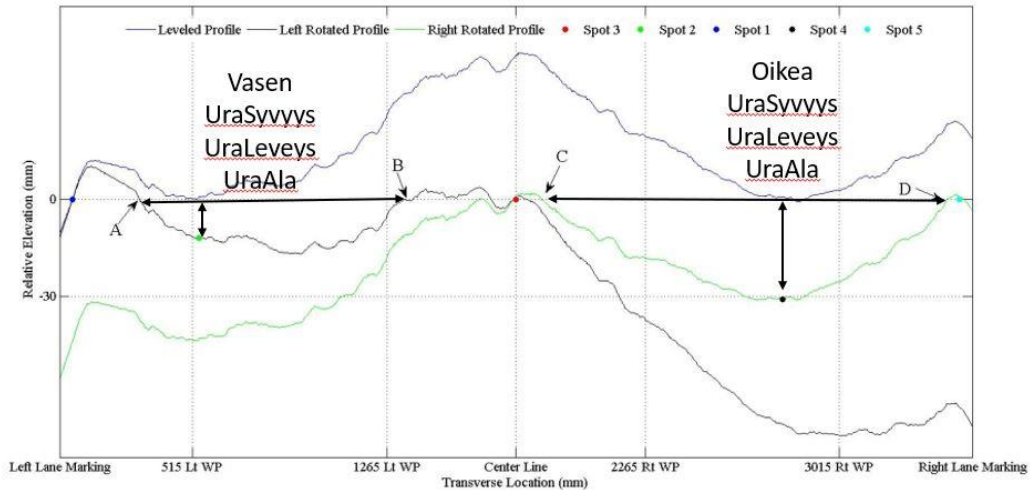
4.4 Urapohjien etäisyys ja leveys

Urapohjien sijainti on määritetty PP69 standardin mukaan (/AASHTO Designation 2010). Ensimmäisessä vaiheessa tunnistetaan reunaviivojen paikka, jonka perusteella määritetään kaistan leveys. Tämän jälkeen kaista jaetaan viiteen alueeseen ja määritetään viisi pistettä muuttujien laskentaa varten (Kuva 48).

Ensimmäisessä vaiheessa määritetään poikkiprofiilista ensin pisteet 1-5. Piste 1 on se kohta keskiviivan oikealla puolella, josta poikkiprofiilin tunnuslukuja aletaan profiilin suodatuksen jälkeen laskea. Piste 5 on vastaavasti se kohta reuna- viivan vasemmalla puolella, johon saakka poikkiprofiilin tunnuslukuja lasketaan. Piste 3 on mitatun alueen keskikohta ja pisteet 2 ja 4 vasemman ja oikean uran kohdat.

W_{RutLC} = väli A-B lasketaan vain, jos piste 2 on pisteiden 1 ja 3 välille virittetyllä langan alapuolella.

W_{RutRC} = Väli C-D lasketaan vain, jos piste 4 on pisteiden 3 ja 5 välille virittetyllä langan alapuolella.



Kuva 48. Urapohjien sijaintien ja leveyden laskentaperiaate PP69 standardin mukaan.

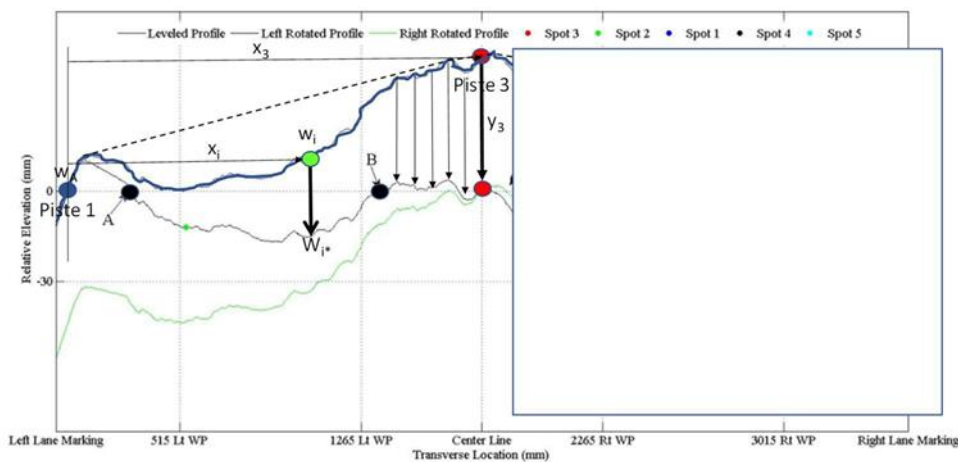
Urapohjien etäisyys on pisteiden (spot) 2 ja 4 välinen etäisyys.

Oikea ja vasen profiili käännetään PP69 standardin mukaan määritettyjen pisteiden (spot 1-5) mukaan. Uran leveys janan A - B ja vastaavasti C - D pituus.

Vaiheessa 2 keskipistettä siirretään pystysuunnassa y₃ verran siten, että se on samassa kohdassa pisteen 1 kanssa. Sen jälkeen muita profiilipisteitä siirretään samassa suhteessa seuraavasti:

$$W^* = W_n - x_n$$

Uudelle profiilille muodostetaan pisteet A ja B siten, että vasemman maksimiuran molemmilta puolilta haetaan se kohta, jossa profiili nousee pisteparin 1-3 muodostaman vaakasuoran tason yläpuolelle. Vasemman uran uraleveys on pisteiden B ja A välinen etäisyys.

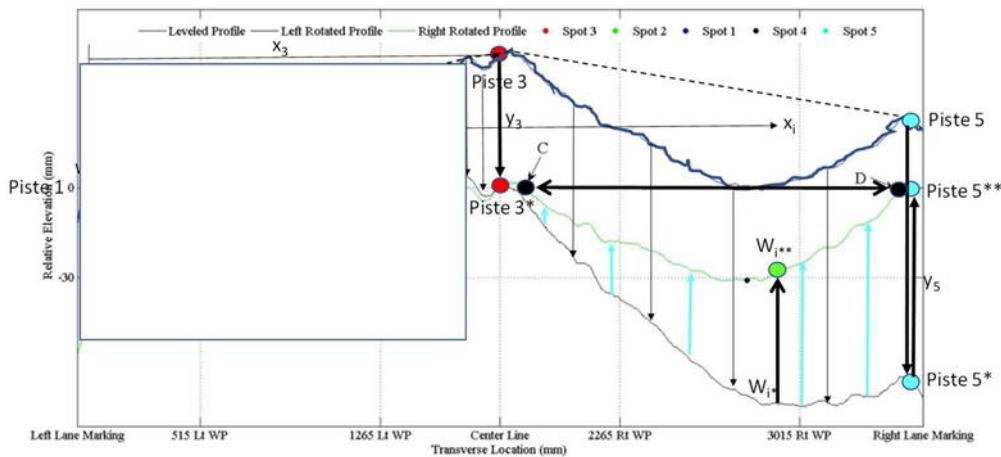


Kuva 49. Vasemman maksimiuran laskentaperiaate PP69 mukaan.

Vaiheessa 3 lähdetään liikkeelle edellisessä vaiheessa syntyneestä profiilista W_{i2}^* . Pistettä 5 siirretään siten, että se on korkeussuunnassa samassa tasossa pisteen 3* kanssa eli y_5 verran $=w_{3^*}-w_{5^*}$. Sen jälkeen muita oikean puolen profiilipisteitä siirretään samassa suhteessa seuraavasti:

$$W_{i^{**}} = W_{i^*} + (x_n - x)$$

Uudelle profiilille muodostetaan pisteet C ja D siten, että vasemman maksimiuran molemmilta puolilta haetaan se kohta, jossa profiili nousee pisteparin 3^*-5^{**} muodostaman vaakasuoran tason yläpuolelle. Vasemman uran uraleveys on pisteiden D ja C välinen etäisyys

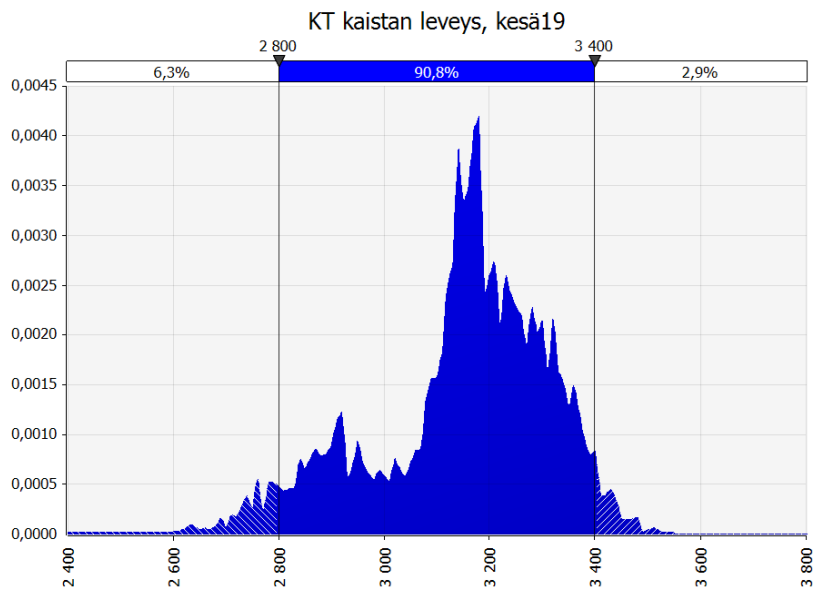


Kuva 50. Oikean maksimiuran laskentaperiaate PP69 standardin mukaan.

4.4.1 Kuntomuuttuja

Kaistan leveys

Kuva 52 esittää tiemerkinntöjen perusteella määritetyn kaistaleveyden jakaumaa. Kuvasta erottuu selvästi mittauskohteiden kaistaleveys, Vt 2 ja Vt 25 keskileveys 3.2 – 3.3 m, mt 2802 keskileveys 3.1 m ja Vt 52 ja mt 282:lla on tieosia, joiden leveys on alle 3 m.

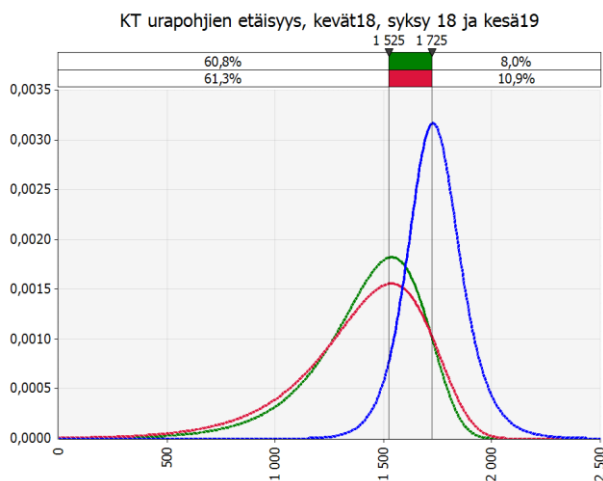


Kuva 51. Mitattujen jaksoiden kaistan leveys, kesä 2019 mittauksista.

Kaistan leveys vaihtelee tieosakohtaisesti paljon. Mitatuista jaksoista oli 40 % leveämpiä kuin 3.2 m, 30 % jaksoiden leveydestä oli 3.1 – 3.2 m ja vastaavasti vain 2.3 % kapeampia kuin 2.6 m. Vakioleveyden käyttö PTM mittauksissa aiheuttaa jonkin verran virheitä, kun mitataan leveämmältä kuin mitä kaistaleveys tai tie-merkintöjen väli on.

Urapohjien etäisyys

Kuva 52 esittää mittaustulosten jakaumaa. Vuoden 2018 tuloksissa on suuri hajonta, 2019 tulokset ovat jakauman kannalta parempia.

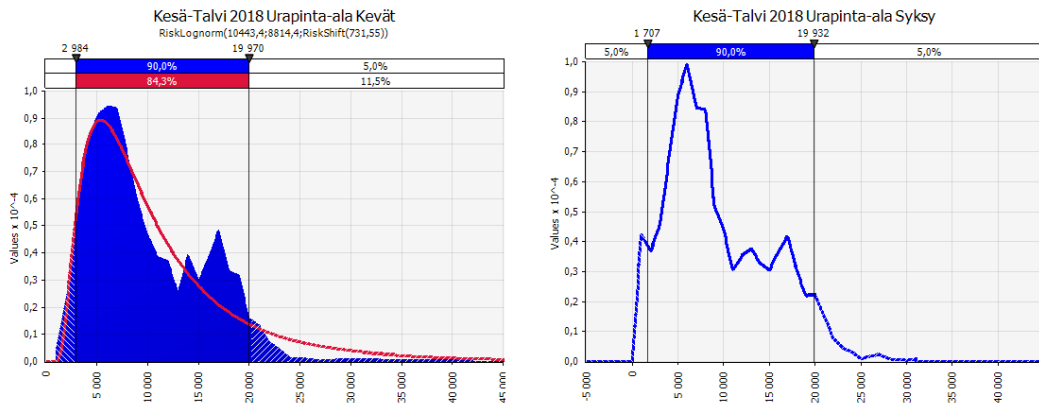


Kuva 52. Urapohjien etäisyys kevät (vihreä) ja syksy (punainen) 2018 sekä kesä 2019 (sininen).

Tulosten perusteella kesällä 2018 ei ole tapahtunut merkittävää muutosta, mutta talven aikana urapohjien etäisyys on kasvanut noin 200 mm.

Oikea ja vasen uraleveys

Urien leveys ja sen muutos on hyödyllinen lisätieto teiden kuntomuutoksen ymmärtämiseen. Kesä-Talvi uratutkimuksen tuloksissa voidaan seurata vasemman uran ja oikean uran käyttäytymistä. Yleensä mielenkiinnon kohteena on oikea ura, koska tien rakenne heikkenee kuormituksen vaikutuksesta helpoiten tien reunassa. Kuva 53 esittää oikean uran leveyden jakaumaa keväällä 2018 ja kesällä 2019.



Kuva 53. Oikean uran leveyden jakauma, mm, kevät 18 ja kesä 19.

Oikean uran leveyden keskiarvo keväällä 2018 on 1120 mm ja kesällä 2019 se on 1230 mm. Vasemman uran leveys keväällä 2018 on 1160 mm ja kesällä 2019 se on 1230 mm. Oikean puolen uranleveys on siis leventynyt talven aikana 110. Kappaleessa 4.4.3 tarkastellaan tätä muutosta tieosittain.

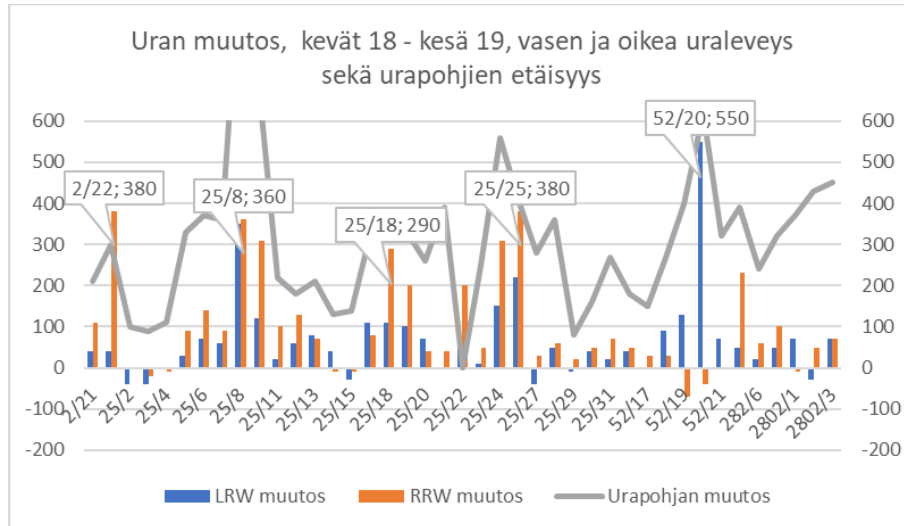
Uran leveyden muutos vaikuttaa myös urapohjien etäisyyteen, koska uran pohja ei todennäköisesti ole enää samassa paikassa sivusuunnassa.

4.4.2 Toistettavuus

Tarkasteltaessa vuoden 2018 kaikkien mittausparien eroja, voidaan *urapohjien etäisyyden* toistojen erotukselle asettaa +/- 100 mm raja-arvo (vaatimus). Tällöin kevätmittauksista oli 52 % tarkempia kuin tuo vaatimus. Vastaava osuus kesämittauksissa oli 52 %, syysmittauksissa oli 53 % ja kesä 19 mittauksissa 64 %.

4.4.3 Kuntomuutos

Urapohjan leveyden sekä urapohjien etäisyyden muutos tutkimusaikana (kevät 2018 – kesä 2019), tieosan keskiarvoina esitetty Kuva 54:ssä.



Kuva 54. Vasemman (LRW) ja oikean (RRW) urapohjan leveyden sekä urapohjien etäisyyden muutos kevät18 – kesä19 tieosittain (mm).

Muutamit tieosat erottuvat suuren uraleveyden muutoksen perusteella. Vasen uraleveys muuttuu paljon tieosilla 25/8. Oikea uraleveys kasvaa tieosilla 2/22, 25/8, 25/18 ja 25/25. Näillä myös urakasvu on ollut suurta.

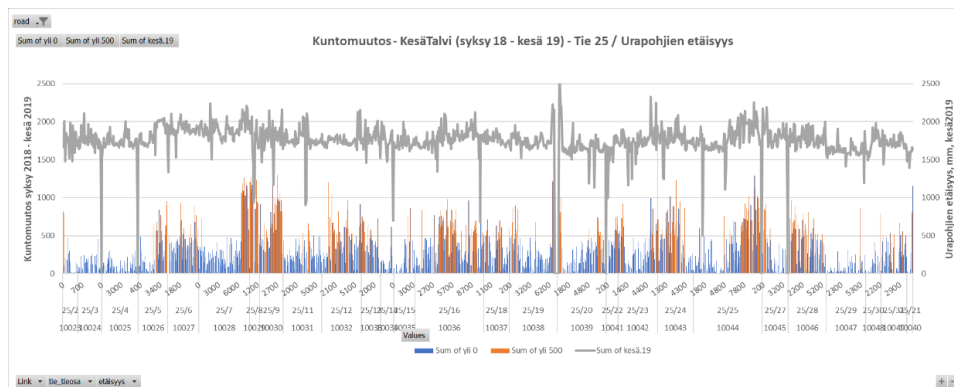
Urapohjien leveyden muutos seuraa uraleveyden muutosta.

Tieosan 52/20 suuri uraleveyden muutos aiheutuu päällystyksestä 2020 (ks. Tie 52/20, kappale 4.4.4).

4.4.4 Kohdetulokset

Tie 25

Kuva 55 esittää tien 25 urapohjien välin etäisyyttä kesällä 2019 (harmaa viiva, oikea pystyakseli) sekä urapohjien leveyden muutosta syksyn 18 ja kesän 19 välillä (pylväät, vasen pystyakseli, suuret arvot korostettu punaisella värillä).



Kuva 55. Urapohjien leveys (kesä 2019) sekä urapohjien leveyden muutos tiellä 25.

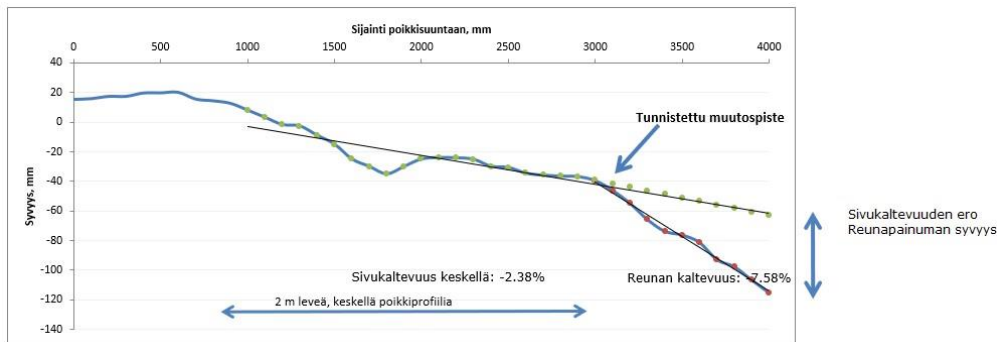
Esimerkiksi tieosan 25/25 urapohjien etäisyys on ollut:

- Kevät 18 1416 mm
- Kesä 18 1597 mm
- Syksy 18 1488 mm
- Kesä 19 1833 mm
- Syksy 19 1921 mm

Tämä tunnusluku antaa lisää ominaisuustietoa perinteisesti käytetylle maksimiurasyvyys tunnusluvulle. Tiellä 25 erottuu selvästi jaksoja, joilla tapahtuu tavallista enemmän muutosta.

4.5 Reunapainuma

Työssä tutkittiin myös uutta reunapainumaa muuttujaa. Kuva 56 esittää reunapainuma -muuttujan laskentaperiaatteen.



Kuva 56. Reunapainuman määrittäminen päällysteskannerin poikkiprofiilista.

Reunapainuman syvyys lasketaan 10 m keskiarvona. Kun tämä tulos laennetaan edustamaan 100m kuntoa, on tässä työssä käytetty 10m tulosten summaa eikä keskiarvoa, kuten tehdään mm. maksimiurasyvyyden määrittämisessä.

4.5.1 Kunto

Kohteiden reunapainuman summa-arvo 100 metrisille vaihtelee 0–300 mm välillä. Näillä teillä havaittiin reunapainumaa suhteellisen vähän:

- Noin 80 % jaksoista reunapainuman arvo on 0
- Noin 5 % jaksoista reunapainuma on 0 – 5 mm
- Noin 5 % jaksoista reunapainuma on 5 – 10 mm
- Noin 5 % jaksoista reunapainuma on 10 – 30 mm
- ja noin 5 % reunapainuma saa arvon 30 – 300 mm.

Talven 2018–2019 jälkeen 11 % jaksoista reunapainuman arvo on 30–300 mm.

Käytännössä suurimmalta osalta aineistoa ei saatu esille reunapainumaa. Tämän vuoksi tarkastellaan erityisesti jaksoja, joiden reunapainuma on yli 10 mm. Tällaisia 100m jaksoja on aineistossa:

- Keväällä 190 kpl
- Kesällä 183 kpl
- Syksyllä 269 kpl
- Kesällä 2019, 366 kpl

4.5.2 Toistettavuus

Tarkasteltaessa vuoden 2018 kaikkien mittausparien eroja, voidaan toistojen erotukselle asettaa +/- 10 mm raja-arvo (vaatimus). Tällöin kevätmittauksista oli 89 % tarkempia kuin tuo vaatimus. Vastaava osuus kesämittauksissa oli 89 %, syysmittauksissa oli 93 % ja kesä 19 mittauksissa 89 %. Tässä kohtaa tulee muistaa, että suurin osa aineistosta on nolliä. Mutta toisaalta kahden ajokerran välillä ei ole suurta eroa.

Kuntomuutosanalyysissä käytetään kahden mittauksen keskiarvo niissä tapauksissa, kun kahden 100m mittaustuloksen ero on pienempi kuin 10 mm (+/-). Muussa tapauksessa kevään 18 mittauksissa käytetään pienempää arvoa ja muissa mittauksissa suurempaa arvoa, jotta saataisiin esille mahdollisimman suuri kuntomuutos.

4.5.3 Kuntomuutos

Yi 10 mm suurempia reunapainumia vuonna 2018 (syksy-kevät) on 165 kpl eli 7 % aineista. Taulukko 4 esittää 2018 reunapainuman kasvun syksyn ja kevään välillä sekä edelleen muutoksen kesän 2019 ja syksyn 2018 välillä.

Taulukko 4. Reunapainuman muutosten lukumäärä 2018, syys – kevät 18 sekä kesä19 – syys 18.

Muutos (mm)	Lukumäärä	Muutos (mm)	Lukumäärä
11-35	106	11-35	120
36-60	38	36-60	57
61-85	14	61-85	25
86-110	4	86-110	10
111-135	2	111-135	5
186-210	1	136-160	4
		161-185	5
		186-210	5
		>211	8

4.5.4 Johtopäätös

Yleisesti voi todeta, että reunapainuman laskenta-algoritmi voisi tuottaa nykyistä enemmän ja suurempia lukuarvoja eli kuntomuuttujan määrittämistä tulee jatkaa.

Maastokäynnin yhteydessä oli mahdollista paikantaa ja todeta työn yhteydessä tunnistettuja reunapainumia.

4.6 Tiemerkintöjen pituus ja kaistan leveys

Päällysteskanererin tuloksista voidaan tunnistaa tiemerkintöjen paikka. Tätä tietoa käytetään kaistan leveyden määrittämiseen ja samalla sen avulla voitaisiin

myös arvioida tiemeraintöjen kuntoa. Tässä kappaleessa tarkastellaan, miten päällysteskaneroin tuloksista saadaan esille tiemeraintöjen tie ja tieosa tasolla.

4.6.1 Kunto

Oikea ja vasen reunaviiva

Kuva 57 esittää kesän 2019 mittauksen 10 m tuloksista saadun tiemeraintöjen keskimääräisen pituuden teittäin. Vastaava luku 100 metrisille saadaan kertomalla tuo luku kymmenellä.

Tie	Kesä 18		Syksy 19	
	Vasen kv	Oikea rv	Vasen kv	Oikea rv
2	5,4	9,0	5,5	8,9
25	3,7	8,6	4,6	8,2
52	4,2	8,6	4,3	8,7
282	5,4	8,4	5,3	8,4
2802	0,3	7,0	0,2	5,8
keskim.	3,8	8,5	3,8	8,5

Kuva 57. Oikean ja vasemman reunaviivan keskimääräinen pituus teittäin kesällä ja syksyllä 2019 (m).

Mitatulta tieverkolta tunnistettiin erittäin hyvin varsinkin oikean laidan tiemeraintöjen, joten niitä voidaan käyttää kaistan leveyden määrittämiseen ja mittaus-tulosten kohdistamiseen poikkisuunnassa hyvin. Vasemman laidan osalta voidaan todeta, että tiellä 2802 on puuttunut vasemman puolen keskimääräiset lähes kokonaan.

4.6.2 Toistettavuus

Pavematrix'n LCMS analyysi toistaa hyvin itseään. Eri ajokertojen välinen hajonta pysyy samana ja keskiarvoissa on vain pieniä eroja. Esimerkiksi syksyn 2018 oikean reunaviivan tunnistettu kokonaispituus oli ensimmäisellä ajokerralla 18 127 m ja toisella 18 595 m. Vastaavat pituudet kesällä 2019 olivat 18 940 m ja 18 954 m.

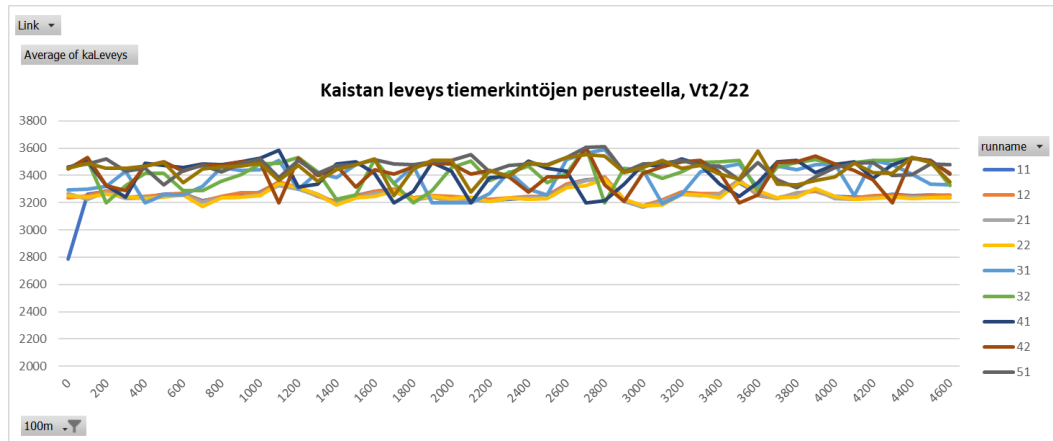
4.6.3 Kuntomuutos

Tuloksista on nähtävissä normaali tiemeraintöjen kausivaihtelu. Keväällä meraintöjen ovat kuluneita ja niitä korjataan kesän aikana ja seuraavana vuotena meraintöjen on vähemmän jäljellä kuin syksyllä. 2019 mittaukset tehtiin kesäkuun alussa, joten osaa jaksoja oli jo ehditty korjata verrattuna huhtikuun 2018 tiemeraintöjen määrään.

4.6.4 Kaistan leveys

Kaistan leveys saadaan laskemalla etäisyys vasemman ja oikean reunaviivan välillä. Koska LCMS analyysi tunnistaa reunaviivat kattavasti.

Kuva 58 esittää kohteen Vt2/22 kaistan leveyttä eri mittauskertojen tuloksista.



Kuva 58. Kaistan leveys tiemerkitöjen mukaan määritettynä kaikilla mittauskerroilla, Vt2/22.

Keskimääräinen kaistan leveys on ollut 3 356 mm (hajonta 86 mm) ja mittauskertojen välinen ero on ollut 11, 1, 36, 3 ja 22 mm. Eri mittauskertojen välinen ero on siis ollut pieni ja vuosien välillä kaistan leveys on vaihdellut 3.27 m ja 3.44 m välillä (+/- 86 mm).

5 Kohdetarkasteluja

Työn yhteydessä on etsitty mahdollisuutta havaita ja paikallistaa poikkeavan suuri kuntomuutos eri kuntomuuttujien avulla. Tarkka mittaus tarjoaa tähän mahdollisuuden ja seuraavassa tätä eroa on tarkasteltu tutun 3.2 m maksimiurasyvyysmuuttujan avulla.

Tulosten 100m aineisto on luokiteltu edellisissä kappaleissa määritetyn "suuri kuntomuutos" raja-arvon mukaan.

- "normaali kuntomuutosta"
- kesällä 2018 tapahtunut suuri kuntomuutos
- talvella 18/19 tapahtunut kuntomuutos
- kesällä 2018 tapahtunut suuri kuntomuutos

Kohteiden ominaistiedoista on raporttiin liitetty tierekisterin mukainen viimeinen tekninen toimenpide ja sen tekovuosi, pohjamaan maalajitieto (perustuen 100m jaotukseen) ja tieosan kuormitusluokka Väyläviraston Tierakenteen suunnitteluohjeen mukaisesti laskettuna.

5.1 Tie 2

5.1.1 Kohteen kuntomuutos

Uramuutoksen mukaan luokiteltu kuntomuutos eri mittauspareilla on esitetty Taulukko 5:ssä. Taulukossa on esitetty tieosan "Normaali urakasvu" 100m jaksojen osuutena tieosan pituudesta. Seuraavat kolme saraketta esittävät tieosan "suuren" urakasvun osuuden eri vuodenaikoina ja seuraavat kolme saraketta "suuren" urakasvun osuuden eri vuodenaikoina niillä osuuksilla, joilla oli "suuri" urakasvu myös kesällä 2018. Esimerkiksi tieosalla Vt 2/21 on 49 % jaksoja, noilla oli normaali urakasvu, 15 % jaksoja, joilla oli suuri kesäura18 ja 5 % jaksoja, joille oli sekä suuri kesäura18 ja suuri talviura18/19. Tieosalla ei ollut yhtään 100m jaksoa, joilla olisi tapahtunut suurta kuntomuutosta kaikkina kolmena vuodenaikana. Tieosalla on siis suurta kesäura18 kasvua 20 %. Taulukossa halutaan korostaa samoilla jaksoilla tapahtuvaa jatkuvaa normaalia suurempaa kuntomuutosta.

Taulukko 5. Tie 2 luokiteltu kuntomuutos eri kausina (kesä18, talvi 18/19 ja kesä19).

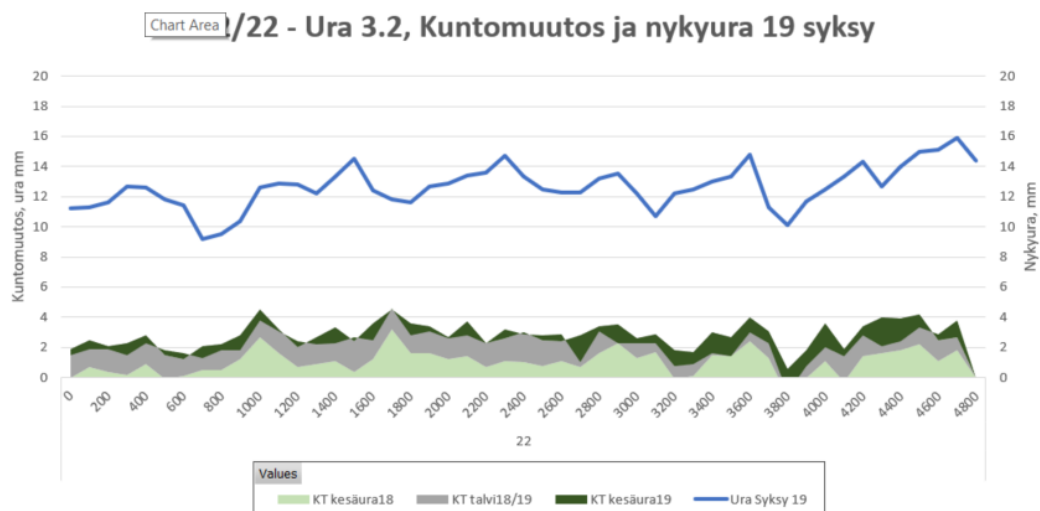
Tie	Tieosa	Pituus,m	Normaali urakasvu	Kesäura18			Kesäura19		100m lkm	
				Kesäura 18	Talviura18/19	Kesäura 19	Kesäura18 Kesäura19	Talviura18/19 Kesäura19		
2	21	5900	49 %	15 %	7 %	10 %	0 %	5 %	14 %	11
2	22	4900	39 %	41 %	6 %	0 %	12 %	2 %	0 %	7

Havainnot:

- Tiellä on kohtalaisen paljon urautuneita kohtia.

5.1.2 Kohdetarkastelu Vt2/22

Vt2 tieosalla 22 on tehty leventäminen muutama vuosi sitten. Tieosalla tapahtuu normaalia suurempia muodonmuutoksia, myös kesällä. Kuva 59 esittää koko tieosan muutoksia ja siihen on merkitty eri mittauskertojen välillä tapahtunut suuri kuntomuutos pystypalkeilla. Kohtien 2100 ja 4700 tuloksia tarkastellaan lähemmin.



Kuva 59. Vt2/22 kuntomuutos, maksimiura 3.2 m.

Jaksolla on tapahtunut useita yli 1mm uramuutoksia (kesäura 18).

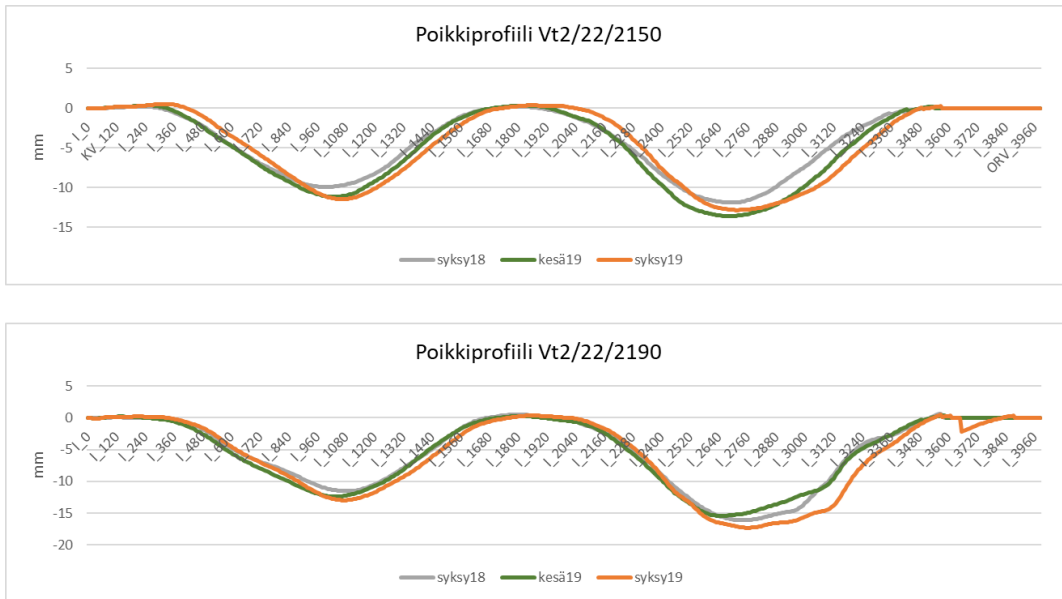
5.1.3 Vt2/22 kohta 2100

Kohta 2/22/2100 – 2200 sijaitse pellolla ja ylitettävän joen vuoksi kohdassa on myös kaide.



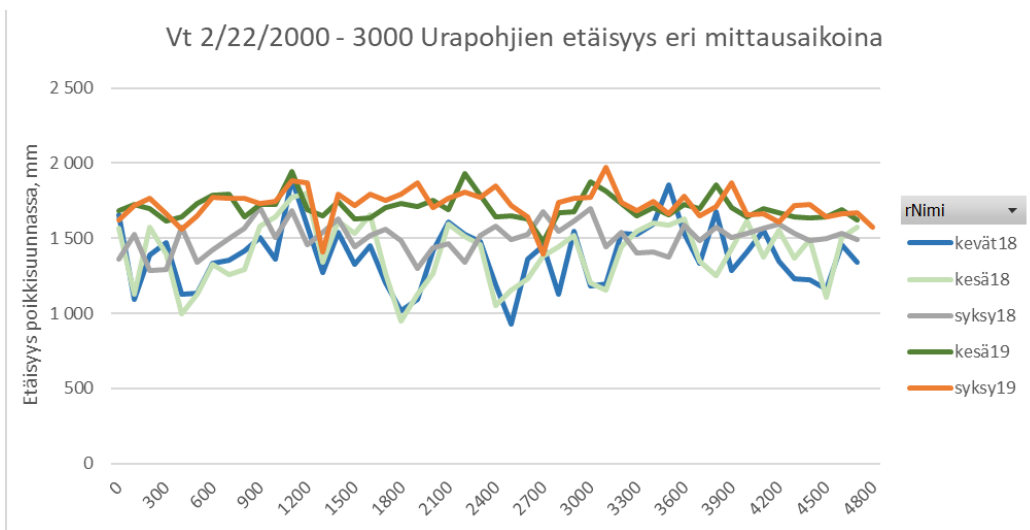
Kuva 60. Vt2/22/2100 yleiskuva kohteesta.

Kuva 61 esittää 10 m poikkiprofiileja kohdasta syksyllä 2018, kesällä ja syksyllä 2019. Graafin vasen reuna on ajoradan keskikohtan puolella ja oikea reunalla. Kuvassa on esitetty koko 4 m mittausleveys 500 mittauspisteellä. Kohteen sivukaltevuus on 4–5 % ja siinä ei tapahdu muutosta mittauskertojen välillä.



Kuva 61. Vt2/22/2150 ja 2190 poikkiprofiili eri ajokerroilta.

Poikkiprofiilista on nähtävissä oikean ajoura muutos. Samoin urapohjien etäisyys kasvaa eri mittauskertojen välillä (Kuva 62).

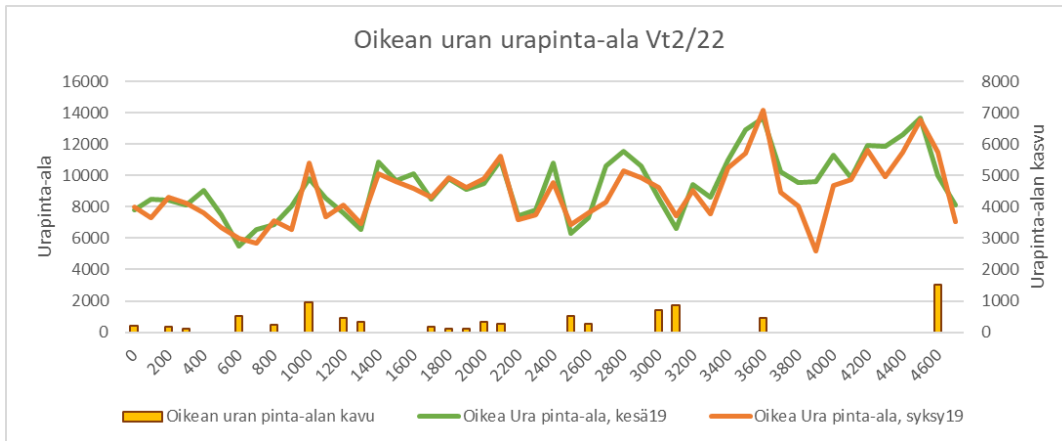


Kuva 62. Kohteen 2/22/200–3000 – muuttuja urapohjien etäisyys.

Saman jakson urapohjien leveyden keskiarvon muutos on ollut (mm):

	plv 2000 – 3000	tieosa 2/22
kevät18	1346	1381
kesä18	1346	1399
syksy18	1536	1503
kesä19	1707	1704
syksy19	1720	1725

Sama oikean uran muutos on myös nähtävissä oikean uran urapinta-alan kasvuna kesällä 2019 (Kuva 63).



Kuva 63. Kohteen 2/22 – muuttuja oikea urapinta-ala ja sen muutos 2019.

Yhteenveto:

Mittaustuloksista saadaan esille:

- Maksimiurasyvyyden suuri kasvu kahtena kesäkautena.
- Kun tieosa urautuu myös talvella, on sen urautuminen poikkeuksellisen nopeaa.
- Urapohjien etäisyys kasvaa
- Urapinta-ala kasvaa, oikeassa urassa enemmän.
- Sivukaltevuus on hyvä, ei oleellista muutosta mittauskertojen välillä.

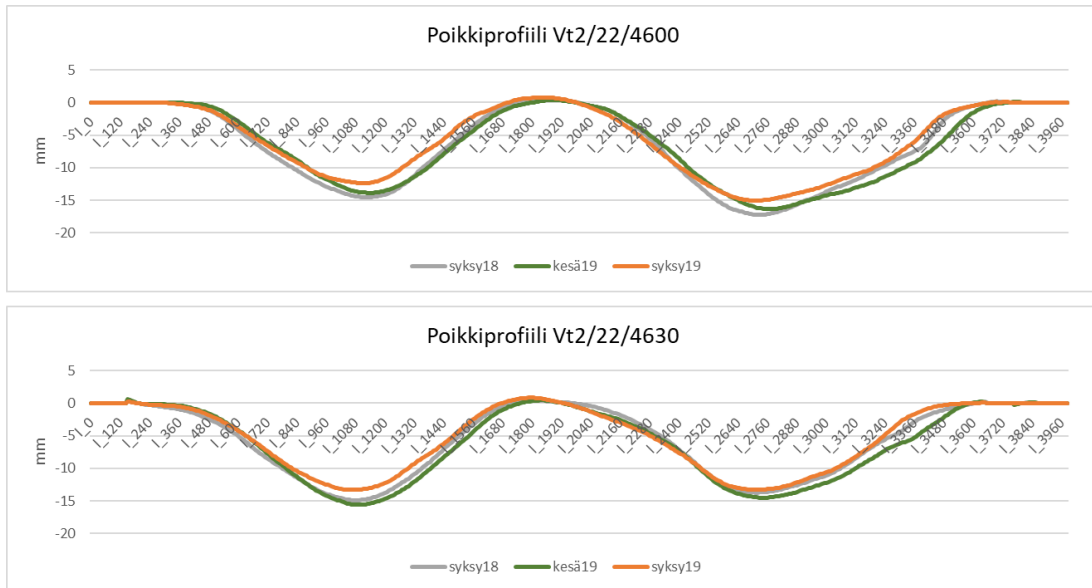
5.1.4 Vt2/22 kohta 4600

Toinen kohta samalla tieosalla.



Kuva 64. Vt2/22/4600 yleiskuva kohteesta.

Kuva 65 esittää 10 m poikkiprofiileja kohdasta syksyllä 2018, kesällä ja syksyllä 2019. Graafin vasen reuna on ajoradan keskikohtan puolella ja oikea reunalla. Kuvassa on esitetty koko 4 m mittausleveys 500 mittauspisteellä. Kohteen sivukaltevuus on 4 %.



Kuva 65. Vt2/22/4600 ja 4630 poikkiprofiili eri ajokerroilta.

Poikkiprofiilin muoto on samanlainen eri mittauskeroilla.

Urapohjien leveys on ollut (mm):

Tieosa 2/22	plv 3600 – 4600	
keväät18	1383	1381
kesä18	1423	1399
syksy18	1536	1503
kesä19	1689	1704
syksy19	1699	1725

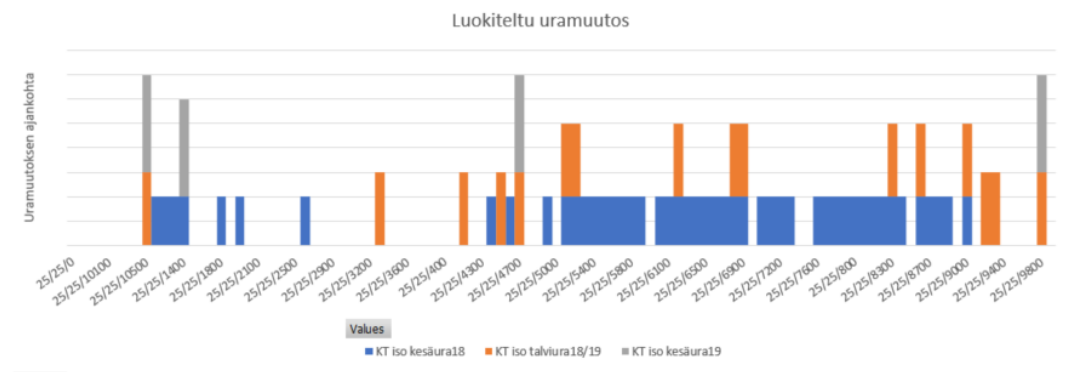
Yhteenveto:

Mittaustuloksista saadaan esille:

- Maksimiurasyvyyden suuri kasvu kahtena kesä kautena.
- Urautuminen poikkeuksellisen nopeaa.
- Urapohjien etäisyys kasvaa
- Oikean uran uramuoto erilainen, uraleveys pysyy vasemmassa urassa samana, kun taas oikea ura levenee.

5.2 Tie 25

5.2.1 Kohteen kuntomuutos



Kuva 66. Luokiteltu suuri uramuutos, kesäura18, talviura18/19 ja kesäura19.

Vt 25 on 100 kpl jaksoja, joilla on tapahtunut suurta kuntomuutosta kaikilla kolmella seurantajaksolla.

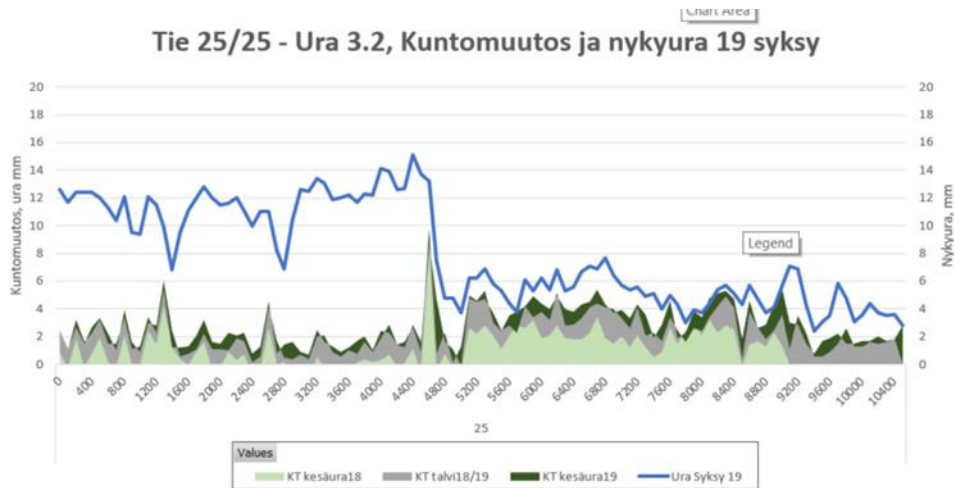
Taulukko 6. Esimerkki 100m jaksoista, joilla on tapahtunut suurta kuntomuutosta.

Tieosoite	kesäura18	talviura18/19	kesäura19
25/2/500	1.3	2.2	2.3
25/2/1000	3.8	2.7	3.6
25/19/300	1.4	2.6	1.3
25/19/2400	1.6	3.6	1.8
25/23/4900	1.5	3.4	1.5
25/24/0	3.3	2.8	1.8
25/24/100	2.3	2.2	1.8
25/24/3800	2.1	2.9	1.6
25/27/3600	2.2	2.4	1.4
25/30/1600	3.2	2.9	2

Vastaavalla tavalla voidaan kohdistaa haku niihin kohtiin, joilla tapahtuu suurta urautumista kesällä (kesäuraa).

5.2.2 Tie Vt 25 / 25

VT 25/25/6000 on tehty päällystys 2018. Tieosalla on paljon jaksoja, joiden kuntomuutos on suuri. esittää koko tieosan muutoksia ja siihen on merkitty eri mitauskertojen välillä tapahtunut suuri kuntomuutos pystypalkeilla. Kohtien 2100 ja 4700 tuloksia tarkastellaan lähemmin.



Kuva 67. Vt25/25 kuntomuutos, maksimiura 3.2 m

Päällystyskohde erottuu selvästi paalulta 4600 alkaen. Ensimmäisen vuoden kesäura18 on ollut huomattavaa.

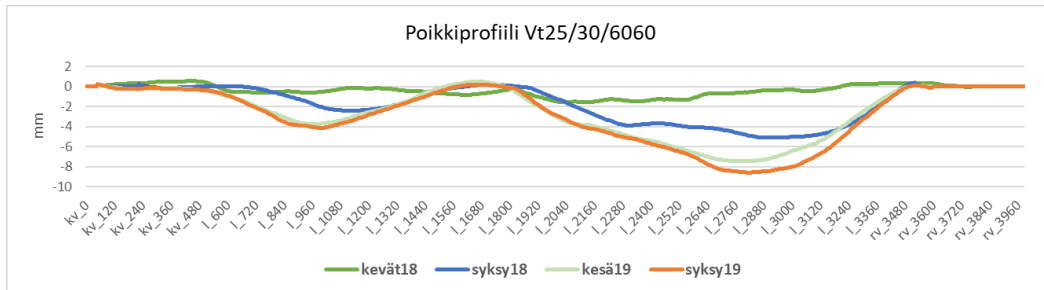
5.2.3 Vt25/25 kohta 6000

Tieosa on vaihtelevassa maastossa, normaali vilkasliikenteinen tie, jolla on paljon raskasta liikennettä.



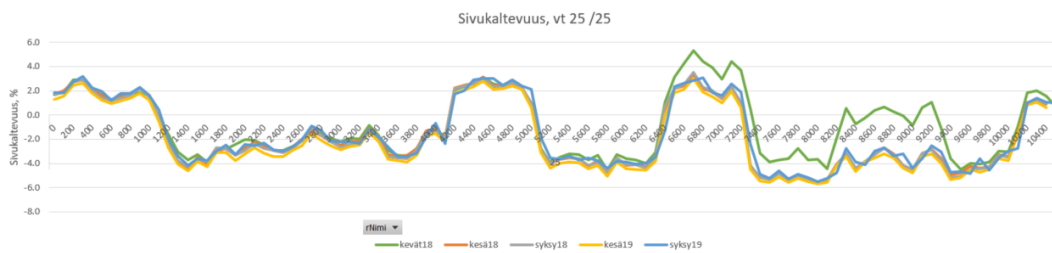
Kuva 68. Vt25/25/6000 yleiskuva kohteesta.

Kuva 69 esittää 10 m poikkiprofiileja paalulta 6060 keväällä ja syksyllä 2018, keuhällä ja syksyllä 2019. Graafin vasen reuna on ajoradan keskikohdan puolella ja oikea reunaviivalla. Kuvassa on esitetty koko 4 m mittausleveys 500 mittauspisteellä. Kohteen sivukaltevuus on 4–5 % ja siinä ei tapahdu muutosta mittauskertojen välillä.



Kuva 69. Vt25/25/6060 poikkiprofiili eri ajokerroilta.

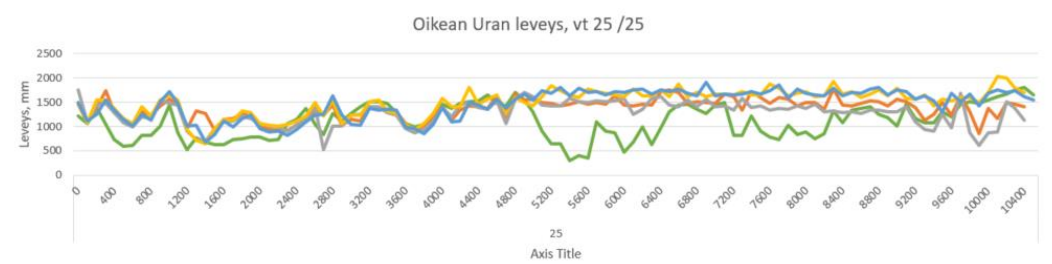
Poikkiprofiilista on nähtävissä oikean ajoura muutos. Uusi päällyste keuhällä 2018 on kovin epätasainen poikkisuunnassa.



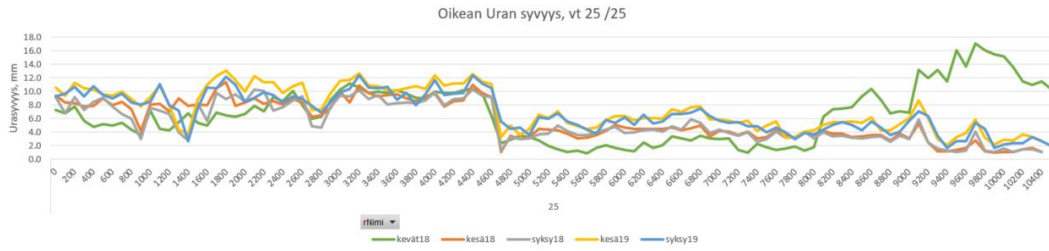
Kuva 70. Vt25/25 sivukaltevuudet (%) eri ajokerroilta.

Kohteen sivukaltevuudessa ei tapahdu suuria muutoksia mittauskertojen välillä. Päällystystyö korjasi sivukaltevuudet.

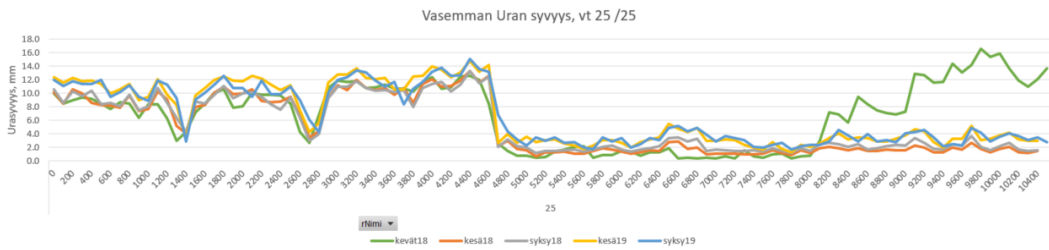
Myös urapohjien etäisyys kasvaa eri mittauskertojen välillä (Kuva 71).



Kuva 71. Kohteen 25/25 – muuttuja oikean uran leveys, mm.



Kuva 72. Kohteen 25/25 – muuttuja oikean uran syvyys, mm.



Kuva 73. Kohteen 25/25 – muuttuja vasemman uran syvyys, mm.

Oikean uran leveys kasvaa selvästi enemmän kuin vasemman uran leveys.

5.3 Tie 52

5.3.1 Kohteen kuntomuutos

Uramuutoksen mukaan luokiteltu kuntomuutos eri mittauspareilla on esitetty Taulukko 7:ssä. tieosa 52/20 päällystettiin 2018 ja tieosat 52/17 ja 18 päällystettiin 2019.

Taulukko 7. Tie 52 luokiteltu kuntomuutos eri kausina (kesä18, talvi 18/19 ja kesä19).

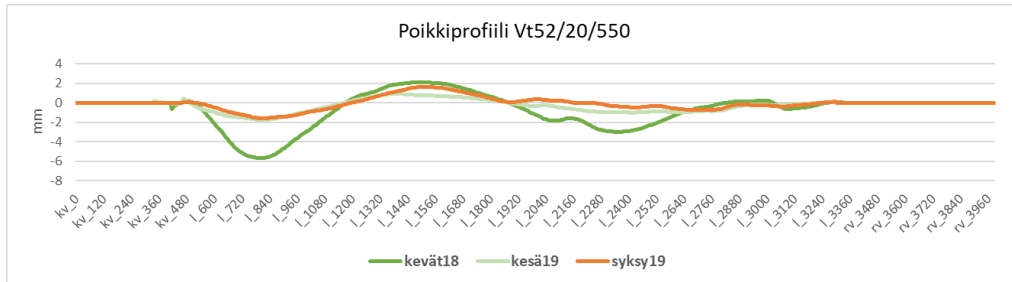
Tie	Tieosa	Pituus,m	Normaali urakasvu	Kesäura 18			Kesäura18			100m lkm
				Kesäura 18	Talviura18/19	Kesäura 19	Kesäura18	Talviura18/19	Talviura18/19	
52	15	11700	84 %	6 %	9 %	0 %	1 %	0 %	0 %	1
52	17	4500	93 %	4 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0
52	18	4600	50 %	13 %	26 %	0 %	11 %	0 %	0 %	5
52	19	6900	99 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %	1
52	20	5000	98 %	0 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0
52	21	4800	67 %	6 %	0 %	21 %	0 %	4 %	2 %	3

Havaintoja:

- Tieosa 18 ja 21 ovat heikoimpia.
- Muutaman jakson kohdan korjaaminen on suositeltavaa

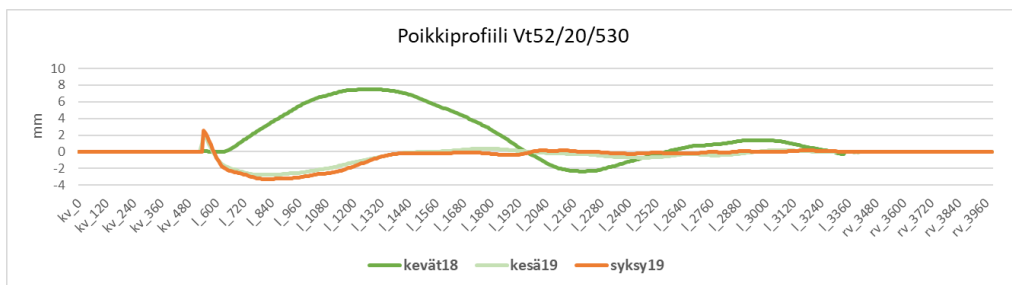
5.3.2 Kohdetarkastelu Vt 52/20

Tieosa oli vaurioitunut ja paikattu vuonna 2018. Päällystys tehtiin syksyllä 2018, joten suuri uraleveyden muutos tuli tasaisesta päällysteestä, kohdan poikkiprofiilit ovat Kuva 74:ssä. Vastaavasti Kuva 75 esittää urarem paikkausta poikkiprofiilissa.



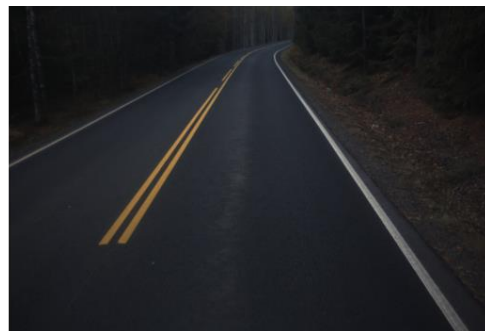
Kuva 74. Uraprofiili, Vt 52/20/550.

Vasen ura on terävälaitainen keväällä 2018.



Kuva 75. Uraprofiili, Vt 52/20/530.

Urapaikkaus muuttaa kaistan profiilia vähäksi aikaa. Kuva 76 esittää tuota kohta keväällä 2018 ja syksyllä 2019.

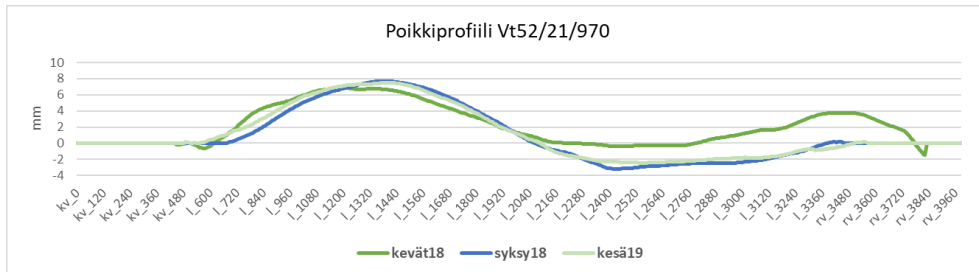


Kuva 76. Vt 52/20/550 keväällä 2018 ja syksyllä 2019.

Kuvassa näkyy urapaikkaus ja hyväkuntoinen päällyste ja tiemerkinnyt syksyllä 2019.

5.3.3 Kohdetarkastelu Vt 52/21

Kapean ja huonokuntoisen tien profiili poikkeaa huomattavasti normaalista nastarenkaiden aiheuttamasta urakulumisesta. Tästä esimerkki testikohteen jaksolta 52721/970 (10m uraprofiilien keskiarvo).



Kuva 77. Kohteen 52/21/970, poikkiprofiilit eri ajokerroilta.



Kuva 78. Vt52/21/970 kuva syksyllä 2019.

Tiekohdan keskikohta on kohonnut hieman reunojen painuessa.

5.4 Tie 282

5.4.1 Kohteen kuntomuutos

Taulukko 8. Tie 282 luokiteltu kuntomuutos eri kausina (kesä18, talvi 18/19 ja kesä19).

Tie	Tieosa	Pituus,m	Normaali urakasvu	Kesäura 18			Kesäura18			100m lkm
				Kesäura 18	Talviura18/19	Kesäura 19	Kesäura18	Talviura18/19	Talviura18/19 Kesäura19	
282	1	13600	79 %	19 %	0 %	1 %	0 %	1 %	0 %	1
282	6	9700	90 %	5 %	4 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0
282	7	5500	85 %	9 %	0 %	4 %	2 %	0 %	0 %	1

Havaintoja:

- Kohteella on vain muutama paljon urautuva kohta.

5.5 Tie 2802

5.5.1 Kohteen kuntomuutos

Taulukko 9. Tie 2802 luokiteltu kuntomuutos eri kausina (kesä18, talvi 18/19 ja kesä19).

Tie	Tieosa	Pituus,m	Normaali urakasvu	Kesäura			Kesäura18			100m lkm
				Kesäura 18	Talviura18/19	Kesäura 19	Kesäura18 Kesäura19	Talviura18/19	Talviura18/19 Kesäura19	
2802	1	6500	55 %	3 %	6 %	28 %	0 %	6 %	2 %	5
2802	2	4800	27 %	0 %	0 %	69 %	0 %	4 %	0 %	2
2802	3	6600	58 %	5 %	0 %	30 %	0 %	8 %	0 %	5

Havainnot:

- Noin puolella kohteen pituudesta aiheutuu suurta kuntomuutosta.

6 Johtopäätökset

Päällysteskanteri tuottaa tarkkoja havaintoja päällysteen pinnasta:

- pituussuunnassa 5 mm välein
- poikkisuunnassa 1 mm välein
- korkeusmittauksen tarkkuuden ollessa 0.5 mm

Poikkiprofiilin nykyistä tarkempi mittaaminen antaa mahdollisuuden uusien ja käyttökelpoisten päällysteen pintaa kuvaavien tunnuslukujen käytön.

Kevään, kesän ja talven aikana tapahtuvan muutoksen havaitsemiseksi mittaus-tulosten hajonnan tulee olla pienempi kuin tapahtunut kuntomuutos. Urasyvyyden mittaustulosten toistettavuus +/- 0.5 mm toleranssilla oli koko aineistossa noin 80 %.

Mittaustulokset sisältävät myös negatiivista uramuutosta eli kahden mittauksen välissä urasyvyys on pienentynyt. Yleisin syy on mittausten välissä tehty korjaustoimenpide, paikkaus tai päällystys. Selvityksessä käytetystä aineistosta ei suoraan näe osuuksia, joilla on tehty urapaikkauksia. Tämä vaikeuttaa myös nopean urautumisen tunnistamista.

Näitä toimenpiteitä ei pyritty erottelamaan erikseen kohteilta vaan niitä on tunnistettu poikkeavien havaintojen yhteydessä. Lisäksi negatiivista urakasvua aiheuttaa keväinen sivukaltevuuden muutos, epätasaiset painumat, erot mittauksen ajolinjoissa, rakenteessa keväällä jäljellä oleva routanousu tai raskaan liikenteen vaikutus tierakenteeseen. Tämän vuoksi myös näiden jaksojen tunnistaminen on tärkeää silloin, kun tierakenteessa alkaa tapahtua muutoksia.

Keväällä, huhti-kesäkuun aikana tapahtuva tierakenteen deformatio aiheuttaa urasyvyyden kasvamista, joka sisältyy kesäura 18 tuloksiin, mutta ei kesäura 19 tuloksiin (kesäuran alkumittaus oli vuonna 2018 huhtikuussa ja vuonna 2019 kesäkuussa). Tämä vaikuttaa osaltaan siihen, että vuoden 2019 kesäura on huomattavasti vuoden 2018 kesäuraa pienempi. Suositeltava ajankohta kevätmittausten suorittamiselle on nastarenkaiden luopumisaika, koska nastarengaskuluminen loppuu samaan aikaan kun tien rakenteen deformatio alkaa, koska roudasta sulavan tierakenteen yläosa on märkä. Mittausten järjestäminen aikaisin keväällä vaatii kuitenkin palveluntarjoajalta erityisjärjestelyitä ja sääolosuhteet ovat vaativia. Tämän vuoksi niiden toteuttaminen on suositeltavaa toteuttaa erityisjärjestelyin, samaan tapaan kuin uusien päällysteiden laatumittaus. Tarvitaan myös uusien menettelytapojen kehittämistä tulosten kohdistamisen varmistamiseksi (eri vuosina, eri toimijoiden mittalaitteen/tulosten sijainnin varmentaminen).

Selvityksessä tunnistetaan mittaustulosten avulla havaittu kuntomuutos 100 m aineistosta kesän 18, talven 18/19 ja kesän 19 aikana. Tapahtunut kuntomuutos luokiteltiin edelleen "suureksi kuntomuutokseksi", jotta tieosien erilainen käyttäytyminen voidaan osoittaa selkeästi. Normaalista suuremmaksi maksimiurasyvyyden kuntomuutokseksi määritettiin seuraavat arvot:

Kesäura 18 yli 1 mm (34 % aineistosta, yli 1.5 mm -> 9 % aineistosta))
Talviura 18/19 yli 2 mm (17 % aineistosta, yli 2.5 mm -> 8 % aineistosta)

Näin voidaan vastata tarkasteltuun tutkimuskysymykseen myöntävästi;

- Eri vuodenaikoina tapahtuva kuntomuutos on erotettavissa.
- Aineistosta voidaan tunnistaa nopeasti kasvaneet kesä ja talviurat, varsinkin silloin kun se on normaalista poikkeavaa.

Tulosten avulla on mahdollista erottaa ne jaksot tai tieosat, joilla tapahtuu normaalia suurempia kuntomuutoksia yhden tai useamman kuntomuuttujan mukaan. Tällöin näitä kohteita voidaan seurata jatkuvasti ja suunnitella sopiva toimenpide kuntomuutoksen hidastamiseksi. Tarkasteluiden tarkkuutena voidaan pitää lyhyitäkin (1–10 m) jaksoja, jotka ovat myös tunnistettavissa maastossa. Toinen tarkastelutapa on tie/tieosakohtainen kunnan ja kuntomuutoksen kuvaaminen ja tarkastelu, joka on ollut tämän selvityksen esitystapa.

Kuntomuutoksen tarkastelussa korostuu paikkausten tunnistaminen tuloksista ja paikkausten aiheuttaman urasyvyyden pienenemisen tunnistaminen on tärkeää. Lähtökohtaisesti paikatun jakson kunto heikkenee muita jaksoja nopeammin. Liitteessä 3 on esitetty tarkastelu, jossa selvitettiin mahdollisuuksia tunnistaa poikkiprofiilista laskettujen uramuuttujien avulla kahden uramittauksen välissä tehtyjä paikkauksia.

Myös tutkimuskysymykseen "Voidaanko laserskannaukseen perustuvilla palvelutasomittareilla havaita lyhyessä ajassa syntyvä urautumisen kasvu?" voidaan vastata myöntävästi seuraavin kommentein:

Urautumisen kasvu on mitattavissa, jos tapahtunut kuntomuutos on mittaustulosten hajontaa suurempaa eli ollaan teillä, joilla tapahtuu "suurta kuntomuutosta". Erityistä huomiota tulee kuitenkin kohdistaa mahdollisten paikkausten ja urapaikkausten sijaintiin ja vaikutukseen tuloksiin.

Uusia kuntomuuttujia tarvitaan kuvaamaan ja tuomaan esille tiellä tapahtuvia muutoksia.

Uusista kuntomuuttujista *urapinta-ala* (määritetty AASHTO PP60-10 mukaan) on kiinnostava, varsinkin kun se lasketaan erikseen vasemmasta ja oikeasta urasta. Urapinta-ala on poikkiprofiileista laskettu pinta-ala, jonka avulla saadaan tien pituussuuntaan liikuttaessa uratilavuus, yksikkönä m³ tai massamäärä tonneina. Tämän muuttujan avulla on mahdollista seurata erityisesti reunauran muutoksia. Korjaukseen tarvittavan päällystemassamäärän laskenta on myös mahdollista tämän muuttujan avulla ja voisi olla hyvinkin käytännöllinen tunnusluku päällystysurakoinnissa Uratilavuuden muutokset ovat nähtävissä myös maksimiuratuloksissa, pinta-ala muuttuja antaa samalle tarkasteltavalle asialla toisen ulottuvuuden ja vastaavasti helpon yhteyden tilavuuteen.

Päällysteskanerinin tuloksista voidaan myös tunnistaa tiemerkinntöjen paikka ja tätä tietoa käytetään *kaistan leveyden* määrittämiseen. Tunnistetun tiemerkinntän pituus ja kaistan leveyden määrittäminen oli hyvin toistettava muuttuja kaikissa mittauksissa.

Urapohjien etäisyyden muutos (keskimäärin 200 mm leveneminen) talvella 18/19 oli yllättäväkin tulos. Tähän vaikuttaa myös urapohjan leveyden muutos, joka oli koko aineiston osalta samansuuntaista (poikkeuksena muutamat tieosat, joilla uraleveyden muutos tapahtuu vain toisella puolella, useimmiten oikealla puolella). Urapohjien leveys ei muuttunut juurikaan kesien 18 ja 19 aikana, mutta leveni talven 18/19 aikana.

Reunapainuma määritettiin koejaksoilta ja tunnistetut reunapainuma kohteet olivat myös havaittavissa tieverkolta. Käytetty reunapainuman laskenta-algoritmi ei tunnistanut riittävän suurta osaa reunapainumista, joten muuttujan laskentaa tulee kehittää edelleen, varsinkin alemman verkon tarpeiden mukaan.

Päällysteskannerin tuloksista on mahdollista saada pistelasereihin perustuvaa mittausta tarkemmin kesän aikaisia muutoksia ja tällöin voidaan poistaa mm. ajolinjan vaikutus tuloksiin. Menettelytapa soveltuu hyvin esimerkiksi investointikohteiden kunnonmuuttumisen seurantaan takuuajana sekä eri vuodenaikoina tapahtunutta kuntomuutosta.

Kirjallisuutta

[Käsikirja päällysteiden pinnan kunnan mittaamiseen APVM 2006-2007](#) T&K. Juha Äijö. Tiehallinnon selvityksiä 21/2007. TIEH 3201047-v. ISBN 978-951-803-864-4. Helsinki. 2007.

Measurement of pavement permanent deformation based on 1 mm 3D pavement surface model. Shi Qiu. Julkaisu väitöskirjaan. The Faculty of the Graduate College of the Oklahoma State University. 12.2013. USA.

Päällystealan neuvottelukunta, PANK-5211 [Uratilavuuden mittaus, PTM auto](#). PANK menetelmäkuvaus, 31.12.2019.

Standard practice for determining pavement deformation parameters and cross slope from collected transverse profiles. American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO Designation: PP69-10. Washington, D.C. 2010.

Standard practice for collecting the transverse pavement profile. American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO Designation: PP70-10. Washington, D.C. 2010.

[Tierakenteen suunnittelu](#). Liikenneviraston ohjeita 38/2018. ISBN 978-952-317-632-4. Helsinki 2018.

Pavemetrics Inc LCMS tuote-esite



www.pavemetrics.com

Laser Crack Measurement System (LCMS-2)

KEY FEATURES

- Automatic detection and measurement of cracking (both sealed and unsealed)
- Measurement of longitudinal profile and calculation of roughness (optional)
- Rutting measurement
- Water-entrapment calculation (optional)
- Edge drop off and curb detection and measurement
- Pothole detection and measurement
- Detection and measurement of raveling
- Measurement of macro-texture (MPD, MTD) in all 5 AASHTO bands
- Pick-out detection
- Bleeding detection and measurement
- Delamination detection and measurement
- Shoving detection and measurement
- Sewer and storm-drain detection and inventory
- Rumble strip detection and inventory
- Joint detection, spalling and faulting measurement
- Pavement type detection (asphalt, chipseal, porous, concrete)
- Pavement marking detection and dimension measurement
- GPS tagging of measurements and images (using Customer-supplied GPS)
- Slope, Cross Fall and Super Elevation (optional)



Vision Systems for the Automated Inspection of Transportation Infrastructure


www.pavemetrics.com

Laser Crack Measurement System (LCMS-2)


SYSTEM SPECIFICATIONS

- Number of laser profilers: 2
- Motion compensation: built-in IMUs combined with a proprietary algorithm
- Sampling rate: 28,000 profiles/s
- Vehicle speed: 0 to 100 km/h
- Profile spacing: 1 mm to 5mm
- Transversal field of view: 4 m
- Transversal resolution: 1 mm (4,096 points/profile)
- Vertical accuracy: 0.25 mm
- Vertical resolution: 0.05 mm*
- Laser profiler dimensions: 428 mm (h) x 265 mm (l) x 139 mm (w)
- Weight: 13 kg per sensor head
- Power consumption (max): 150 W at 120/240 VAC
- IP 65 Rated

*vertical resolution for IRI measurements at 25 mm (1 inch) intervals (confidence level of 95%)

The **Laser Crack Measurement System (LCMS-2)** uses laser line projectors, high speed cameras and advanced optics to acquire high resolution 3D profiles of the road. This unique 3D vision technology allows for automatic pavement condition assessment of asphalt, porous asphalt, chipseal and concrete surfaces. The LCMS-2 acquires both 3D and 2D image data of the road surface with 1 mm resolution over a 4 m lane width at survey speeds up to 100 km/h.


LCMS-2 data is acquired and compressed in real time in the survey vehicle so as to minimize storage needs. The collected data can then be analyzed using Pavemetrics' data processing SDK (DLL library of C/C++ functions). The SDK includes functions to detect and analyze cracks, lane markings, potholes, ravelling and more. Rutting is also measured and characterized using more than 4,000 points. Concrete road surfaces can be scanned to evaluate joints, spalling and faulting between the concrete slabs. Options to measure longitudinal profiles, IRI and slope and crossfall are available with the built-in IMUs.



Man Made Object



Unsealed Cracking



Sealed Cracking

Vision Systems for the Automated Inspection of Transportation Infrastructure

Tulokset Rambollin tietopalvelussa

SOVELLUS

- Sovellus on toteutettu Power BI ohjelmalla, josta se on upotettu verkkoon. Koska sovellus on upotettu verkkoon ei se vaadi mitään ladattavia ohjelmia toimiakseen.
- **Kuitenkin sen toiminta on parasta Chrome ja Firefox selaimilla, eikä esimerkiksi Explorer tue täysin sovelluksen toimintaa.**
- Koska ohjelma on verkossa voidaan sama ohjelma avata helposti usealle välilehdelle ja näin tarkastella useita sivuja samanaikaisesti.

[LINKKI OHJELMAAN](#)

Linkki on käytettävissä raportin julkaisuvuoden loppuun.

PIKAOHJEET

- Valintojen/rajauksien tekeminen kuvaajista klikkaamalla. Kuvaajista tietyn kohdan valitseminen rajaa muista kuvaajista arvot valitulle välille/pisteelle. Valinnan poistaminen painamalla mistä tahansa samaa kuvaajaa.
- Useita valintojen samasta tai useasta kuvaajasta voidaan tehdä pitämällä CTRL-näppäintä pohjassa. Ilman CTRL-näppäintä aikaisempi valinta poistuu voimasta.
- *Vallinnat*- ruudut ilmoittavat voimassa olevat valinnat. Tarkasteluvälit rajautuvat noille alueille.



RAMBOLL

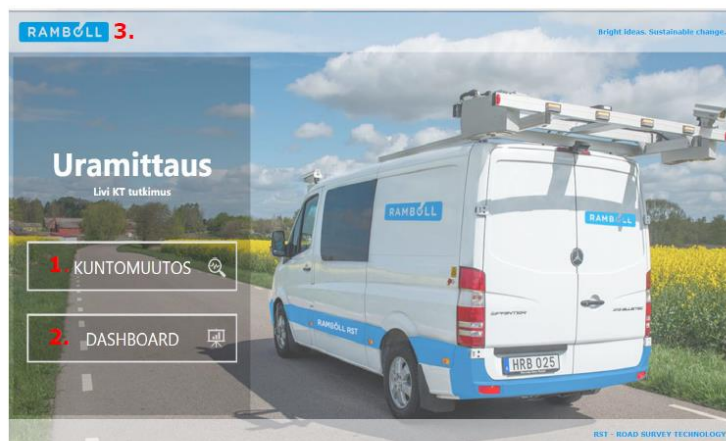
ALOITUSSIVU

Aloitussivulta voidaan siirtyä:

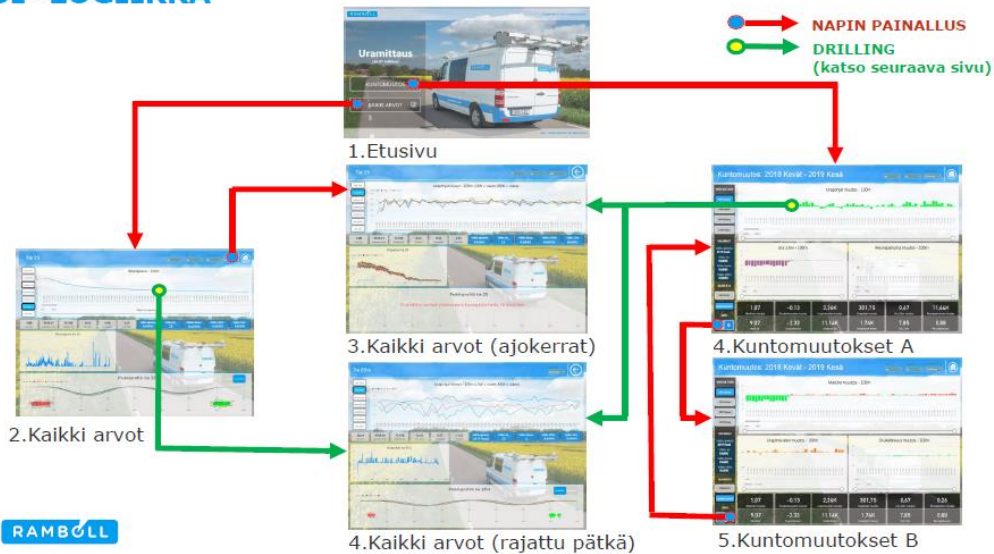
1. Kuntomuutoksien tarkasteluun (**Kuntomuutos – nappi**)
2. Kaikkien arvojen tarkasteluun (**Dashboard – nappi**)
3. Ramboll RST kotisivuille (**Ramboll logoa painamalla**)

- Takaisin aloitussivulle pääsee painamalla muissa näkymissä oikeasta yläkulmasta löytyvää **kotinäppäintä**

RAMBOLL



UI -LOGIIKKA



KAIKKI ARVOT (YLEISKUVA)

Sivulla voidaan tarkastella eri kuntomuuttujia valitulla välillä.

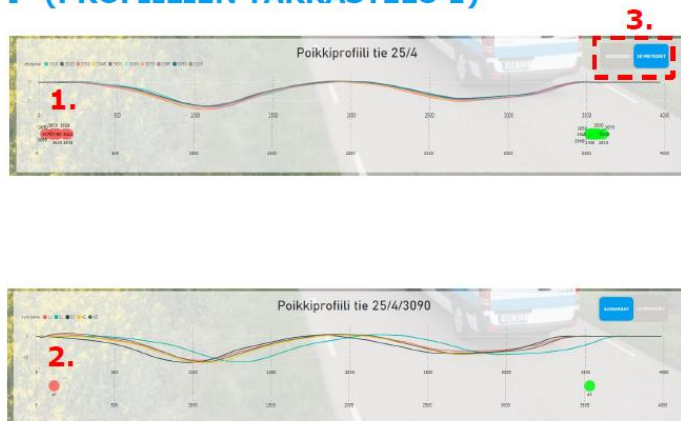
1. Rajauksen voi tehdä yläpalkissa olevilla valintalaatikoilla.
2. Eri kuntomuuttujien välillä voidaan liikkua painamalla halutun kuntomuuttujan nappia.
3. Ylin kuvaaja näyttää arvonsa 100m keskiarvoina.
4. Keskimmäinen kuvaaja näyttää tarkat 10m kohtaiset arvot.
5. Alimmasta kuvaajasta löytyy tien poikkiprofiili.



KAIKKI ARVOT (PROFILIEN TARKASTELU 1)

Sovelluksen alareunassa sijaitsevia profileja voidaan tarkastella kahdella eri tavalla:

1. 10 metrikohtaisesti: kuvaaja piirtää eri kymmenmetristen profileja (esim. kaikki tietyn 100m välin profiilit)
 2. Ajokerta kohtaisesti: kuvaaja piirtää eri ajokertojen profiilit tietylle 10 metriselle
 3. Eri näkymien välillä liikutaan napeilla. Voimassa oleva näkymä näkyy sinisenä korostettuna.
- Kuvaajien tarkastelualueiden rajaaminen tapahtuu kuvaajia ja valintasäätimiä käyttämällä.

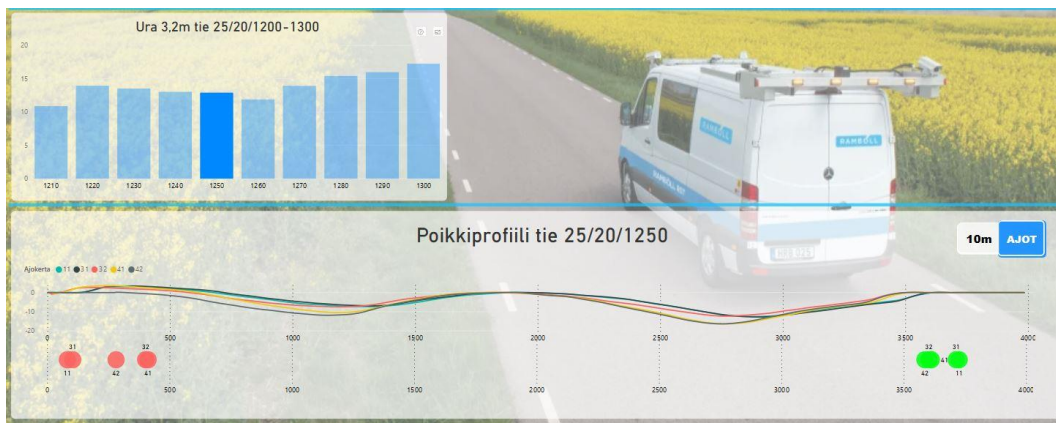
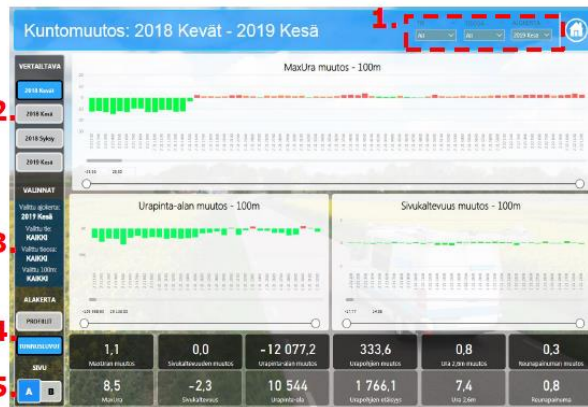


KUNTOMUUTOKSET (YLEISKUVA)

Kuntomuutoksia voidaan tarkastella eri ajokertojen välillä:

1. Halutut rajaukset tehdään valinta säätimillä. Ainoastaan ajokerran valinta on pakollinen.
2. Vertailu kohde valitaan napeista. Kuvaajien tuottamat luvut ovat siis valitun ajon ja valitun vertailuajon erotus. Kuvan tilanteessa siis 2018 kevään ja 2019 kesän aikana syntynyt muutos.
3. Valinnat ruutu ilmoittaa voimassa olevat valinnat.
4. Alakerta otsikon alta löytyvät napit vaihtelevat näkyvykö alhaalla profiilit vai tunnusluvut
5. Kuntomuuttujat on jaettu sivuihin A ja B, joiden välillä pääsee liikkumaan napeilla

RAMBOLL



Kuvassa nähdään 10m profiilien muutos kevään 18 ja kesän 19 välillä. Profiileja ei ole siirretty poikisuunnassa eri ajokertojen välillä vaan kuvassa esitetään kunkin ajon yhteydessä tunnistettujen tiemerkitöjen paikat.

MENETELMÄKUVAUS PAIKKAUSTEN TUNNISTAMINEN

Projekti **TIEN URAUTUMINEN KESÄLLÄ JA TALVELLA**
Vastaanottaja **Väylä**
Kari Lehtonen

Laatija **Juha Äijö**

Päivämäärä 16.12.2020

1 Tavoite

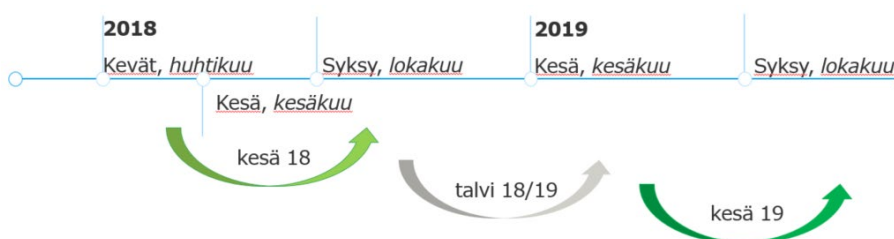
Analyysin tavoitteena on tunnistaa kahden uramittauksen välissä tehdyt paikkaukset poikkiprofiilista laskettujen uramuuttujien avulla.

2 Aineisto

Aineistona käytettiin KT uratutkimuksen Rambollin päällysteskanerilla tehtyjä 10 m mittaustuloksia vuosilta 2018 ja 2019. Seurattavilta tieosilta on käytettävissä vuodelta 2018 kevät, kesä ja syysmittaustulokset sekä vuodelta 2019 kesä ja syysmittaustulokset.

Ramboll
PL 25
Itsehallintokuja 3
02601 ESPOO

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
<https://fi.ramboll.com>



Kuva 1. Mittausten ajankohta ja tarkastelujaksot

Tarkastelu tehtiin muutamalla valitulla tieosalla, joita oli paikattu mittausten välissä, tie 52 tieosat 20 ja 21. Kohteilta on myös käytettävissä PTM mittauksen etukuvat, joista on tunnistettavissa tehdyt paikkaukset (kuten reunapaikkaus, saumapaikkaus, reikäpaikkaus, vasen/oikea/molemmat urat paikattu).

3 Menettelytapa

Analyysissä käytettiin päällysteskanerin 10 m tuloksista laskettuja kuntomuuttujia: vasen-, oikea- ja maksimiurasyvyys. Profiilin leveytenä on sekä 2.6 että 3.2 m.

Ramboll Finland Oy
Y-tunnus 0101197-5, ALV rek.
Kotipaikka Espoo

Aineiston käsittelyn vaiheet ovat:

1. Eri mittauskertojen 10 m tulokset kohdistettiin samaan kohtaan
2. Eri mittausten välinen kuntomuutos laskettiin kaikille muuttujille (sama kohta ja eri mittausajankohta)
3. Tulos luokiteltiin seuraavasti:
 - a. muutos +/- 0.5 mm -> mittaustoleranssi (=ei paikkausta)
 - b. ura kasvaa yli 0.5 mm -> urakasvu (=ei toimenpidettä)
 - c. ura pienenee 0.5 – 2.0 mm -> pieni paraneminen (ehkä paikattu)
 - d. ura pienenee yli 2 mm -> suuri paraneminen (ehkä toteutettu toimenpide)

Seuraavassa vaiheessa näin tunnistettuja paikkauksia verrataan valokuviiin tai ajetaan tietä eteenpäin ja samaan aikaan seurataan 10 m tulosten muutoksia.

4 Tuloksia

Päällysteen paikkaukset aiheuttavat uratuloksiin epämääräisyyttä monimuotoisuutensa vuoksi. Sen vuoksi ensi vaiheessa on hyödyllistä tunnistaa paikan sijainta kaistan poikkileikkauksessa. Tien kapeus myös vaikuttaa uratuloksiin, koska tien keskiharjanne saattaa olla mukana uramääritykseen käytetyssä poikkiprofiilissa.

Kuva 2 esittää kesällä 18 tehdyn uuden päällystykseen vaikutusta 3.2 maksimiurasyvyyteen ja edelleen seuraavan tieosan alkuun tehdyn urapaikkauksen vaikutuksen.

syksy18



Etäisyys	RutTotal32			
	18keväät-kesä	18kesä-sy/sy	18sy/sy-19kesä	19kesä-sy/sy
4890	-0.5	-3.8	0.8	-0.1
4900	0.0	-4.6	1.1	0.6
4910	1.0	-5.7	1.6	0.4
4920	0.1	-5.4	1.2	0.7
4930	-4.0	-3.9	1.7	0.5
4940	-5.7	-3.0	0.7	0.7
10				-2.4
20	3.2	-7.9	0.8	1.0
30	1.2	-5.4	0.5	1.4
40	0.0	-4.3	1.8	-0.1
50	-1.7	-1.0	0.5	-1.6
60	-0.5	-3.6	-0.2	0.0
70	-0.4	-3.6	-2.9	0.3
80	1.7	-2.8	2.1	-1.6
90	0.1	-0.1	-1.7	-2.9
100	1.4	-1.7	-1.2	-1.2
110	2.5	0.1	-3.1	0.5
120	-3.6	3.0	-0.4	1.0
130	-2.1	0.1	1.5	-1.1

Kuva 2. Uusi päällyste ja urapaikkaus 52/20 ja 21 alku

Maksimiurasyvyyden muutoksen numeroiden perusteella ei toimenpiteen eroa voi päätellä. Molemmat toimenpiteet ovat nähtävissä 3.2 m urasyvyyden muutoksena.

Kuva 3 esittää oikean uran paikkausta kesällä 18, joka on myös nähtävissä oikean uran 4.6 ja 3.1 mm pienenemisenä.

syksy18



Etäisyys	Ura vasen 3.2			RutRight32	
	18keväät-kesä	18kesä-syksy	18syksy-19kesä	18keväät-kesä	18kesä-syksy
340	-1.0	0.3	0.4	1.3	-0.7
350	0.0	-2.3	2.1	-0.9	2.4
360	1.4	-1.9	2.3	0.4	-0.5
370	0.3	2.1	-1.1	0.1	0.3
380	-1.9	1.6	0.0	0.5	-1.1
390	0.8	1.2	0.9	4.4	-4.6
400	-3.7	0.8	3.7	4.1	-3.1
410	1.8	0.7	-0.8	-0.7	0.1

Kuva 3. Keskisauman paikkaus 52/21/390

Kuva 4 esittää saumapaikan näkymistä 10 m vasemman uran kuntomuutoksessa kevään ja kesän 2018 välillä. Paikka tehty mittausten välissä.

kesä18



100m section	Etäisyys	Ura vasen 3.2		
		18keväät-kesä	18kesä-syksy	18syksy-19kesä
400 21	490	-0.2	0.0	0.9
500 21	500	-1.9	0.2	0.1
500 21	510	1.0	0.6	-0.4
500 21	520	0.9	-1.2	1.1
500 21	530	1.6	-0.9	0.7
500 21	540	-1.2	0.6	0.1
500 21	550	-1.1	0.1	1.0
500 21	560	-1.3	0.4	-0.6
500 21	570	4.4	-4.6	0.7

Kuva 4. Keskisauman paikkaus 52/21/540

Oikea ura muuttuu 3 mm -> 1.9 mm, mukana vain osittain oikean uran laskennassa. Suhteellisen suureenkin muutoksen (4.6 mm) etäisyydellä 570 ei ole kuvista näkyvää syytä.

Samana etäisyyslukeman (570) kesällä 18 saatu 11 mm oikean uran syvyys, näkyy sekä 4.4. uran kasvuna, että 4.6 mm uran pienenemisenä eli kuntomuutoksen tunnistamisessa pitää ottaa huomioon myös edellinen kuntoarvo ja sen ”oikeellisuuden” arviointi.

Suositus

Uramuutoksen suunta ja pysyvyys tulee ottaa mukaan paikkausten tunnistamisen prosessiin. Samalla päästään ajattelemaan paikan ”ylivuotista kestävyyttä”, voidaanko sen positiivinen vaikutus olettaa kestäväksi esimerkiksi kaksi talveksi?

Vastaavalla kohteen tarkasteluissa tehtiin seuraavia paikkausten tunnistamiseen liittyviä huomioita:

- Jaksolla on tapahtunut yli 10mm urakasvu ennen toimenpidettä: ”oikea urapaikkaus”
- Tunnistettiin tulosten perusteella reunapaikkaus
- Tunnistettiin paikka keskellä kaistaa
- Reunapaikkaus muutti poikkiprofiilia huomattavasta (ura-arvoja)
- Oikea urapaikkauksen vaikutus ei näy 3.2 m uramaksimim muutoksena
- Tien geometria vaikutti tuloksiin
 - bussipysäkki
 - mutka ja paikkaus mutkassa

Kuntomuutoksen perusteella onnistuneita paikan tunnistuksia oli kuitenkin suhteessa liian vähän, jotta menettelytapaa voisi sellaisenaan suositella käytettäväksi laajemmassa määrin. Lisäämällä aineiston tarkkuutta ja kriteereitä on menettelytavasta mahdollista kehittää rutiininomainen laskentamalli merkittävimpien paikkausten tunnistamiseen.

5 Yhteenveto

Seuraavassa on havaintoja ja kommentteja analyysistä:

Toimenpide on nähtävissä maksimiurasyvyyden muutoksissa. Tällaisia jaksoja on kuitenkin enemmän kuin tehtyjä toimenpiteitä (paikkauksia) 10 m aineistossa.

Seuraamalla vasemman ja oikean urasyvyyden muutosta voidaan tunnistaa vain yhteen uraa tehty urapaikkaus.

Kuntomuutoksen pituus on hyödyllinen muuttujaa arvioitaessa paikkauksen pituutta. Kymmenen metrin jaksot oli kuitenkin liian pitkä vuosien välisen eron tarpeeksi tarkkaan seuraamiseen.

PTM mittauksen ajolinjan hallinta kannattaa ottaa mukaan analyysiin, jotta mutkat ja tien profiiliin muutokset eivät vaikuttaisi uratulokseen.

Uramuutoksen suunta ja pysyvyys tulee ottaa mukaan paikkausten tunnistamisen prosessiin

Analyysin perusteella voidaan todeta, että paikkauksia on mahdollista löytää 10 m aineistosta, mutta virhe ja häiriö tekijöitä oli niin paljon, että tätä menettelytapaa kannattaa kehittää tarkempaan suuntaan seuraavassa esitettyjen suositusten mukaan.

6 Suositus jatkotoimenpiteille

Seuraavassa on kerätty tehdyn analyysin perusteella ehdotuksia, joiden avulla on mahdollista parantaa paikkausten tunnistamista kahden PTM mittauksen tuloksista:

1. Päälysteskanterituloksia analysoidaan yhden metrin aineistosta
Tulosten kohdistaminen 1 m tarkkuudella ei ole ongelma, tällöin paikan pituus on paremmin tunnistettavissa ja vastaavasti uramuuttujan muutos saadaan tarkemmin esille.
2. Poikkiprofiilista tunnistetaan keskiviina ja reunaviivan paikka
Tämän avulla saadaan poikkiprofiili paremmin vastaamaan kaistan uratunnuslukuja.
1m poikkiprofiileja käytetään muutenkin paikkausten tunnistamiseen.
3. Verrataan tuloksia Pavematrix'n LCMS analyysin vauriotunnistukseen
Ruotsin Trafikverket on tilannut 2020 mittauksista vauriotulkinnan. Analyysissä on mukana myös paikkojen tunnistaminen. Rambollilla on mahdollisuus käyttää samaa algoritmia KT kohteiden analysointiin tai soveltaa algoritmin konfigurointia Pavematrix'n tarjoamien muuttujien perusteella.
4. Otetaan mukaan paikkauksen kestävyys eri mittausjaksojen yli
Samalla parannetaan paikkaukseen liittyvää osaamista suhteessa kuntomuuttujien tulokseen.
5. Otetaan mukaan urapinta-ala muuttujat ja niiden muutokset
6. Tarkastellaan kuntomuutosta myös pituussuuntaan



Väylävirasto
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-317-836-6
www.vayla.fi