



Väylävirasto  
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisu  
65/2020

# ASFALTIN LISÄAINEIDEN JA LASIKUITUVERKKOJEN KOEKOHTEIDEN SEURANTA 2015–2019





Anne Valkonen

# **Asfaltin lisäaineiden ja lasikuituverkkojen koekohteiden seuranta 2015–2019**

Väyläviraston tutkimuksia 65/2020

Väylävirasto  
Helsinki 2020

*Kannen kuva: Anne Valkonen*

Verkojulkaisu pdf ([www.vayla.fi](http://www.vayla.fi))

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-317-831-1

Väylävirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puh. 0295 34 3000

**Anne Valkonen: Asfaltin lisäaineiden ja lasikuituverkkojen koekohteiden seuranta 2015–2019.** Väylävirasto. Helsinki 2020. Väyläviraston julkaisuja 65/2020. 58 sivua ja 5 liitettä. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-831-1.

**Avainsanat:** asfaltti, päällystystyöt, lisäaineet, lujitteet

## Tiivistelmä

Asfaltin lujitteita ja lisäaineita on tutkittu normaalin päällystystyön yhteydessä tehdyissä koerakentamiskohteissa usean vuoden ajan. Tähän raporttiin on koottu viiden eri lisäaineen sekä asfaltin lujitteena käytettävien lasikuituverkkojen käyttökokemuksia ja tutkimustuloksia vuosilta 2015–2019.

Tutkitut lisäaineet olivat VIATOP plus FEP, FORTA-FI aramidikuitu, Rubbertec-kumijauhe, Storelastic kumijauhe ja Kraton SBS polymeeri. Lasikuituverkot, joita koerakenteisiin asennettiin, olivat Bitutex 100/100, Cidex SB 100 ja Cidex G 100. Lisäaineiden ja lujitteiden vaikutuksia verrattiin AB 16 referenssipäällysteeseen, jonka sideaineena käytettiin B70/100 ja KB 65–75 bitumeja.

Lisäaineet eivät seurantajakson aikana parantaneet oleellisesti päällysteen ominaisuuksia. Lisäaineiden vaikutus päällysteen vaurioitumis- ja urautumisnopeuteen oli pieni. Päällysteiden suhteitus ei kaikilta osin onnistunut siten, että lisäaineiden toivotut ominaisuudet olisi saatu esille. Verrokkina käytetty kumibitumi hidasti urautumista ja vaurioitumista tutkittuja lisäaineita paremmin.

Lasikuituverkkojen oletettiin hidastavan pehmeästä pohjamaasta johtuvaa päällysteen urautumista. Tästä syystä lasikuituverkkoja asennettiin koerakenteisiin sellaisille osuksille, joissa pohjamaa oli erityisen heikosti kantavaa tai painuvaa. Lasikuituverkot eivät seurantajakson aikana hidastaneet päällysteen urautumista, mutta routivalle pohjamaalle asennettuina ne hidastivat heijastushalkeamien syntymistä.

Lasikuituverkkojen asentaminen maanteiden kaistoille normaalin päällystystyön yhteydessä oli hankalaa eikä asentaminen valmistajan ohjeiden mukaisesti onnistunut kaikilta osin. Osalla koeosuksista verkkojen kiinnittyminen alustansa oli epävarmaa.

Päällystystyön yhteydessä tehtävä koerakentaminen vaatii suunnittelua ja koordinoitua sekä valmiin päällysteen seuranta. Koerakentamista kannattaa tehdä tienpäällystysurakoissa, jotta saadaan nopeasti selville uusien tuotteiden käytettävyyden normaalin tuotannon yhteydessä.

**Anne Valkonen: Uppföljning av testobjekt med asfalttillsatser och glasfibernet under perioden 2015–2019.** Trafikledsverket. Helsingfors 2020. Trafikledsverkets publikationer 65/2020. 58 sidor och 5 bilagor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-831-1.

## Sammanfattning

Asfaltförstärkningar och tillsatser har studerats på testbyggplatser i samband med normalt beläggningsarbete under flera års tid. Denna rapport innehåller erfarenheter och forskningsresultat från fem olika tillsatser och glasfibernet som använts som asfaltförstärkningar 2015–2019.

De tillsatser som studerades var VIATOP plus FEP, FORTA-FI aramidfiber, Rubbertec-gummipulver, Storelastic gummipulver och Kraton SBS-polymer. De glasfibernet som installerades i teststrukturerna var Bitutex 100/100, Cidex SB 100 och Cidex G 100. Effekterna av tillsatser och förstärkningar jämfördes med referensbeläggningsen AB 16 med B70/100 och KB 65–75 bitumen som binde-medel.

Under uppföljningsperioden förbättrade tillsatserna inte väsentligt beläggningsens egenskaper. Tillsatserna hade en liten effekt på hur snabbt skador och spår uppkom på beläggningsen. Beläggningsens proportionalitet var inte helt framgångsrik på så sätt att de önskade egenskaperna hos tillsatserna skulle ha framträtt. Gummibitumen som användes som kontrollgrupp bromsade upp uppkomsten av spår och skador snabbare än de tillsatser som studerades.

Glasfibernet förväntades bromsa upp den spårbildning i beläggningsen som orsakas av mjuk undergrund. Av denna anledning installerades glasfibernet i teststrukturerna på sådana avsnitt där undergrunden hade särskilt dålig bärighet eller benägenhet för sättningar. Under uppföljningsperioden bromsade glasfibernet inte upp beläggningsens spårbildning, men när de installerades i tjälände undergrund bromsade de upp uppkomsten av reflektionssprickor.

Det var besvärligt att montera glasfibernet på vägbanorna i samband med det normala beläggningsarbetet och monteringen lyckades inte till alla delar i enlighet med tillverkarens anvisningar. På några av testavsnitten var det osäkert om nätet fäste i sitt underlag.

Testbyggande i samband med beläggningsarbete kräver planering och samordning samt uppföljning av den färdiga beläggningsen. Det lönar sig att genomföra testbyggande i samband med vägbeläggningsentreprenader för att snabbt kunna fastställa hur användbara nya produkter är i den normala produktionen.

**Anne Valkonen: Monitoring of test construction sites of asphalt additives and glass fibre grids, 2015–2019.** Finnish Transport Infrastructure Agency. Helsinki 2020. Research reports of the FTIA 65/2020. 58 pages and 5 appendices. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-831-1.

## Abstract

For several years, asphalt reinforcements and additives have been studied in test construction sites implemented in connection with normal paving work. This report contains the experiences on use and research results of five different additives and glass fibre grids used as asphalt reinforcements in 2015–2019.

The additives studied were VIATOP plus FEP, FORTA-FI aramid fibre, Rubbertec powdered rubber, Storelastic powdered rubber and Kraton SBS polymer. The glass fibre grids installed in the test structures were Bitutex 100/100, Cidex SB 100, and Cidex G 100. The effects of additives and reinforcements were compared with the AB 16 reference pavement, which has B70/100 and KB 65-75 bitumens as binders.

During the monitoring period, the additives did not substantially improve the characteristics of the pavement. The effect of the additives on the damage and rutting rate of the pavement was minor. The proportioning of the pavement materials was not fully successful in highlighting the desired properties of the additives. The rubber bitumen used as reference material slowed down the rutting and damage better than the additives studied.

The glass fibre grids were expected to slow down the rutting of the pavement occurring as a result of the soft subgrade. For this reason, the glass fibre grids were installed in experimental structures on sections where the subgrade had particularly poor load-bearing capability or it was sagging. During the monitoring period, the glass fibre grids did not slow down the rutting of the paved surface, but when installed on subgrade susceptible to frost heave, they slowed down the generation of cracks caused by reflection.

Installing glass fibre grids on road lanes during normal paving work was difficult and installation in accordance with the manufacturer's instructions was not fully successful. In some of the test sections, the fastening of the grids to their foundation was uncertain.

Experimental constructing in connection with paving work requires planning and co-ordination, as well as monitoring of the finished pavement. It is advisable to install test constructions during road pavement contracts in order to quickly determine the usability of new products in connection with normal production.

## Esipuhe

Vähäliikenteisten teiden päällysteiden urautumisen hidastamiseksi haetaan kustannustehokkaita ratkaisuja. Näillä teillä urautumista ei yleensä aiheuta nastarengaskulumat, vaan kyseessä on raskaan liikenteen aiheuttama deformaatio tien rakenteessa ja päällysteessä. Tämän ilmiön hidastamiseksi pyritään löytämään ratkaisuja, jotka voitaisiin toteuttaa päällysteen uusimisen yhteydessä ilman raskaampia ja kalliimpia tierakenteeseen tarvittavia toimenpiteitä.

Raportissa esitetään tässä tarkoituksessa vuosina 2015–2017 tehtyjen koeosuuksien rakentamisen ja seurannan aikaiset tulokset yhteenvetona, jonka on koonnut Anne Valkonen Via Blanca Oy:stä. Väylävirastossa työtä on ohjannut Katri Eskola. Koeteiden seuranta jatkuu muilta osin, paitsi maantiellä 2773 olevat koeosuudet on jo uusiokäsitelty REM-menetelmällä vuonna 2020. Sen yhteydessä on tutkittu koeosuuksien päällysteiden ominaisuuksien muuttumista uusiokäsittelyn vaikutuksesta Mt 2773 lisäksi myös maantiellä 261. Näiden tulokset raportoidaan vuoden 2021 aikana.

Helsingissä joulukuussa 2020

Väylävirasto  
Kunnossapito



## Sisältö

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1       | JOHDANTO .....   | 9  |
| 2       | LISÄAINEET JA LUJITTEET .....  | 10 |
| 3       | KOEKOHDE MT 2773 YLÖJÄRVI.....   | 12 |
| 3.1     | Koerakenteen suunnittelu .....   | 12 |
| 3.2     | Koerakentaminen .....  | 13 |
| 3.3     | Laboratoriokokeiden tulokset .....   | 14 |
| 3.4     | Koerakenteen seuranta .....  | 15 |
|         | 3.4.1 Vaurioinventointi .....  | 15 |
|         | 3.4.2 Urautuminen .....  | 19 |
| 3.5     | Mt 2773 koerakentamisen tulokset.....  | 19 |
| 4       | KOEKOHDE KT 68 LAPPFORS-ESSE .....   | 20 |
| 4.1     | Koerakenteen suunnittelu .....   | 20 |
| 4.2     | Koerakentaminen .....  | 22 |
|         | 4.2.1 Verkkojen asentaminen.....   | 24 |
|         | 4.2.2 Lisäaineet .....   | 25 |
| 4.3     | Laboratoriokokeiden tulokset .....   | 29 |
|         | 4.3.1 Päälysteestä otettujen näytteiden tutkimustuloksia .....                                 | 29 |
|         | 4.3.2 Sideainetutkimusten tulokset .....   | 29 |
| 4.4     | Koerakenteen seuranta .....  | 30 |
|         | 4.4.1 Vaurioinventoinnin tulokset .....  | 30 |
|         | 4.4.2 Urautuminen .....  | 31 |
| 4.5     | Kt 68 koerakentamisen tulokset .....   | 32 |
| 5       | KOEKOHDE MT 261 KILVAKKALA-VAR ELY:N RAJA.....   | 33 |
| 5.1     | Koerakenteen suunnittelu .....   | 33 |
| 5.2     | Koerakentaminen .....  | 33 |
| 5.3     | Laboratoriokokeiden tulokset .....   | 41 |
| 5.4     | Koerakenteen seuranta .....  | 42 |
|         | 5.4.1 Vaurioinventoinnin tulokset .....  | 43 |
|         | 5.4.2 Uramittausten tulokset .....   | 44 |
| 5.5     | Koerakentamisen tulokset .....   | 47 |
| 6       | YHTEENVETO .....   | 49 |
| 6.1     | Koekohteet ja -materiaalit .....   | 49 |
| 6.2     | Laboratoriotutkimusten tulokset .....  | 49 |
| 6.3     | Koerakenteiden seuranta .....  | 51 |
|         | 6.3.2 Koerakentamiskohteiden uramittausten tulokset.....                                       | 53 |
| 6.4     | Koerakentamiskohteiden tulosten yhteenveto.....  | 54 |
| 7       | PÄÄTELMÄT JA JATKOTUTKIMUSTARVE.....   | 56 |
|         | LÄHTEET .....  | 58 |
|         | LIITTEET (avautuvat linkeistä)   |    |
| Liite 1 | <a href="#">Kt 68 (Lappfors–Esse) koerakentamisen suunnittelu ja dokumentointi</a>             |    |
| Liite 2 | <a href="#">Mt 261 (Kilvakkala–VAR ELYn raja) koerakentamisen suunnittelu ja dokumentointi</a> |    |
| Liite 3 | <a href="#">Valokuva-liite 2773_3 ja 2773_5(2009 ja 2016 ja 2019)</a>                          |    |

- 
- Liite 4 [Valokuvaliite 68\\_33 ja 68\\_34 \(2015 ja 2019\)](#)  
Liite 5 [Valokuvaliite 261\\_6, 261\\_7 ja 261\\_8 \(2015 ja 2019\)](#)

# 1 Johdanto

Asfaltin lisäaineita ja lasikuituverkkoja on käytetty vuosina 2015–2017 normaalin päällystystyön yhteydessä Pirkanmaan ja Etelä-Pohjanmaan ELY-keskusten tienpäällystysurakoissa yhteensä kolmessa koerakentamiskohteessa. Tavoitteena oli selvittää valittujen lisäaineiden ja lasikuituverkkojen vaikutusta päällysteen urautumisnopeuteen, asfaltin pitkäaikaiskestoon sekä lisäaineiden ja lujitteiden soveltuvuutta käytettäväksi asfaltin normaalin valmistusprosessin yhteydessä.

Tähän raporttiin on koottu kolmen eri koerakentamiskohteen keskeiset tulokset koesuunnittelun, -rakentamisen ja seurantajakson ajalta. Koerakentamisessa käytetyt lisäaineet olivat hienojakoisia tai pelletoituja kumituotteita, polymeerejä tai kuituja. Lasikuituverkot olivat pintakäsiteltyjä verkkoja, joiden asennettavuutta tutkittiin päällysteen lujitusvaikutuksen lisäksi.

Julkaisuun on koottu keskeinen tieto koeteistä, niiden sijainnista, koejärjestyistä sekä seurantajakson aikaisista tuloksista. Koekohteiden rakentaminen on dokumentoitu erillisissä tausta-aineistojulkaisuissa: Koerakentaminen Kt 68, Koerakentaminen mt 261, Mt 261 Lähtötietoanalyysi. Mt 2773 koerakentaminen on dokumentoitu *Jonna Rossin* diplomityössä "Modifioitujen bitumipäällysteiden soveltuvuus vähäliikenteisille teille".

Koeteitä on seurattu 2–4 vuoden ajan. Vaikka niiden seuranta on vasta alussa, niistä on jo nyt saatu runsaasti kokemuksia, joita voidaan hyödyntää jatkossa esimerkiksi uusia koerakentamiskohteita suunniteltaessa ja toteutettaessa.

## 2 Lisäaineet ja lujitteet

Koerakentamiskohteissa tutkittiin erilaisten lisäaineiden ja lujitteiden vaikutusta päällysteen ominaisuuksiin.

Tutkittavat lisäaineet olivat:

- FORTA-FI aramidikuitu
- kumipelletti VIATOP plus FEP
- jauhetut hienojakoiset kumituotteet Rubbertec ja Storelastic sekä
- Kraton SBS polymeeri.

Sideaineina käytettiin:

- bitumia B 70/100,
- bitumia 650/900,
- bitumia 100/150
- kumibitumia KB 65 -75.

Koerakentamiskohteiden lasikuituverkot olivat:

- Bitutex 100/100 (bitumilla pintakäsitelty)
- Cidex SB 100 (SBR hartsilla pintakäsitelty)
- Cidex G100

Lasikuituverkkojen liimaukseen käytettiin:

- bitumiemulsiota BE-L,
- kationista bitumiemulsiota C58 B3
- kumibitumiemulsiota KBE.

Ohessa kuvia käytetyistä lisäaineista ja lujitteista (kuvat 1-6)

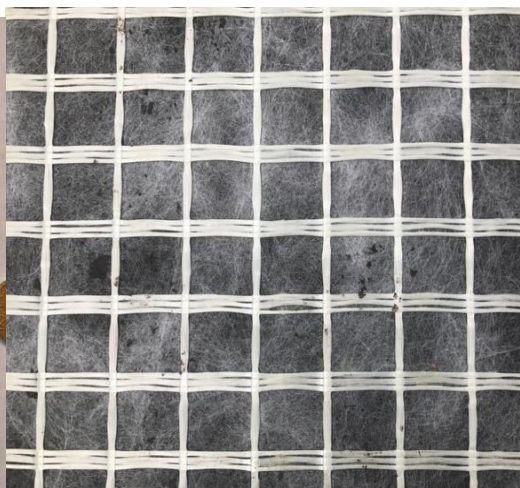


Kuva 1. VIATOP plus FEP pelletti

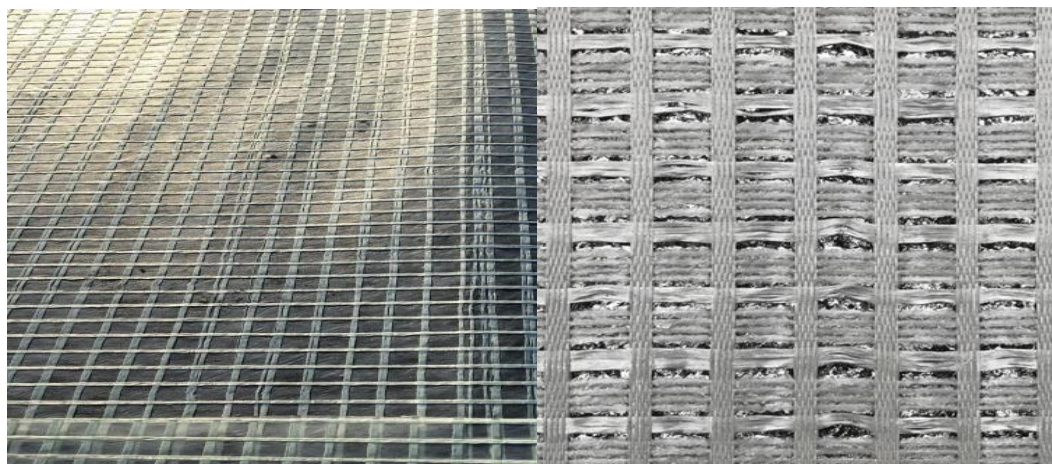
Kuva 2. Aramidikuitu



*Kuva 3. Kraton polymeeri*



*Kuva 4. Cidex G 100 lasikuituverkko*



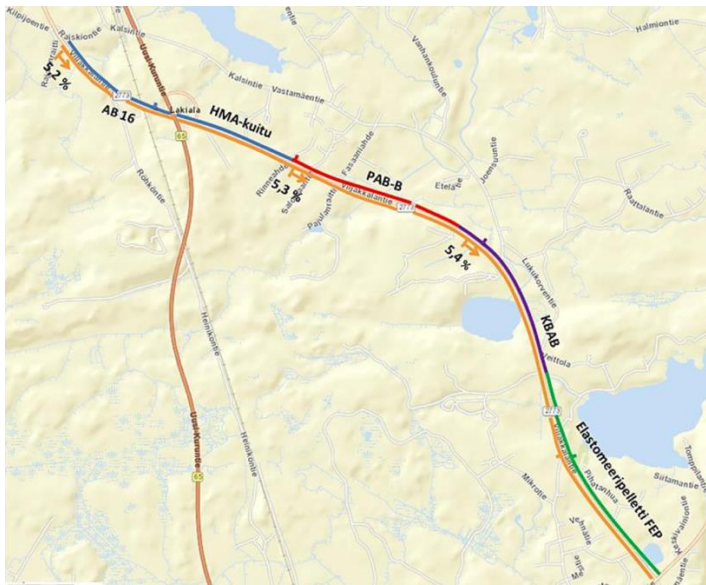
*Kuva 5. Cidex SB 100 lasikuituverkko*

*Kuva 6. Bitutex 100/100 lasikuituverkko*

### 3 Koekohde Mt 2773 Ylöjärvi

Mt 2773 yhdistää Ylöjärven ja Viljakkalan kylän. Koekohde sijaitsee Ylöjärven päässä osittain taajamamaisissa olosuhteissa. Koekohteen osuudella keskimääräinen liikennemäärä (KVL) on 1800 ajon/vrk ja nopeusrajoitus vaihtelee 60-80 km/h. Tien hoitoluokka koekohteen osuudella on 1B. Koetie on päällystetty edellisen kerran vuonna 1993 PAB-B 16 -massapintauksella.

Koekohteella on tehty tierekisteriosoitemuutos koekohteen rakentamisen jälkeen. Vanha osoite 2773/4/6505-5/4415 on muuttunut siten, että tieosa 4 on poistunut osoitteistosta ja tieosa 4 on lisätty tieosan 3 jatkeeksi. Koekohteen uusi osoite on 2773/3/10750-5/4415.



Kuva 7. Koekohteen sijainti kartalla.

Taulukko 1. Koerakentamisosuuden päällyste ennen koerakentamista.

| Päällyste | Mt 2773/3/10750-5/4080 | Mt 2773/5/4080-4415 |
|-----------|------------------------|---------------------|
| PAB-B     | massapintaus 1993      |                     |
| AB        |                        | massapintaus 1996   |

Ennen koerakentamista tiestä otettiin näytteitä rakennekerrosten paksuuden selvittämiseksi. Näytteiden perusteella tiessä oli kolme vanhaa päällystekerrosta ja sidottuja kerroksia oli yhteensä keskimäärin 120 mm.

#### 3.1 Koerakenteen suunnittelu

Koeosuuksien suunnittelu on raportoitu Jonna Rossin diplomityössä. Pohjamaan laatu vaihteli koerakentamisosuudella. Osuudet on suunniteltu siten, että lisäaineen vaikutusta päällysteen ominaisuuksiin voidaan verrata samanlaisissa pohjaolosuhteissa viereisen kaistan referenssipäällysteeseen. Koeosuuksien paikatieto, järjestys ja pituudet on esitetty taulukossa 2. Tiellä oli runsaasti halkeamia ja reunapainumia, joita tasattiin ennen päällystystä.

## 3.2 Koerakentaminen

Koerakentaminen toteutettiin 17.–20.8.2015 Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen tienpäällystysurakassa PIR ELY 2015. Urakoitsijana oli Lemminkäinen Oy. Tutkittavat lisäaineet olivat VIATOP FEP ja FORTA-FI aramidikuitu, joita käytettiin AB 16 -massan lisäaineina (sideaine 70/100). Tämän lisäksi koejärjestelyyn valittiin PAB-B -päällyste, jonka sideaine oli B650/900 sekä KB AB 16, jossa sideaineena oli KB 75.

Kasvusuunnassa oikea kaista on referenssikaista, joka päällystettiin tavanomaisella AB 16 -päällysteellä erikseen tasatulle alustalle. Lisäaineita käytettiin vain vasemmalla kaistalla.

Asfalttimassat oli suhteitettu Lemminkäisen laboratoriossa toiminnallista suhteitustapaa noudattaen. Koetien asfalttimassa on suhteitettu kahdesta laitteesta 0/16 ja 0/8 mm. Kiviaineksen rakeisuus noudattaa asfalttinormien AB 16 -massan rakeisuuden ohjealuetta ja rakeisuuskäyrä asettuu ohjealueen keskelle.

Kiviaineksenä käytetyn Tapolan kiviaineksen nastarengaskulumiskestävyys oli 11,4-13,1. Kiviaines oli nastarengaskulumiskestävyydeltään luokan parempaa kuin mitä tarjouspyynnössä oli kyseiseltä kohteelta vaadittu. Petrografisen kuvauksen mukaan (12.5.2015) Tapolan kiviaineksestä otettu näyte sisälsi tonaliittia 81 % ja kiillegneissia 19 %. Tapolan kiviainesta on käytetty useiden vuosien ajan päällystekiviaineksenä Pirkanmaalla ja Kanta-Hämeessä.

Bitumina käytettiin bitumia B70/100 lukuun ottamatta kumibitumi- sekä PAB-B -osuutta, joissa sideaineena olivat KB 75 ja B 650/900.

*Taulukko 2. Kaaviokuva koeosuuksien keskinäisestä sijainnista tierekisterin kasvusuunnassa tierekisteriosoitteeseen sidottuna.*

| Referenssikaista<br>Kasvusuunnassa oikea<br>kaista<br>Lisäaine<br>Sideaine | Koeosuuksien kaista,<br>kasvusuunnassa vasen<br>kaista<br>Lisäaine<br>Sideaine | Sijainti tierekisteri-<br>osoitteeseen sidottuna       |
|--|--|--|
| REF<br>AB 16<br>B70/100  | Aramidikuitu<br>AB 16<br>B70/100   | 2773/3/10750-5/973<br>Pituus<br><b>(Mutala)</b>        |
| REF<br>AB 16<br>B70/100  | PAB-B B<br>B 650/900   | 2773/5/973-1928<br>Pituus 955 m                        |
| REF<br>AB 16<br>B70/100  | KB AB 75<br>AB 16<br>KB 75   | 2773/5/1928-3040<br>Pituus 1113 m                      |
| REF<br>AB 16<br>B70/100  | FEP<br>AB 16<br>B 70/100   | 2773/5/3065-4414<br>Pituus 1349 m<br><b>(Ylöjärvi)</b> |

Koerakentaminen onnistui hyvin ja päällystämisen aikana vallitsi hyvä sää.

### 3.3 Laboratoriokokeiden tulokset

Jokaiselta koerakentamisosuudelta sekä referenssiosuudelta otettiin massa-näytteitä päällystämisen yhteydessä. Massanäytteistä tutkittiin sideainepitoisuus ja rakeisuus. Valmiista päällysteestä otettiin lisäksi halkaisijaltaan sekä 100 mm:n että 150 mm:n porakoeappaleet laboratoriotutkimuksia varten.

Oheisessa taulukossa on esitetty valmiista päällysteestä otettujen näytteiden laboratoriotutkimustuloksia. Tulosten perusteella voidaan todeta, että mekaaniset ominaisuudet olivat referenssimassassa tavanomaisen AB 16 -massan tasolla. Lisäaineiden vaikutus jäykkyys-, deformaatio- tai kulumisominaisuuksiin oli pieni. Kumibitumin käyttö pienensi jäykkyysmoduulia, halkaisuvetolujuutta sekä halkaisuvetojäykkyyttä. PAB-B -päällysteen mekaaniset ominaisuudet tutkittiin, vaikka niille ei ole vaatimuksia eikä vertailuarvoja.

Taulukko 3. Päällysteestä otettujen näytteiden tutkimustuloksia.

| Osuus           | sideainepitoisuus (%) | tyhjätila (%) vaihteluväli ja keskiarvo | jäykkyysmoduuli (MPa) | halkaisuvetolujuus (kPa) | halkaisuvetojäykkyys (kPa) | vedenkestävyys (%) | deformaatio Creep (%) | kulumisen Prall (ml) |
|-----------------|-----------------------|---|-----------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
| AB 16 ref.      | 5,2-5,7               | 2,3-4,2 ka. <b>3,4</b>                  | 3012                  | 1505                     | 160                        | 88                 | 1,4                   | 46                   |
| VIATOP plus FEP | 5,3-5,4               | 2,1-5,0 ka. <b>3,5</b>                  | 3738                  | 1415                     | 158                        | 102                | 1,4                   | 37                   |
| KBAB 16         | 5,3-5,4               | 2,6-5,9 ka. <b>3,7</b>                  | 1757                  | 927                      | 82                         | 117                | 1,2                   | 24                   |
| Aramidikuitu    | 5,3-5,7               | 1,7-4,6 ka. <b>3,2</b>                  | 3269                  | 1439                     | 139                        | 106                | 1,3                   | 44                   |
| PAB-B           | 4,2-4,2               | 6,8-8,7 ka. <b>7,7</b>                  |                       | 266                      | 16                         | 94                 | 5,0-5,7               |                      |

Taulukko 4. Päällystenäytteistä uutettujen sideaineiden ominaisuuksia.

| Osuus           | sideainepitoisuus (%) | käytetty sideaine | tunkeuma laadunvalvonta (0,1 mm) | tunkeuma (0,1 mm) | pehmenemispiste (C) |
|-----------------|-----------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------|
| AB 16 ref.      | 5,2-5,7               | B70/100           | 82-84                            | 41                | 52,0                |
| VIATOP plus FEP | 5,3-5,4               | B70/100           |                                  | 33                | 56,6                |
| KBAB 16         | 5,3-5,4               | KB 75             | 90                               | 43                | 81,0                |
| Aramidikuitu    | 5,3-5,7               | B70/100           |                                  | 36                | 53,6                |
| PAB-B           | 4,2-4,2               | B650/900          |                                  | 293               | 34,8                |



Päällystenäytteistä uutetusta sideaineesta tutkittu tunkeuma oli selvästi pienempi kuin Nynasin kyseiselle bitumierälle laatutodistuksessa ilmoittama tunkeuma. Sideaine on vanhentunut asfaltin valmistusprosessin aikana siten, että sen tunkeuma on pienentynyt puoleen alkuperäisestä. Uutetuista sideainenäytteistä tutkitut pehmenemispisteet täyttävät asfalttinormien vaatimukset jokaisella koeosuudella.

Uutetuista sideaineista tutkittiin myös elastinen painuma ja voimavenymä. Kumibitumia lukuun ottamatta asfalttimassoista uutetut sideaineet eivät kestäneet kovin hyvin vetokokeessa. Lisäaineista VIATOP plus FEP lisäsi hieman sideaineen elastisuutta eli venymää. Kuidun lisääminen ei vaikuttanut sideaineen elastisiin tai kylmäominaisuuksiin.

## 3.4 Koerakenteen seuranta

### 3.4.1 Vaurioinventointi

Koekohteiden kuntoa seurattiin inventoimalla koekohteet kerran vuodessa. Koeosuuksien nopea vaurioituminen oli yllättävää, eikä mikään koerakentamisen aikainen tekijä ennustanut päällysteen nopeaa vaurioitumista. Koerakentamiskohdetta mt 2773/3/10750-5/4414 jouduttiin paikkaamaan ensimmäisen kerran takuuajana kahden vuoden kuluttua päällystämisen. Ensimmäisenä vaurioitui referenssiosuuden alkupää, jossa massan sideainepitoisuus oli 0,2 prosenttiyksikköä muita osuuksia pienempi.

Taulukko 5. Mt 2773 Ylöjärvi koerakenteen pintakunnon seurantatulokset.

| Lisäaine          | Osoiteväli    | Päällystämisen aikaiset havainnot | Seuranta 2016 | Seuranta 2017                   | Seuranta 2018          | Seuranta 2019                 |
|-------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| VIATOP-plus FEP   | 5/3065-4414   | ylikuuma kuorma alussa            | ok            | ok                              | lajittumaa             | muutamia reikiä               |
| Kumi-bitumi KB 75 | 5/1928-3040   | ok                                | ok            | ok                              | ok                     | urautuu kuten muutkin osuudet |
| PAB-B             | 5/973-1928    | ok                                | ok            | ensimmäiset reiät havaittavissa | muutama paikattu reikä | muutama paikattu reikä        |
| Aramidi-kuitu     | 4/6505-5/973  | ok                                | ok            | ok                              | muutama paikattu reikä | ohut-pinta osalle matkasta    |
| Referenssi        | 4/6505-5/4414 | ok                                | ok            | muutama paikattu reikä          | useita reikiä paikattu | ohut-pinta osalle matkasta    |



*Kuva 8. Aramidikuitua sisältänyt koeosuus oikealla kaistalla. (Urautuminen nähtävissä syksyllä 2019)*



*Kuva 9. PAB-B -osuus kuvan vasen kaista, referenssiosuus oikea kaista.*



Kuva 10. PAB-B -osuus (kuvan vasen kaista).



Kuva 11. Referenssiosuus (oikea kaista).



*Kuva 12. Referenssiosuudelle (vasen kaista) ohuella AB-pintaauksella tehty paikkaus.*

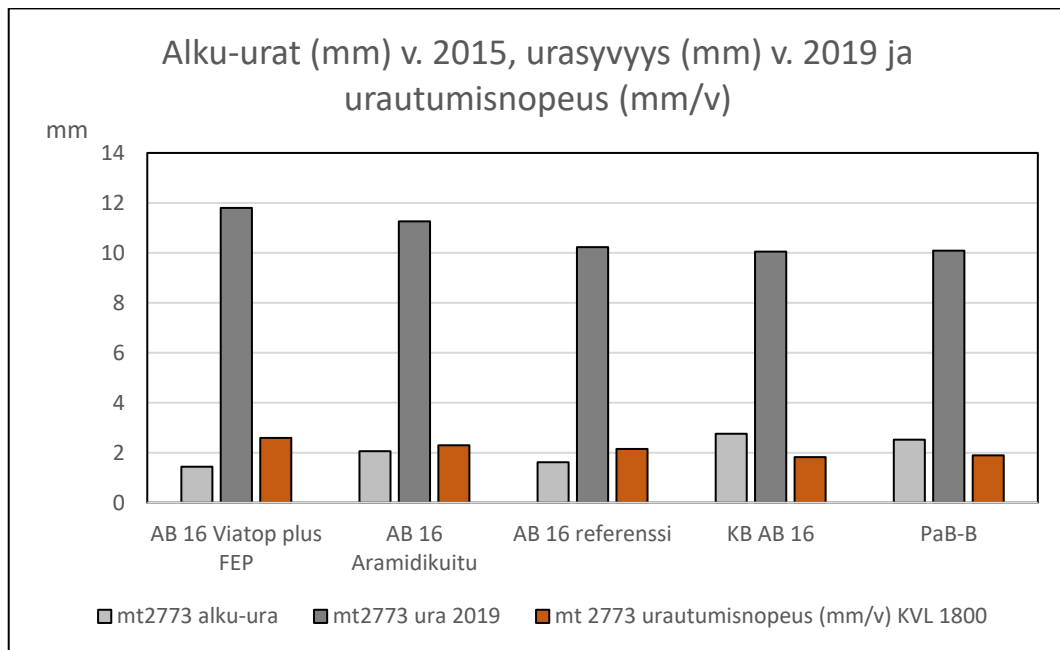


*Kuva 13. VIATOP plus FEP -koeosuudella vaurioita on paikattu valuasfaltti-paikkauksilla.*

### 3.4.2 Urautuminen

Koekohteilta mitattiin alku-ura noin kahden viikon kuluttua päällysteen valmistamisesta. Seuraavan kerran uramittaus tehtiin 2.4.2019. Oheisessa kuvassa on esitetty uramittausten tulokset ja urautumisnopeus (mm/v). Kohde on urautunut poikkeuksellisen nopeasti ottaen huomioon kulutuskerroksen iän sekä sen, että sidottuja kerroksia on keskimäärin 120 mm. Kohteen liikennemäärä on kuitenkin vain 1800 ajon/vrk.

Tien heikot ja vaihtelevat pohjaolosuhteet ja puutteellinen kuivatus eivät yksinään selitä kohteen päällysteen nopeaa vaurioitumista ja urautumista.



Kuva 14. Urautuminen mt 2773 koetiellä Ylöjärvellä.

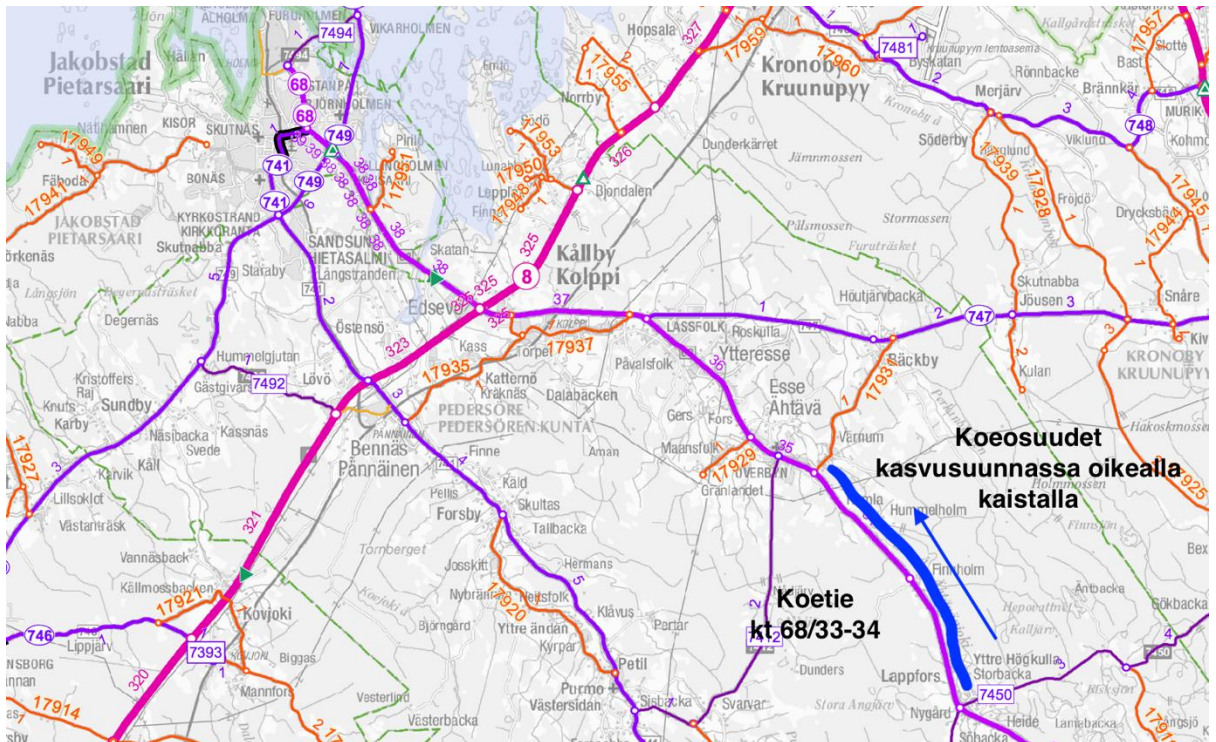
## 3.5 Mt 2773 koerakentamisen tulokset

Käytetyt lisäaineet VIATOP plus FEP tai aramidikuitu eivät parantaneet päällysteen kestoa seurantajakson aikana. Epäselväksi jäi, mistä päällysteen nopea urautuminen ja vaurioituminen johtuivat. Ennakkoon tai päällystämisen aikana tehdyissä laboratoriokeissa ei ilmennyt viitteitä siitä, että kiviaineksen ja sideaineen tartunta olisi ollut heikko.

PAB-B 16 -koeosuuden pinta oli yllättävän hyvässä kunnossa hoitoluokan 1B huomioiden. PAB-B -osuudella oli kuitenkin nähtävissä PAB-päällysteelle tyypillistä kivien irtoamista ja pinnan tekstuuri oli AB-päällystettä karkeampi. Vähiten vaurioita oli KBAB 16 -osuudella, jossa sideaineena käytettiin KB 75 bitumia. On kuitenkin huomioitava, että kaikkien osuuksien urautumisnopeus oli noin 2 mm/v, jota voidaan pitää melko suurena urautumisnopeutena, kun liikennemäärä on 1800 ajon/vrk ja hoitoluokka 1B.

## 4 Koekohte Kt 68 Lappfors-Esse

Vuonna 2016 koekohteeksi valittiin nopeasti urautuva tieosuus Essen ja Lappforsin väliltä Kt:llä 68. Tien kaistojen vauriot olivat epäsymmetriset. Selvästi enemmän ja vakavampia vaurioita sekä paikkauksia oli tierekisterin kasvusuunnassa Pietarsaaren päin. Tämä selittyy sillä, että Pietarsaaren johtavalla kaistalla on puutavarakuljetuksia nimenomaan Pietarsaaren päin. Liikennemäärä tiellä on noin 900 ajon/vrk. Nopeusrajoitus on 100 km/h. Tien hoitoluokka on 1B.



Kuva 15. Koekohteen sijainti.

Tavoitteena oli selvittää, voiko heikosta pohjamaasta johtuvaan tien nopeaan urautumiseen vaikuttaa asfalttia lujittamalla tai muuttamalla asfaltin ominaisuuksia erilaisilla lisäaineilla.

### 4.1 Koerakenteen suunnittelu

Ennen toteutusvaihetta haluttiin varmistaa, että koetien koerakenteiden pohjaolosuhteet ja rakennekerrokset ovat keskenään vertailukelpoisia siten, että lisäaineiden ja geolujitteiden tehokkuutta on mahdollista vertailla keskenään. Tästä syystä tien pohjamaan ja tierakenteen vaihtelut selvitettiin näytteenotolla ja maatutkaluotauksella ennen koekohteen tarkempaa sijoittelua. Koerakenteen suunnittelu ja toteutus on raportoitu erillisessä julkaisussa Koerakentaminen kt 68.

Koerakenne jaettiin pohjamaan ja tierakenteen osalta seitsemään eri osuuteen (Taulukot 6-8). Koeosuuksien sijoittuminen eri pohjamaaolosuhteisiin on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 6. Pohjamaan vaihtelu

|              | Pohjamaan vaihtelu |       |      |      |      |      |            |      |
|--------------|--------------------|-------|------|------|------|------|------------|------|
|              | 1                  |       | 2    |      | 3    |      | 4          |      |
| Päällyste    | 150                | AB+Ös | 150  | AB   | 50   | AB   | 150        | AB   |
| Kantava      | 330                | 0/45  | 250  | 0/45 | 450  | 0/45 | 450        | 0/45 |
| Jakava       | 550                | 0/56  | 200  | 0/56 | -    |      | 400        | Sr   |
| Pengertäyttö | 500                | Hk    | 900  | Sr   | 300  | keHk | 300        | Hk   |
| Rak.paksuus  | 1000               |       | 1500 |      | 800  |      | 600...1300 |      |
| Pohjamaa     | Sa                 |       | siMr |      | saSi |      | HkMr       |      |

Taulukko 7. Pohjamaan vaihtelu

|              | Pohjamaan vaihtelu |          |            |          |            |          |
|--------------|--------------------|----------|------------|----------|------------|----------|
|              | 5                  |          | 6          |          | 7          |          |
| Päällyste    | 40...140           | AB/AB+Ös | 110...160  | AB/AB+Ös | 130...200  | AB/AB+Ös |
| Kantava      | 400                | 0/45     | 440        | 0/45     | 300...400  | 0/45     |
| Jakava       | 260                | Sr       | 600        | 0/56     | 300...600  | Hk       |
| Pengertäyttö | 200                | Hk       | -          | -        | 0...600    | Mr       |
| Rak.paksuus  | 540...1000         |          | 600...1200 |          | 630...1600 |          |
| Pohjamaa     | HkMr               |          | HkSiMr     |          | MTv        |          |

Taulukko 8. Rakenteen vaihtelu

| Pohjamaaosuudet 1-7              | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Asfaltti + REST</b>           | 154  | 141  | 173  | 170  | 139  | 158  | 173  |
| <b>Päällyste</b>                 | 39   | 36   | 42   | 43   | 48   | 48   | 54   |
| <b>REST</b>                      | 115  | 105  | 131  | 127  | 91   | 110  | 119  |
| <b>Murske</b>                    | 958  | 861  | 981  | 809  | 506  | 930  | 698  |
| <b>Pengertäyttö</b>              | 720  |      | 1178 | 615  | 680  |      | 1066 |
| <b>Tierakenteen paksuus</b>      | 1110 | 1004 | 1145 | 979  | 645  | 1088 | 871  |
| <b>Tierakenne + Pengertäyttö</b> | 1706 |      | 2359 | 1144 | 1327 |      | 1937 |

Lasikuituverkkojen lujituskykyä haluttiin selvittää nopeasti urautuvilla pohjamailla eli savikolla sekä suolla, jossa pohjamaa oli maaton turvetta. Näillä osuuksilla tiessä oli reunapainumasta ja urautumisesta johtuneita vaurioita ja paikkauksia. Lasikuituverkkojen koeosuudet jakautuivat koerakentamiskohdeella kahteen kohtaan. Suon kohdalle (68/33/82-482, pituus 400 m) asennetuilla verkoilla selvitettiin verkkojen vaikutusta urautumisnopeuteen, kun poh-

jamaa on heikosti kantavaa maatumutta turvetta. Toinen lasikuituverkkoja sisältänyt koeosuus rakennettiin kohtaan, jossa pohjamaana on savi/siltti (68/34/3403-3804, pituus 400 m).

Rubbertec-koeosuus haluttiin sijoittaa vaativiin pohjaolosuhteisiin, jolloin sen mahdollinen päällystettyä lujittava tai kestoikää lisäävä ominaisuus saataisiin nopeasti selville.

Taulukoiden 6-8 pohjamaaosuudet 1 ja 7 ovat pehmeimmät ja heikoimmin kantavat. Referenssiosuus on selvästi kantavammalla pohjamaalla kuin lisääaineita tai lasikuituverkkoja sisältävät koeosuudet.

## 4.2 Koerakentaminen

Tutkittavat lisääaineet olivat VIATOP plus FEP ja FORTA-FI aramidikuitu, bitumiin sekoitettu Rubbertec kumijauhe ja Kraton SBS polymeeri. Tämän lisäksi koejärjestelyyn valittiin lasikuituverkkoja: Bitutex Stargrid 100/100, Cidex G 100 ja Cidex SB 100. Sideaineena käytettiin B70/100 lukuun ottamatta Kraton polymeeriä sisältävää koeosuutta, jossa AB 16 -massan bitumi oli B 100/150.

Bitutex stargrid 100/100 on musta lasikuituverkko, joka on esikäsitelty bitumilla ja jonka lujuus on 100 kN/m molemmissa suunnissa. Kohteessa käytettävän Bitutex stargrid 100/100 verkon leveys on 3,5 m ja silmäkoko 40 mm.

Cidex G 100 on valkoinen lasikuituverkko, jonka lujuus on 100 kN/m molemmissa suunnissa. Kohteessa käytettävän Cidex G 100 lasikuituverkon leveys on 3,8 m ja silmäkoko 40 mm.

Cidex SB 100 on valkoinen lasikuituverkko, joka on esikäsitelty hartsilla ja jonka lujuus on 100 kN/m molemmissa suunnissa. Verkko levitettiin kahdessa osassa, koska sen leveys ei riittänyt koko kaistan leveydelle. Levitetty verkot olivat 3,05 m ja 1,5 m leveitä. Verkot limitettiin pituussuunnassa siten, että sauma sijoittui ajourien väliin noin metrin päähän tien reunasta.

Tierekisteriosoitteen kasvusuunnassa vasen kaista on referenssikaista, joka päällystettiin tavanomaisella AB 16 -päällysteellä läpitasatulle alustalle. Lisäaineita ja lasikuituverkkoja käytettiin vain oikealla kaistalla.



Taulukko 9. Koeosuuksien sijainti tierekisterin kasvusuunnassa tierekisteri-osoitteeseen sidottuna sekä pohjarakenteen laatu eri koeosuuk-silla.

| Tutkittava materiaali    | tierekisteriosoite-väli         | Pohjarakenteiden koeosuus-tarkastelu | Pituus m   | Lisäaineen annos-telu/verkon leveys/silmäkoko/toteutuspäivä |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------|---|
| Cidex SB100              | 68/33/82-182                    | 1 (savi)                             | 100        | 3,05+1,5 m, silmäkoko 40 mm 13.10.2016                      |
| Cidex G 100              | 68/33/182-282                   | 1 (savi)                             | 100        | 3,8 m, silmäkoko 40 mm 13.10.2016                           |
| Bitutex Stargrid 100/100 | 68/33/282-482                   | 1 (savi)                             | 200        | 3,5 m, silmäkoko 40 mm 13.10.2016                           |
| RBM Rubbertec            | 68/33/482-884<br>68/33/884-1484 | 1 (savi)                             | 402<br>600 | 13.10.2016<br>12.10.2016                                    |
| VIATOP plus FEP          | 68/33/1484-1987                 | 2 SiMr                               | 503        | 9 kg/t massasta 12.10.2016                                  |
| FORTA-FI aramidikuitu    | 68/33/1987-2485                 | 2-3 SiMr-saSi                        | 498        | 1 kg/1,8 t 0,055% massasta 12.10.2016                       |
| Kraton SBS polymeeri     | 68/2485-2985                    | 4 HkMr                               | 500        | 5 % sideainepitoisuudesta sideaine B 100/150                |
| RMB (esi-koe)            | 68/33/2985-3050                 | 4 HkMr                               | 65         | 7.10.2016   |
| referenssi AB 16         | 68/33/3050-34/3404              | 5-6 HkMr-HkSiMr                      | 5005       |   |
| Cidex SB100              | 68/34/3404-3505 (suo)           | 7 MTv                                | 101        | Leveydet 3,05 m + 1,5 m, silmäkoko 40 mm                    |
| Cidex G 100              | 68/34/3504-3604 (suo)           | 7 MTv                                | 100        | Leveys 3,8 m, silmäkoko 40 mm                               |
| Bitutex Stargrid 100/100 | 68/34/3604-3804 (suo)           | 7 MTv                                | 200        | Leveys 3,5 m, silmäkoko 40 mm                               |

SiMr=Silttimoreeni, saSi=savinen siltti, HkMr= hiekkamoreeni, HkSiMr=hiekkainen siltti-moreeni, MTv=maatunut turve

Koerakentaminen toteutettiin 10.-13.9.2016 Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, lii-kenne- ja ympäristökeskuksen tienpäällystysurakassa EPO PIPU 2016. Urakoit-sija oli NCC Industry Oy.

#### 4.2.1 Verkojen asentaminen

Lasikuituverkot asennettiin 4-7 °C lämpötilassa. Verkon asentamisen yhteydessä ei tarkkailtu riittävästi bitumiemulsioon murtumista. Käytetyn bitumiemulsioon laatu tulisi varmistaa ennen verkkojen asennusta ja emulsio tulisi valita olosuhteiden mukaan. Verkot tulisi asentaa vain sellaisella säällä, että bitumiemulsioon on mahdollista murtua ennen päällysteen levittämistä. Liian kylmä tai kostea sää viivyyttää tai jopa estää murtumisen kokonaan. Verkon tulisi kiinnittyä alustaansa ja uuden päällysteen alapintaan. Koerakentamisen jälkeen lasikuituverkko-osuuksilta otettiin koekappaleita, joiden irrottamisen yhteydessä selvisi, että verkko ei ole kiinnittynyt päällysteeseen.

Riippumatta verkon laadusta niiden asennus oli vaikeaa. Kaikista vaikeinta oli asentaa Cidex SB 100 -lasikuituverkkoa, joka asennettiin kahdessa osassa limitäten verkot pituussuunnassa toistensa päälle. Limitetty verkko liukui tiivistyksen alla ja saumakohtaan syntyi halkeamia jo tiivistysvaiheessa, eikä syntyneitä halkeamia saatu työn yhteydessä enää korjattua. Ilmiö toistui molemmissa asennuskohteissa. Limityksen vuoksi kahdessa osassa asennettu (3,05 +1,5 m) Cidex SB 100 -verkko oli lopputuloksen kannalta selvästi heikoin.



Kuva 16. *Limittäen (3,05+1,5 m) asennetun Cidex SB 100 -verkon liukuminen tiivistettäessä (68/33/82-182).*



*Kuva 17. Lähikuva limityksen kohdalle syntyneestä halkeamasta noin kuukausi päällysteen valmistumisen jälkeen (20.10.2016) ja sama kohta vuonna 2019 kuvattuna (tiekuva 9.5.2019).*

Bitutex Stargrid 100/100 -verkko pysyi paikallaan hiukan paremmin kuin kuitukankaalliset Cidex-verkot. Tässä kohteessa asfalttimassa ei ollut tiivistämistä ajatellen optimaalista, sillä tiivistys niin sanotusti repi pintaa ja siihen jäi korjattavia halkeamia.

Lasikuituverkkojen liimaukseen käytettiin kationista bitumiemulsiota C58 B3, joka sisälsi bitumia 58-64 %.

#### **4.2.2 Lisäaineet**

Lisäaineiksi valittiin aramidikuitu sekä VIATOP plus FEP, sillä näiden lisäaineiden vaikutusta urautumiseen haluttiin selvittää myös kohteella, jossa on paljon raskasta liikennettä ja heikompi pohjamaa. Mukaan otettiin myös SBS polymeeri Kraton sekä hienojakoinen kumituote RubberTec, joka sekoitettiin sideaineeseen ennen käyttöä.

##### **4.2.2.1 Kraton SBS polymeeri**

Kraton SBS polymeeriä lisättiin suoraan sekoittajaan 5 % sideaineen painosta. Märkäsekoitusaikaa lisättiin 10 sekuntia normaaliin sekoitukseen verrattuna. Massa ei silmämääräisesti poikennut referenssimassasta. Sideaineena käytettiin referenssiosuuden sideainetta pehmeämpää bitumia B 100/150. Alustan lämpötila oli noin +10 °C:ttä.

Massan tiivistys onnistui hyvin. Jyrän kuljettaja oli tyytyväinen massan ominaisuuksiin. Massaa oli helpompi tiivistää kuin referenssiosuuden AB 16 (B70/100) massaa.



Kuva 18. Kt 68/33/2529 koeosuus, jossa lisäaineena SBS polymeeri Kraton. Kuva otettu 20.10.2016.

#### 4.2.2.2 FORTA-FI aramidikuitu

FORTA-FI aramidikuitua lisättiin suoraan sekoittajaan 0,055 % massan painosta laskettuna bitumin annostelun jälkeen. Kuitu lisättiin sekoittajaan erillisestä luukusta muovipusseissa. Massan märkäsekoitusaikaa lisättiin 10 sekuntia. Si-deaineena käytettiin B 70/100 bitumia. Massa tiivistyi nopeasti ja sitä oli helppo tiivistää.



Kuva 19. Aramidikuidun koeosuus.

#### 4.2.2.3 *VIATOP plus FEP*

Pellettimuodossa oleva VIATOP plus FEP -lisäaine annosteltiin suoraan sekoitajaan erillisestä luukusta siten, että lisäaine lisättiin kiviaineksen mukana ennen sideaineen lisäämistä. Kuiva- sekä märkäsekoitusaikaa lisättiin 10 sekuntia.



Kuva 20. *VIATOP FEP -lisäainetta sisältänyt osuus.*

#### 4.2.2.4 *Rubbertec*

Suomen rengaskierrätyksen toimittama Rubbertec-kumijauhe sekoitettiin asemalla bitumisäiliössä bitumiin. Kumijauheen "muhitusaika" oli lyhimillään 30–40 min. Varsinaisia koeosuuksia varten tehtiin neljä sekoituserää. Rubbertec toimitettiin asemalle säkeissä ja lisäaineen olomuoto oli jauhemainen.

Rubbertec-lisäaine oli pääsääntöisesti sekoittunut bitumiin tasaisesti. Pinnassa oli muutamia pieniä "laikkuja", joissa kumijauheen sekoittuminen bitumiin oli epätasaista. Kun lämpötila oli nostettu 185 °C:seen, kumijauheen sekoittuminen bitumiin oli tasaisempaa.

Rubbertec-lisäainetta sisältänyttä massaa oli referenssimassaan verrattuna helpompi tiivistää eikä massa halkeillut tiivistettäessä. Kumi aiheutti massaan kumille tyypillisen hajun, mutta se ei levitysryhmän mielestä ollut häiritsevää.



Kuva 21. *Rubbertec-lisäainekoeosuudella oli pieniä sideainelaikkuja pinnassa.*

## 4.3 Laboratoriokokeiden tulokset

Koeosuuksilta otettiin päällystenäytteitä noin kuukauden kuluttua päällysteen valmistumisesta.

### 4.3.1 Päällysteestä otettujen näytteiden tutkimustuloksia

Laboratoriokokeiden tulokset osoittivat, että kaikkien koeosuuksien päällysteen tyhjätila oli suuri (4,8-5,0 %), lukuun ottamatta VIATOP plus FEP -osuutta. Suuri tyhjätila ei yksinään selitä Rubbertec-lisäainetta sisältäneen koeosuuden muita heikompia tuloksia halkaisuvetolujuuden, vedenkestävyyden ja kulumisen osalta. Heikko vedenkestävyys ja suuri kuluminen viittaavat kiviaineksen ja sideaineen välisen tartunnan heikkouteen. Sideaineen määrä on saattanut olla liian pieni Rubbertec-lisäaineen massassa.

Taulukko 10. Päällysteestä otettujen näytteiden tutkimustuloksia

| Osuus           | sideainepitoisuus (%) | tyhjätila (%) | halkaisuvetolujuus (kPa) | vedenkestävyys (%) | deformaatio Creep (%) | kuluminen Prall (ml) |
|-----------------|-----------------------|---------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
| AB 16 ref.      | 5,4                   | 4,8           | 1878                     | 99                 | 1,02                  | 46                   |
| Kraton          | 5,1                   | 5,0           | 1707                     | 99                 | 0,77                  | 35                   |
| VIATOP plus FEP | 5,6                   | 3,5           | 2002                     | 99                 | 0,65                  | 39                   |
| Aramidikuitu    | 5,7                   | 4,9           | 1831                     | 93                 | 1,07                  | 49                   |
| Rubbertec       | 5,0                   | 5,0           | 1696                     | 77                 | 0,93                  | 54                   |

Päällystenäytteiden tutkimustulokset osoittavat, että kaikkien koeosuuksien päällysteen deformaatio oli pieni, mutta eroja kuitenkin saatiin eri päällysteiden välille. Pienintä deformaatio oli VIATOP plus FEP -lisäainetta sisältäneellä koeosuudella ja suurinta taas aramidikuituosuudella.

### 4.3.2 Sideainetutkimusten tulokset

Sideainepitoisuutta tutkittaessa havaittiin, että Rubbertec-lisäaine ei liukene metyleenikloridiin täydellisesti, joten menetelmä "tulkitsee" sen kiviainekseksi. Massaan lisättiin 5,7 % sideainetta, joka sisälsi 85 % bitumia (70/100) ja 15 % lisäainetta. Mikäli Rubbertec-lisäaine ei olisi lainkaan liuennut, olisi näytteessä sideainepitoisuus 4,84 %. Nyt kun vain osa lisäaineesta liukeni metyleenikloridiin, tuli tulokseksi 5,1 %.

Taulukko 11. Päällystenäytteistä uutettujen sideaineiden ominaisuuksia

| Osuus           | sideainepitoisuus (%) | käytetty sideaine | pehmenemispiste (C) |
|-----------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| AB 16 ref.      | 5,4                   | B70/100           | 55,4                |
| Kraton          | 5,1                   | B100/150          | 71,1                |
| VIATOP plus FEP | 5,6                   | B70/100           | 56,2                |
| Aramidikuitu    | 5,7                   | B70/100           | 55,3                |
| Rubbertec       | 5,1                   | B70/100           | 59,3                |

## 4.4 Koerakenteen seuranta

Koerakenteita on seurattu kolme vuotta. Koerakenteita seurattiin tieinventoinneilla sekä tiekuvapalvelun vuoden 2015 ja 2019 valokuvien että vuoden 2019 PTM-mittauksen yhteydessä otettujen valokuvien avulla. Lisäksi koerakentamiskohteen urautumista mitattiin seurantajakson aikana ja urautumisnopeutta verrattiin ennen koerakentamista vallinneeseen urautumisnopeuteen.

### 4.4.1 Vaurioinventoinnin tulokset

Taulukko 12. Kt 68 koerakenteen pintakunnon seurantatulokset.

| Lisäaine/<br>verkko | Osoiteväli             | Päällystämi-<br>sen aikaiset<br>havainnot | Seuranta<br>2017 | Seuranta<br>2018 | Seuranta<br>2019 |
|---------------------|------------------------|---|------------------|------------------|------------------|
| Cidex SB100         | 68/33/82-<br>182       | Tiivistämi-<br>nen hanka-<br>laa          | hal-<br>keamia   | hal-<br>keamia   | hal-<br>keamia   |
| Cidex G100          | 68/33/182-<br>282      | Tiivistämi-<br>nen hanka-<br>laa          | hal-<br>keamia   | hal-<br>keamia   | hal-<br>keamia   |
| Bitutex<br>100/100  | 68/33/282-<br>482      | Tiivistämi-<br>nen hanka-<br>laa          | hal-<br>keamia   | hal-<br>keamia   | hal-<br>keamia   |
| RMB 13.10           | 68/33/482-<br>884      | Tiivistyy<br>referenssiä<br>paremmin      | lajittu-<br>maa  | lajittu-<br>maa  | lajittu-<br>maa  |
| RMB 12.10           | 68/33/884-<br>1484     | Tiivistyy<br>referenssiä<br>paremmin      | lajittu-<br>maa  | lajittu-<br>maa  | lajittu-<br>maa  |
| VIATOP plus<br>FEP  | 68/33/1484-<br>1987    | Tiivistyy<br>referenssiä<br>paremmin      | ok               | ok               | ok               |
| Aramidikuitu        | 68/33/1987-<br>2485    | Tiivistyy<br>referenssiä<br>paremmin      | ok               | ok               | ok               |
| Kraton              | 68/33/2485-<br>2985    | Tiivistyy<br>referenssiä<br>paremmin      | ok               | ok               | ok               |
| RMB 7.10            | 68/33/2985-<br>3050    | Lyhyt osuus                               | lyhyt<br>osuus   | lyhyt<br>osuus   | lyhyt<br>osuus   |
| REFERENSSI          | 68/33/3050-<br>34/3404 | Tiivistämi-<br>nen hanka-<br>laa          | ok               | ok               | ok               |
| Cidex SB100         | 68/34/3403-<br>3504    | Tiivistämi-<br>nen hanka-<br>laa          | hal-<br>keamia   | hal-<br>keamia   | hal-<br>keamia   |
| Cidex G100          | 68/34/3504-<br>3604    | Tiivistämi-<br>nen hanka-<br>laa          | hal-<br>keamia   | hal-<br>keamia   | hal-<br>keamia   |
| Bitutex<br>100/100  | 68/34/3604-<br>3804    | Tiivistämi-<br>nen hanka-<br>laa          | hal-<br>keamia   | hal-<br>keamia   | hal-<br>keamia   |

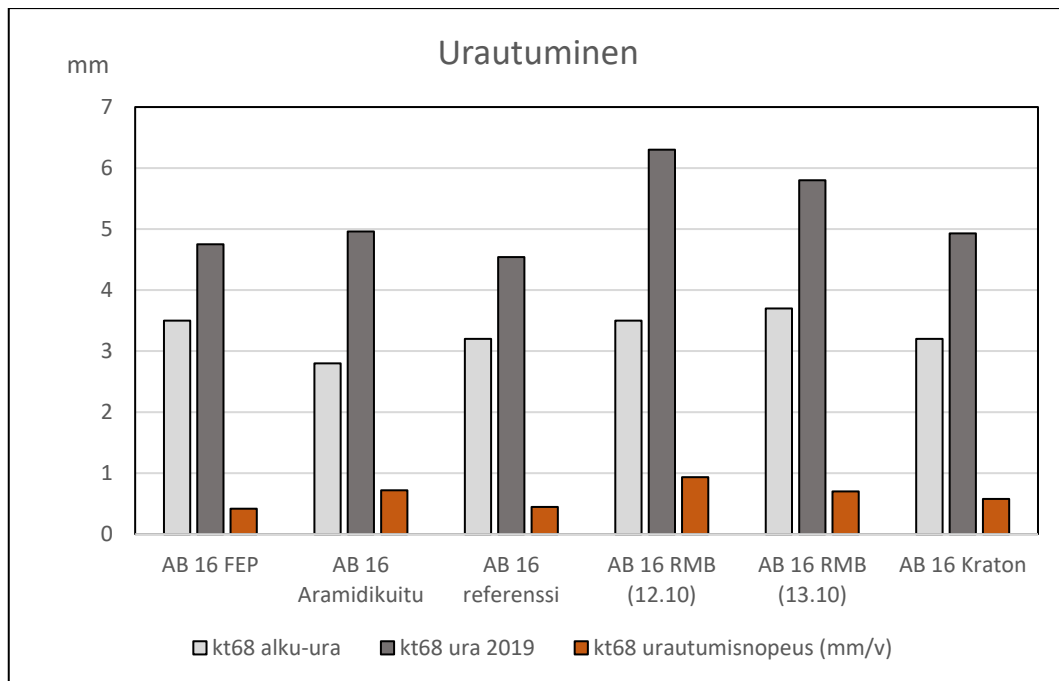


#### 4.4.2 Urautuminen

Nevia Oy mittasi alku-urat päällystämisen jälkeen vuoden 2016 tienpäällystysurakan laadunosoitusvaatimusten mukaisesti. Urat mitattiin uudelleen keväällä 2019 valtakunnallisen PTM-mittauksen yhteydessä. Tällöin mittaukset teki Destia Oy.

Referenssijakson alku-urien keskiarvo (3,2 mm) on suuri verrattuna AB16/100 kg/m<sup>2</sup> päällysteen tyypillisiin alku-urisiin. Urakehitys on ollut lisäaineita sisältävillä osuuksilla 0,42-0,93 mm/v. Pienin urakehitys (0,42 mm/v) on ollut VIATOP plus FEP -lisäainetta sisältäneellä koekohteella.

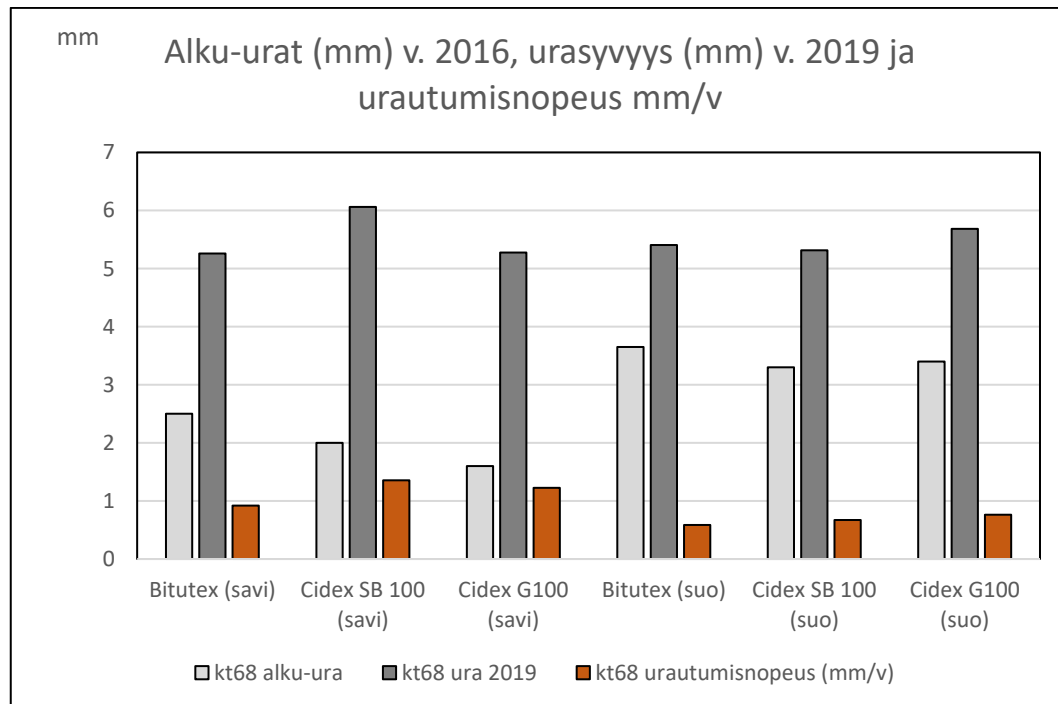
Rubbertec-lisäainetta sisältävän koeosuuden suurien alku-urien (3,2-3,7 mm) syy jäi vielä epäselväksi. Suuriin alku-urisiin on voinut vaikuttaa myös päällysteen suuri tyhjätila, jolloin alku-urautuminen on ollut päällysteen tiivistymistä.



Kuva 22. Kt 68 Lappfors-Esse koerakentamiskohteen alku-urat ja vuoden 2019 uramittauksien tulokset sekä urautumisnopeus.

Lasikuituverkko-osuuksien suuriin alku-urisiin (1,6-3,7 mm) on saattanut merkittävästi vaikuttaa niiden sijoituspaikka. Kun pohjamaa oli suota ja/tai turvetta, alku-urat olivat selvästi suuremmat kuin savikolle tehdyssä kohteessa. Urautumisnopeus on kuitenkin ollut suurinta savikolla ollen noin 1,4 mm/v.

Pohjamaaosuudella 7 (taulukko 7), jossa pohjamaana on suo, on urautumisnopeus ollut ennen koerakentamista (vuosina 2003-2015) noin 0,8 mm/v. Koerakentamisen jälkeen urautumisnopeus kolmen seurantavuoden jälkeen on 0,6-0,8 mm/v eli lasikuituverkko ei ole hidastanut kyseisen kohdan urautumisnopeutta seurantajakson aikana.



Kuva 23. Alku-urat, urasyvyys ja urautumisnopeus.

## 4.5 Kt 68 koerakentamisen tulokset

Lisäaineet tai päällystekerrosten väliin asennetut lasikuituverkot eivät hidastaneet pohjamaan painumista tai deformaatiosta aiheutuvaa urautumista. Pohjamaan laatu vaikutti urautumisnopeuteen enemmän kuin lisäaineiden tai lasikuituverkkojen käyttö lujitteena. Savikolla ja suolla urautuminen on nopeampaa kuin kantavammalla moreenisella pohjamaalla.

Sideaineeseen sekoitettu Rubbertec-lisäaine ei lisää laboratorikokeiden tulosten perusteella päällysteen vetolujuutta juuri lainkaan. Sen käyttö sideaineeseen lisättynä ei vaikuttanut päällysteen kykyyn vastustaa alusrakenteen tai pohjamaan deformaatiosta syntyvää urautumista. Rubbertec-lisäaineen sekoittaminen sideaineeseen oli asemalla hankalaa ja hidasta.

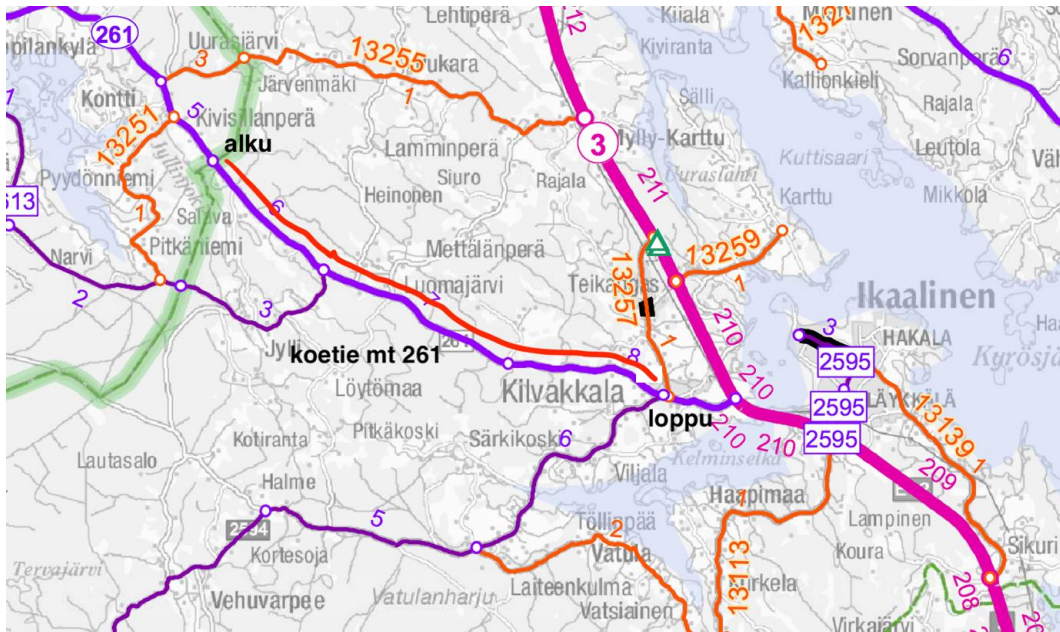
Nyt tutkittujen lisäaineiden vaikutus asfalttimassan mekaanisiin ominaisuuksiin oli varsin pieni. Päällysteen tyhjätila oli merkittävin mekaanisiin ominaisuuksiin vaikuttava tekijä.

Lasikuituverkkojen asennusta ei onnistuttu tekemään verkkojen valmistajien ohjeiden mukaisesti, eivätkä verkot ole kaikilla osuuksilla hyvin kiinni alustassaan.

## 5 Koekohde Mt 261 Kilvakkala–VAR ELY:n raja

### 5.1 Koerakenteen suunnittelu

Mt 261 Kilvakkalasta Varsinais-Suomen rajalle soveltui maastokatselmuksen perusteella asfaltin lisäaineiden koetiekohteeksi varsin hyvin. Kohteen urautumisnopeus on ollut 0,8-1,2 mm/v ennen koerakentamista. Koekohteen liikennemäärä on noin 1600 ajon/vrk. Tie on päällystetty edellisen kerran vuonna 2002 PAB-B 16 -päällysteellä. Kohdetta on paikattu runsaasti valuasfaltilla ja AB-paikoilla. Kohteella on mahdollisesti myös bitumistabiloituja osuuksia, joiden tarkempi sijainti ei käynyt tierekisteristä luotettavasti ilmi. Kohteelle on ominaista nopea urautuminen. Tien reunat olivat paikoin painuneet ja toisaalla taas tien penkereen massat olivat siirtyneet osittain luiskan puolelle. Päällysteessä oli halkeamien ja reikien lisäksi nähtävissä myös deformaatiota. Tien harjalla oli deformaatioharjanne, joka oli syntynyt tien deformoitua. Päällysteessä oli verkkohalkeamia ja reikiä.



Kuva 24. Mt 261 koekohteen sijainti.

### 5.2 Koerakentaminen

Koerakentaminen toteutettiin elokuussa 2017 normaalin päällystystyön yhteydessä Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen ELY PIR DHJ Lemminkäinen -urakassa.

Koeosuudet toteutettiin osuuksille 261/6/0-7/80 (pituus 3346 m) ja 261/7/1550-8/68 (pituus 3000 m). Loppuosuus 261/8/68-3000 (pituus 2932 m) jätettiin koekaistan referenssiosuudeksi ja tästä referenssistä kilometrin matkalle käytettiin massapintaauksen liimaukseen kumibitumiemulsiota BE-L emulsion sijaan. Kaikki varsinaiset koeosuudet ovat noin kilometrin pituisia ja ne toteutettiin täysillä massakuormilla (20 t/kuorma).

Varsinaisen koekaistan asfalttimassat sekoitettiin Valkeakosken Kahamäen asfalttiasemalla Tapolan kalliomurskeesta tehdystä AB 16 -massasta varioiden sitä lisäaineilla ennakkoon tehtyjen suhteitusten perusteella. Tapolan kiviaineksen kuulamylyllyarvo on 12,6-12,9 ja tiheys 2,88-2,90 t/m<sup>3</sup>.

Kiviainesseoksen rakeisuus noudatti asfalttinormien AB 16 -massan kiviaineksen rakeisuutta. Suunniteltu hienoainespitoisuus oli 8,2 %. Koska Storelastic-lisäaine on jauhemainen, pienennettiin suhteituksessa kivipölyn määrää 0,5 prosenttiyksikköä, jolloin Storelastic-massan hienoainespitoisuudeksi jäi 7,8 %.

Bitumipitoisuus suunniteltiin siten, että massat olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia. Lisäaineiden käyttömäärä suunniteltiin materiaalitoimittajien ohjeiden, aikaisempien kokemusten ja laboratoriossa tehtyjen suhteitusten perusteella. Bitumipitoisuus ja lisäaineiden suunniteltu käyttömäärä on esitetty oikeassa taulukossa.

Taulukko 13. Side- ja lisäaineiden suunnitellut käyttömäärät

| Koekaista<br>Lisäaine<br>(Tapolan kiviaines kaikilla osuuksilla) | Bitumipitoisuus<br>(%) | Lisäaineen käyttö-<br>määrä %:na massasta |
|--|------------------------|---|
| Referenssi, ei lisäaineita                                       | 5,4                    | -   |
| <b>FORTA FI aramidikuitu</b>                                     | 5,5                    | 0,05                                      |
| <b>VIATOP plus FEP</b>   | 5,6                    | 0,675                                     |
| <b>Kumibitumi (KB65)</b>   | 5,4                    | -   |
| <b>Storelastic</b>   | 5,6                    | 0,575                                     |

Tuotannollisista syistä johtuen koekaistan viereinen kaista eli niin sanottu referenssikaista toteutettiin Kihniön asfalttiasemalta Siparilan kalliomurskeesta tehdystä AB 16 -massasta. Referenssikaistan massa ei myöskään sisältänyt asfalttirouhetta. Siparilan kiviaineksen kuulamylyllyarvo oli 8,5-10,3 ja tiheys 2,66-2,74 t/m<sup>3</sup>.

Taulukko 14. Mt 261 koeosuuksien sijainti

| Koekaista<br>Lisäaine<br>Kiviaines/asfalttiasema | Referenssikaista<br>Kiviaines/asfalttiasema | Sijainti tierekisteri-<br>osoitteeseen sidottuna |
|--|---|--|
| <b>Viatop plus FEP<br/>Tapola/Kahamäki</b>       | REF<br>Siparila/Kihniö<br>Tapola/Kahamäki   | 261/6/0-1000<br>Pituus 1000 m.<br>(VAR ELY raja) |
| <b>Stor Elastic<br/>Tapola/Kahamäki</b>          | REF<br>Siparila/Kihniö                      | 261/6/1000-2004<br>Pituus 1004 m.                |
| <b>Kumibitumi<br/>Tapola/Kahamäki</b>            | REF<br>Siparila/Kihniö                      | 261/6/2004-7/80<br>Pituus 1402 m.                |
| hyppy  | hyppy                                       | 261/7/80-1510<br>Pituus 1430 m.                  |

| Koekaista<br>Lisäaine<br>Kiviaines/asfalttiasema                     | Referenssikaista<br>Kiviaines/asfalttiasema   | Sijainti tierekisteri-<br>osoitteeseen sidottuna |
|--|---|--|
| Bitutex<br>100/100<br>(suojamassa +kulutuskerros)<br>Tapola/Kahamäki | Bitutex<br>100/100<br>korotetun tasauksen<br>päälle (100 kg/m <sup>2</sup> )<br>Tapola/Kahamäki | 261/7/1510-2510<br>Pituus 1000 m.                |
| Cidex G 100 (suojamassa<br>+ kulutuskerros)<br>Tapola/Kahamäki       | REF<br>Siparila/Kihniö  | 261/7/2510-3510<br>Pituus 1000 m.                |
| Referenssi<br>Tapola/Kahamäki  | REF<br>Siparila/Kihniö  | 261/7/3510-8/835<br>Pituus 1707 m.               |
| Aramidikuitu<br>Tapola/Kahamäki                                      | REF<br>Siparila/Kihniö  | 261/8/835-1346<br>Pituus 511 m.                  |
| Referenssi<br>Tapola/Kahamäki  | REF   | 261/8/1346-3000<br>Pituus 1654 m.<br>(Ikaalinen) |

Referenssikaistalle asennettiin Bitutex Stargrid 100/100 -lasikuituverkko korotetun tasauksen päälle samalle kohdalle, jossa koekaistalle asennettiin samainen lasikuituverkko suojamassaa käyttäen. Näin voidaan verrata suojamassan käytön hyödyllisyyttä sekä asennusvaiheessa että pitkällä aikavälillä päällysteen kuntoa tarkkailemalla.

Ohessa valokuvia koerakennuksen eri vaiheista eri koeosuuksilta.

Koerakentamisen aikaan vallitsi pääsääntöisesti hyvä sää ja koerakentaminen sujui hyvin. Sadekuuro kasteli 3.8.2017 Cidex G 100 -verkon ennen päällysteen levitystä.



Kuva 25. Cidex G 100 -verkko sadekuuron jälkeen.



Kuva 26. Bitutex 100/100 -verkon asennus koekaistalle



Kuva 27. Verkojen asennukseen kokeiltiin useita erilaisia levittämismenetelmiä.



Kuva 28. Ohut suojamassa (AB 16) lasikuituverkon päälle asennettuna ennen tiivistystä.



Kuva 29. Kuvan oikealla kaistalla on asennettu suojamassa (AB 16) lasikuituverkon päälle. Verkon poimuttuminen näkyy suojamassan pinnassa.



Kuva 30. Lasikuituverkon alustan liimausta bitumiemulsiolla.





Kuva 31. Lasikuituverkon alustan liimaus kumibitumilla 300 g/m<sup>2</sup>.



Kuva 32. Bitutex Stargrid 100/100 -lasikuituverkon päiden limittäminen.



Kuva 33. Liikenteenohjaus lasikuituverkkoja asennettaessa.

Referenssikaistalle asennetun lasikuituverkon annettiin liimautua 12 tuntia. Tässä ajassa bitumiemulsio oli murtunut. Tasausmassa olisi voinut olla AB 8-11 -massaa, jotta tasausmassa ei imisi liimaa niin paljon.



Kuva 34. VIATOP plus FEP -osuuden päällystämistä.

Lisäaineita sisältäneiden koeosuuksien päällystäminen sujui hyvin. Kumia sisältäneet lisäaineet Storelastic ja VIATOP plus FEP tarttuvat herkästi tiivistettäessä jyrän valssiin. Molemmat lisäaineet kasvattavat sideaineen tarvetta, sillä ne lisäävät hienoaineksen määrää massassa. Tiivistäminen oli hiukan hankalampaa kuin normaalin AB 16 -massan tiivistäminen, sillä kumia sisältävät massat olivat irtonaisempia ja massa pakenee toisinaan valssin alta. VIATOP plus FEP ja Storelastic-lisäaineita sisältäneet massat olivat työntekijöiden mielestä aavistuksen kuivan oloisia. Niitä kuvailtiin PAB-massan kaltaisiksi ja pehmeiksi.



Kuva 35. Storelastic-osuuden tiivistys käynnissä.

### 5.3 Laboratoriokokeiden tulokset

Koetieltä otettiin kaikilta osuuksilta päällystenäytteitä, joista tutkittiin halkaisuvetolujuus, vedenkestävyys ja jäykkyyssmoduuli.

Taulukko 14. Koetieltä otettujen päällystenäytteiden tutkimustuloksia

| Osuus<br>Lisäaineen<br>määrä asfaltti-<br>massasta (%) | suunniteltu<br>sideaine-<br>pitoisuus<br>(%) | tyhjä-<br>tila<br>(%) | halkaisuvetolujuus<br>(kPa) | veden-<br>kestävyys<br>(%) | Jäykkyys<br>moduuli<br>(MPa) |
|--|--|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| AB 16 ref.   | 5,4  | 4,0                   | 1848                        | 94                         | 4287                         |
| VIATOP plus<br>FEP (0,675 %)                           | 5,6  | 4,0                   | 1371                        | 96                         | 3215                         |
| Storelastic<br>(0,575 %)                               | 5,6  | 3,4                   | 1440                        | 91                         | 3058                         |
| Kumibitumi<br>KB 65                                    | 5,4  | 3,3                   | 1331                        | 99                         | 3147                         |
| Aramidikuitu<br>(0,05 %)                               | 5,5  | 1,8                   | 1630                        | 100                        | 4559                         |

Referenssipäällysteen jäykkyyssmoduuli oli suurempi kuin kumibitumia sisältävän koeosuuden. Sama ilmiö toistui vuonna 2015 toteutetulla koetiellä Ylöjärvellä (vrt. taulukko 3).

Vain aramidikuitua sisältänyt koeosuus oli jäykkyyssmoduuliltaan suurempi kuin referenssipäällyste eli aramidikuitu jäykisti päällystettä referenssipäällysteseen verrattuna. Sama ilmiö toistui vuonna 2015 toteutetulla koetiellä Ylöjärvellä (vrt. taulukko 3).

Lasikuituverkko-osuuksilta ei erikseen tutkittu päällysteen ominaisuuksia, sillä osuudet päällystettiin samalla asfalttimassalla kuin referenssiosuus.

Koerakentamisessa noudatettiin hyvin etukäteen laadittua suunnitelmaa. Oleellisia poikkeamia suunnitelmaan nähden aiheutui ainoastaan kumibitumiemulsion loppumisesta kesken koeosuuden, jolloin kumibitumiemulsio korvattiin BE-L-emulsiolla ja aramidikuitua sisältäneen koeosuuden lyhenemisestä, koska aramidikuitua ei ehditty saada riittävää määrää noin kilometrin koeosuutta varten. Lisäksi suojamassa oli suunnitelmasta poiketen AB 16 -massaa, vaikka suunnitelmassa oli suunniteltu käytettäväksi AB 11 -massaa.

## 5.4 Koerakenteen seuranta

Koerakenteita on seurattu vasta kaksi vuotta. Koerakenteita seurattiin tieinventoinneilla sekä tiekuvapalvelun vuoden 2016 ja PTM mittauksen 2019 valokuvien avulla. Lisäksi koerakentamiskohteen urautumista mitattiin seurantajakson aikana ja urautumisnopeutta verrattiin ennen koerakentamista vallinneeseen urautumisnopeuteen.

Ohessa esimerkki ennen koerakentamista ja koerakentamisen jälkeen otettujen valokuvien antamista informaatiosta.



Kuva 36. Kuva kohdasta 261/8/1075 ennen koerakentamista vuonna 2016 ja 2 vuotta koerakentamisen jälkeen vuonna 2019. Sama halkeama on heijastunut uuteen pintaan (aramidikuitua sisältänyt koeosuus).

### 5.4.1 Vaurioinventoinnin tulokset

Osa vanhoista halkeamista on jo kahden vuoden kuluessa heijastunut uuteen pintaan. Suurin osa näkyvistä halkeamista on kuitenkin vielä kapeita ja pieniä. On selvästi havaittavissa, että lisäaineet tai kumibitumi eivät täysin estä vanhojen halkeamien heijastumista uuteen pintaan. Parhaiten halkeamien heijastumista on estänyt lasikuituverkko.

Vaikka mikään tutkituista lisäaineista tai lujitteista ei pystynyt täysin estämään halkeamien heijastumista uuteen pintaan, ei toistaiseksi ole mitään viitteitä siitä, että päällyste olisi erityisen nopeasti vaurioituva.

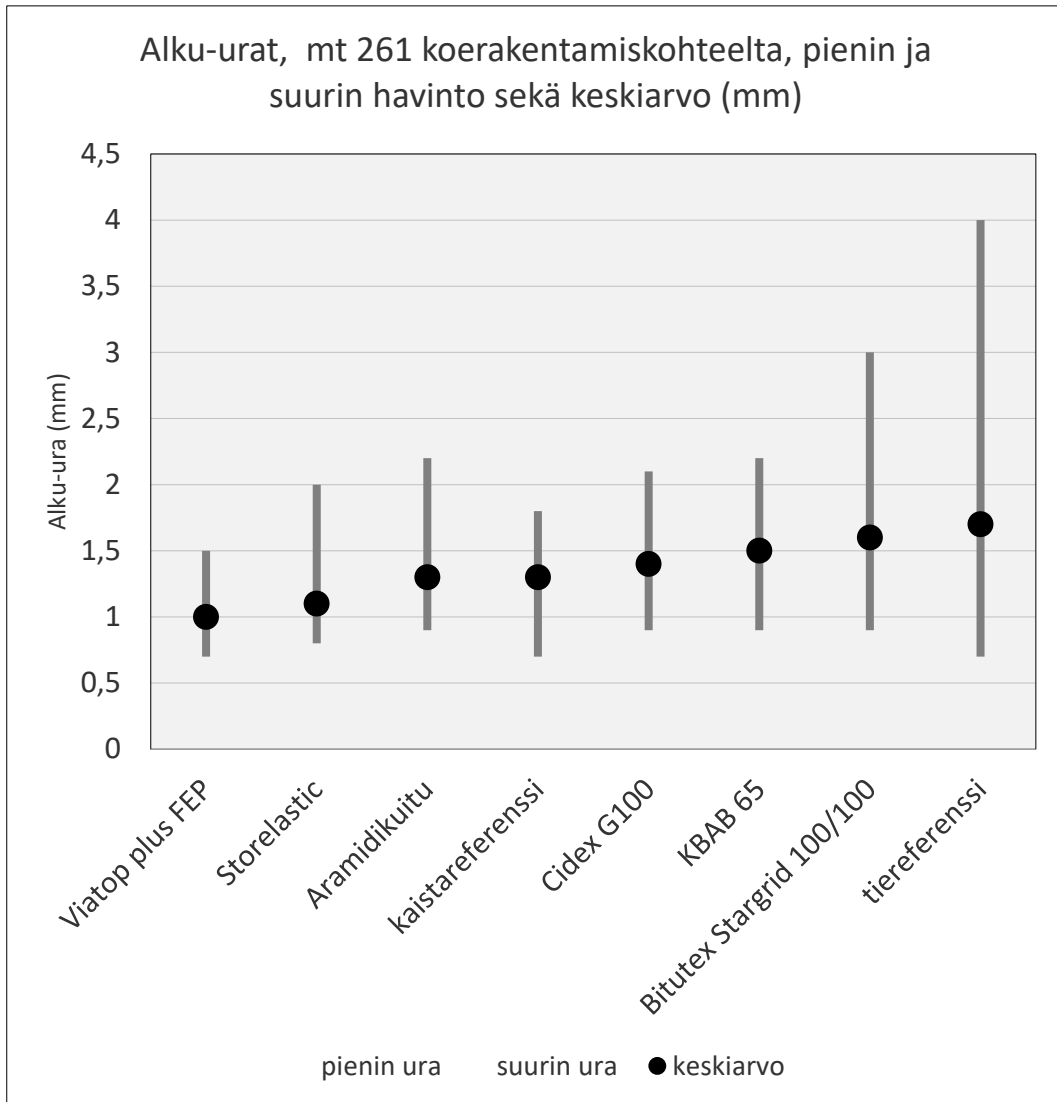
Taulukko 15. Päällystämisen sekä seurantajakson aikaiset havainnot

| Lisäaine/verkko | Osoiteväli       | Päällystämisen aikaiset havainnot                  | Seuranta 2017 | Seuranta 2018 | Seuranta 2019  |
|-----------------|------------------|--|---------------|---------------|--|
| VIATOP plus FEP | 261/6/0-1000     | Lajittumaa, tiivistäminen haasteellista            | Lajittumaa    | Lajittumaa    | Lajittumaa ja osa vanhoista halkeamista on heijastunut pintaan |
| Storelastic     | 261/6/1000-2004  | Lajittumaa, tiivistäminen haasteellista            | Lajittumaa    | Lajittumaa    | Lajittumaa ja osa vanhoista halkeamista on heijastunut pintaan |
| Kumibitumi      | 261/6/2004-7/80  | Päällystäminen onnistui tavanomaisen massan tavoin | ok            | ok            | osa vanhoista halkeamista on heijastunut pintaan               |
| Bitutex 100/100 | 261/7/1510-2510  | Lasikuituverkkojen asennus haasteellista           | ok            | ok            | vain pieniä halkeamaheijastumia                                |
| Cidex G 100     | 261/7/2510-3510  | Lasikuituverkkojen asennus haasteellista           | ok            | ok            | vain pieniä halkeamaheijastumia                                |
| Referenssi      | 261/7/3510-8/835 | Tavanomainen massa                                 |               |               | osa vanhoista halkeamista on heijastunut pintaan               |

| Lisäaine/verkko | Osoiteväli      | Päällystämisen aikaiset havainnot                  | Seuranta 2017 | Seuranta 2018 | Seuranta 2019                                    |
|-----------------|-----------------|--|---------------|---------------|--|
| Aramidikuitu    | 261/8/835-1346  | Päällystäminen onnistui tavanomaisen massan tavoin | halkeamia     |               | osa vanhoista halkeamista on heijastunut pintaan |
| Referenssi      | 261/8/1346-3000 | Tavanomainen massa                                 |               |               | osa vanhoista halkeamista on heijastunut pintaan |

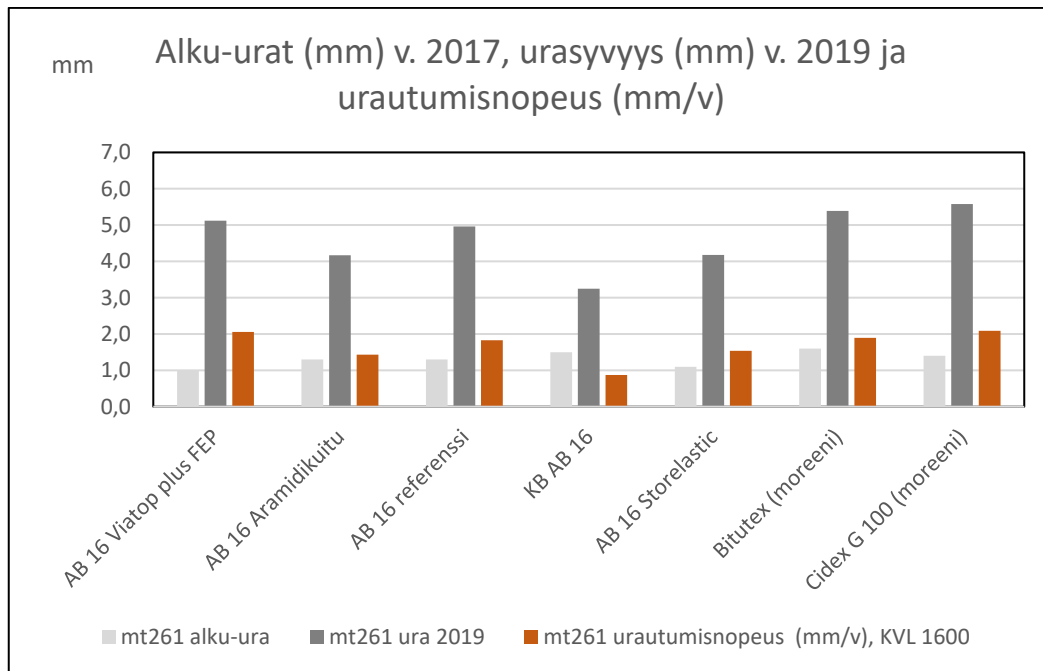
#### 5.4.2 Uramittausten tulokset

Alku-urat mitattiin viikon kuluttua päällystyön päättymisestä. Tyypillinen alku-urautuminen on alle 2 mm. Tällä kohteella alku-urautuminen vaihteli 1,0 ja 1,7 mm:n välillä. Referenssiosuuden (tiereferenssi) alku-urautumisen vaihteluväli oli suurin 0,7–4,0 mm. Tierreferenssiosuus oli selvästi muita pidempi, joten suurempi hajonta selittynee suuremmalla määrällä havaintoja.



Kuva 37. Mt 261 Kilvakkala-VAR ELY:n raja koerakentamiskohteen alku-urat ja kunkin osuuden pienin ja suurin alku-uran havainto.

Kohteelta mitattiin urat PTM-mittauksella huhtikuussa 2019 ja urautuminen analysoitiin 10 m:n uradastasta koeosuuksittain. Kuvassa 38 on esitetty koerakentamiskohteen alku-urat, urautuminen vuonna 2019 ja urautumisnopeus. Urautumisnopeus on laskettu vähentämällä vuoden 2019 uratuloksista alkuurien syvyys ja näin saatu erotus on jaettu päällysteen iällä (vuosina) eli tässä tapauksessa kahdella.



Kuva 38. Mt 261 Kilvakkala-VAR ELY:n raja koerakentamiskohteen alku-urat, urasyvyys vuonna 2019 sekä urautumisnopeus 2017-2019.

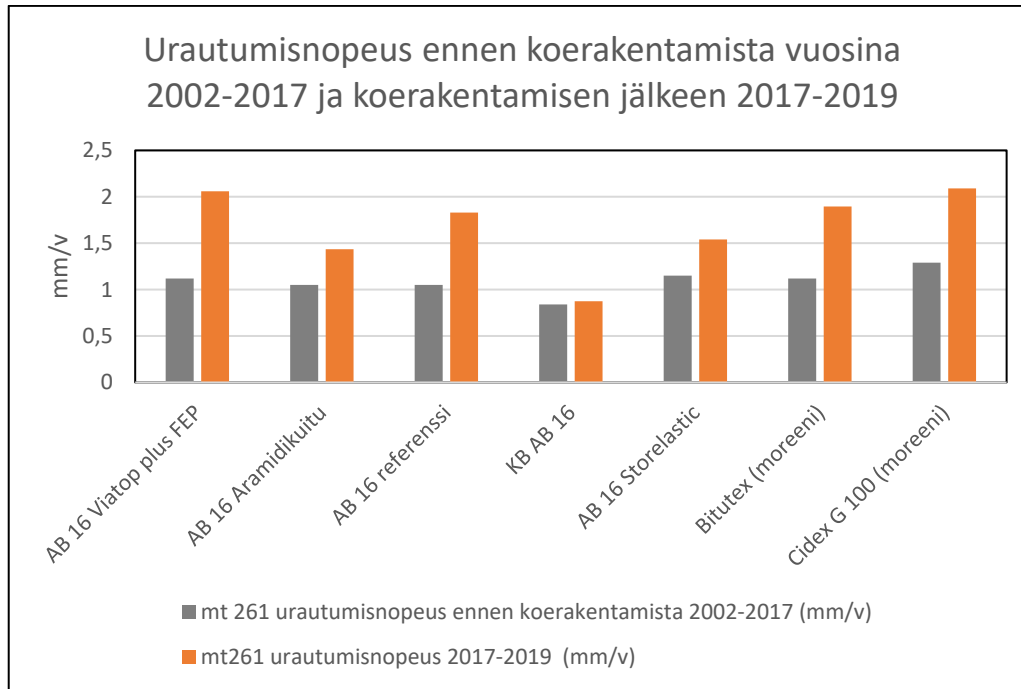
Lisäaineista aramidikuitu sekä Storelastic ovat urautuneet hiukan vähemmän kuin referenssiosuus. Myös kumibitumia sisältänyt koeosuus on urautunut referenssiä vähemmän. VIATOP plus FEP on urautunut referenssiosuuden tavoin, toisin sanoen se ei ole hidastanut eikä nopeuttaneet urautumista.

Lasikuituverkko-osuuksilla urautumisnopeus on ollut lähes 2 mm/v. Lasikuituverkko ei ole hidastanut päällysteen urautumisnopeutta.

Tien urautumista ennen ja jälkeen koerakentamisen on analysoitu seuraavasti. Edellisen toimenpide tielle oli tehty vuonna 2002. Alku-urautumisen oletetaan olleen kaikilla osuuksilla 2 mm ja kyseinen alku-ura vähennettiin vuonna 2017 (ennen koerakentamista) mitattujen maksimiurasyvyyksien arvoista. Näin saatu erotus jaettiin päällysteen iällä ja jokaiselle koeosuudelle laskettiin sille ominainen urakehitys 15 vuoden ajalta.

Koerakentamisen jälkeen urakehitys laskettiin vastaavalla tavalla mutta alku-urana käytettiin vuonna 2017 päällystämisen jälkeen mitattua alku-uran (todellista) arvoa.





Kuva 39. Urautumisnopeustarkastelu ennen ja jälkeen koerakentamisen.

Ennen koerakentamista kohteen urautuminen on ollut nopeaa. Mt 261 valikoitui koekohteeksi nimenomaan nopean urautumisen vuoksi. Urautuminen on mitaustulosten perusteella ollut keskimäärin noin 1-1,2 mm/vuosi.

Urautumisnopeus on ollut yllättäen ollut nopeampaa koerakentamisen jälkeen verrattuna aikaan ennen koerakentamista. Koeosuuksista ainoastaan kumibitumia sisältänyt KB 65 AB 16 -osuus näyttäisi tässä vaiheessa urautuvan samaa tahtia kuin vastaava jakso ennen koerakentamista eli alle 1 mm/v. Muiden osuuksien urautumisnopeus on suurempi kuin ennen koerakentamista mitattu urautumisnopeus. Noin 2 mm/v urautumisnopeus on suuri näin vähäliikenteiselle tielle ja se ennakoi normaalia lyhyempää kestoikää. On kuitenkin huomiotava, että urautumisnopeus ei välttämättä käyttyä täysin lineaarisesti, vaan urautumisnopeus yleensä hidastuu alun nopean kehityksen jälkeen.

## 5.5 Koerakentamisen tulokset

Lasikuituverkkojen käyttö päällysteen lujitteena näyttää vastoin odotuksia lisäävän hiukan urautumisnopeutta. Jos lasikuituverkot toimisivat niin kuin niiden oletetaan toimivan, ne nimenomaan hidastaisivat tien rakenteen ja pohjamaan painumista aiheutuvaa urautumista. Syytä siihen, miksi lasikuituverkkokohteella urautumisnopeus kasvoi, ei vielä tiedetä. Kohteita tulee seurata vielä pidempään, jotta saadaan selville, lujittavatko lasikuituverkot päällysteitä pitkällä aikavälillä.

Lasikuituverkkokohteilla oli vähemmän heijastushalkeamia kuin koetien muilla kohteilla. Tulos on alustava ja päällysteen kunnon kehitystä tulee seurata jatkossakin nimenomaan heijastushalkeamien syntymisen osalta. Tällä koerakentamiskohteella verkkojen asentamisessa onnistuttiin selvästi paremmin kuin

vuoden 2016 koekohteella Kt 68:lla, jossa verkkojen asentamisen kanssa oli suuria ongelmia.

Tutkitut lisäaineet eivät oleellisesti hidastaneet koeosuuksien urautumista tai vaikuttaneet niiden kykyyn estää täysin heijastushalkeamien syntyä. Kumibitumia sisältänyt osuus oli seurantajakson aikana sekä pintakunniltaan paras että vähiten urautunut.

## 6 Yhteenveto

### 6.1 Koekohteet ja -materiaalit

Oheiseen taulukkoon on koottu kaikki koerakentamiskohteiden lisäaineet, sideaineet ja lujitteet teittäin.

Taulukko 16. Yhteenveto eri vuosina koerakentamisessa käytetyistä lisäaineista ja lasikuituverkoista.

| Koetie                   | Mt 2773<br>(2015) | KT 68<br>(2016) | Mt 261<br>(2017) |
|--------------------------|-------------------|-----------------|------------------|
| VIATOP plus FEP          | x                 | x               | x                |
| Storelastic              |                   |                 | x                |
| Rubbertec                |                   | x               |                  |
| Aramidikuitu             | x                 | x               | x                |
| Kraton (B 100/150)       |                   | x               |                  |
| KBAB 65                  | x                 |                 | x                |
| REF AB 16 (B70/100)      | x                 | x               | x                |
| PAB-B (B 650/900)        | x                 |                 |                  |
| Cidex G 100              |                   | x               | x                |
| Cidex SB 100             |                   |                 |                  |
| Bitutex stargrid 100/100 |                   | x               | x                |

### 6.2 Laboratoriotutkimusten tulokset

Taulukko 17. Jäykkyyshmoduulien vertailu eri vuoden koerakentamiskohteilla.

| koetie             | Mt 2773                |               | Mt 261                 |               |
|--------------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
|                    | Jäykkyyshmoduuli (MPa) | tyhjätila (%) | Jäykkyyshmoduuli (MPa) | tyhjätila (%) |
| VIATOP plus FEP    | 3738                   | 2,9           | 3215                   | 4,0           |
| Storelastic        |                        |               | 3058                   | 3,4           |
| Aramidikuitu       | 3269                   | 3,7           | 4559                   | 1,8           |
| KBAB 16 (KB 65-75) | 1757                   | 3,7           | 3147                   | 3,3           |
| AB 16              | 3012                   | 4,2           | 4287                   | 4,0           |

Jäykkyyshmoduulit vaihtelivat koerakentamiskohteilla 1757-4559 MPa. Jäykkyyshmoduuliin vaikuttaa koekappaleen tyhjätila. Polymeerimodifioitu KB 65-75 sideaine vaikutti kahdella kohteella jäykkyyshmoduuliin sitä alentavasti. Myös Storelastic-lisäaine vaikuttaa jäykkyyshmoduuliin tämän aineiston perusteella.

Koerakentamiskohteilla päällystenäytteistä tutkitut halkaisuvetolujuudet vaihtelivat 927 ja 2002 kPa:n välillä. Vaihteluväli oli suuri. Halkaisuvetolujuuden suuruus ei selittänyt koerakenteiden vaurioitumista tai urautumista.

Lisäaineet, joita käytettiin kaikilla kohteilla, olivat aramidikuitu ja VIATOP plus FEP. Verrattaessa näiden lisäaineiden vaikutuksia mekaanisiin ominaisuuksiin havaitaan, että tulokset vaihtelevat teittäin. Kt 68 koerakentamiskohteessa VIATOP plus FEP lisäsi päällysteen halkaisuvelolujuutta, kun taas kahdella muulla kohteella näin ei tapahtunut. Eri koerakentamiskohteiden laboratoriokokeiden tulokset ovat ristiriitaisia ja on selvästi havaittavissa, että mekaanisiin ominaisuuksiin vaikuttavat monet tekijät.

Vaikka kumibitumin käyttö sideaineena näyttäisi vaikuttavan päällysteen jäykkyyteen sitä alentavasti, ilmiön merkitystä pitkäaikaiskestävyyteen ei vielä tiedetä.

Kt 68 koetien Rubbertec-koeosuuden koekappaleista mitattu vedenkestävyys oli aineiston heikoin. Tämä johtunee koekappaleiden suuresta tyhjätilasta.

Taulukko 18. Koerakentamiskohteiden laboratoriokokeiden tuloksia.

| Koetie                                  | Mt 2773 |        |           |                    | Mt 68     |           |            |                    | Mt 261 |        |           |                    |
|---|---------|--------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|--------------------|--------|--------|-----------|--------------------|
|   | sa (%)  | tt (%) | HVL (kPa) | vedenkestävyys (%) | sa (%)    | tt (%)    | HVL (kPa)  | vedenkestävyys (%) | sa (%) | tt (%) | HVL (kPa) | vedenkestävyys (%) |
| Lisäaine ja sen määrä asfalttimestä (%) |         |        |           |                    |           |           |            |                    |        |        |           |                    |
| AB 16 ref                               | 5,2-5,7 | 3,4    | 1505      | 88                 | 5,4       | 4,8       | 1878       | 99                 | 5,4    | 4,0    | 1848      | 94                 |
| VIATOP plus FEP (0,675 %)               | 5,3-5,4 | 3,5    | 1415      | 102                | 5,6       | 3,5       | 2002       | 99                 | 5,6    | 4,0    | 1371      | 96                 |
| Storelastic (0,575 %) tai Rubbertec     |         |        |           |                    | 5,0       | 5,0       | 1696       | 77                 | 5,6    | 3,4    | 1440      | 91                 |
| Kumibitumi KB 65 tai SBS Kraton         | 5,3-5,4 | 3,7    | 927       | 117                | 5,1 (SBS) | 5,0 (SBS) | 1707 (SBS) | 99 (SBS)           | 5,4    | 3,3    | 1331      | 99                 |
| Aramidikuitu (0,05 %)                   | 5,3-5,7 | 3,2    | 1439      | 106                | 5,7       | 4,9       | 1831       | 93                 | 5,5    | 1,8    | 1630      | 100                |

Useammalla koerakentamisosuudella havaittiin, että lisäaine ei välttämättä paranna tiiveyttä, helpota tiivistämistä tai pienennä tyhjätilaa verrattuna referenssipäällysteeseen. Työntekijöiden haastatteluista (Mt 261) selvisi, että muun muassa VIATOP plus FEP -lisäainetta sisältävä massa oli kuivan oloinen, jolloin tiivistäminen oli hankalaa. Tämä saattaa selittyä lisäaineen selluloosakuidulla, joka sitoo bitumia niin, että massa vaikuttaa "kuivemmalta".

Lisäaineita käytettäessä massa tulisi suhteittaa erityisen huolella. Sideainepitoisuutta suunniteltaessa on huomioitava, että esimerkiksi kumia tai kuituja sisältävät tuotteet lisäävät yleensä sideaineen tarvetta tavanomaiseen päällysteeseen verrattuna. Massat täytyy suhteittaa siten, että lisäaineiden mahdolliset hyödyt saadaan esille. Jos lisäaine kasvattaa massan hienoainepitoisuutta, tulee sideainepitoisuutta nostaa tai kiviaineksen hienoainepitoisuutta pienentää. Lisäaineiden käyttö edellyttää huolellista suhteittamista, jotta lisäaineiden mahdolliset massaa parantavat ominaisuudet saadaan esille.

Nyt tehdyissä koetiehankeissa pyrittiin pitämään sideainepitoisuus mahdollisimman samanlaisena kaikilla osuuksilla, jotta osuuksien ominaisuuksia olisi helpompi verrata keskenään. Jatkossa koetiehankeita suunniteltaessa lisäaineosuudet tulisi suhteittaa siten, että jokainen lisäaineita sisältävä massa suhteitetaan erikseen ja massat valmistetaan juuri kyseisen lisäaineen optimis-

ideainepitoisuudessa. Tämä edellyttää myös materiaalien toimittajilta lisää selvityksiä ja tutkimuksia suositeltavien sideainepitoisuuksien suhteen. Mikäli lisäaineita sisältävät massat ovat esimerkiksi liian kuivia, lisäaineiden vaikutukset eivät pääse esille, vaan pahimmassa tapauksessa päällysteet vaurioituvat referenssipäällystettä nopeammin. Tästä syystä vertailua ei kannata tehdä siten, että sideainepitoisuus päätetään pitää samalla tasolla kaikilla osuuksilla, vaan sideainepitoisuus tulee aina optimoida jokaiselle lisäaineelle erikseen.

Mikäli massan suhteituksessa epäonnistutaan, massa ei tiivisty riittävän tiiviiksi tai sideainetta on liian vähän, ei lisäaineen käytöllä voida kompensoida suhteituksissa syntyneitä puutteita. Oleellista on suhteituksen onnistuminen siten, että massa tiivistyy hyvin ja päällysteen tyhjätila on riittävän pieni. Lisäksi bitumin ja kiviaineksen välisen tartunnan tulee olla hyvä.

## 6.3 Koerakenteiden seuranta

### 6.3.1.1 Lasikuituverkot

Lasikuituverkkoja käytettiin yhteensä yhdeksällä eri koeosuudella, joista nyt on pisimmillään kolmen vuoden kokemukset.

*Taulukko 19. Lasikuituverkkoja sisältäneiden koekohteiden kuntoinventoinnin yhteenveto 2017-2019.*

|                          | 2017                              | 2018                              | 2019                              |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Kt 68<br>(asennus 2016)  | asennuksessa syntyneitä halkeamia | asennuksessa syntyneitä halkeamia | asennuksessa syntyneitä halkeamia |
| Mt 261<br>(asennus 2017) |                                   | ehjä pinta                        | pieniä heijastushalkeamia         |

Lasikuituverkkojen asennus onnistui selvästi paremmin mt 261 Kilvakkala – VAR ELYn raja koerakentamiskohteessa verrattuna Kt 68 Lappfors-Esse-kohteeseen. Tähän mennessä saatujen kaikkien kokemusten perusteella voidaan todeta, että:

- Lasikuituverkon asentaminen ei välttämättä vähennä heikon alustan aiheuttamaa päällysteen urautumista.
- Oikein asennettu lasikuituverkko hidastaa alustan halkeamien heijastumista päällysteen pintaan.

On kuitenkin huomioitava, että:

- Lasikuituverkkojen asentaminen vaatii osaamista ja kokemusta.
- Lasikuituverkkojen liimaamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota ja varmistaa, että bitumiemulsio varmasti murtuu ennen päällystämistä.
- Lasikuituverkkojen päälle tulee asentaa suojamassa ennen varsinaisen kulutuskerroksen asentamista.

### 6.3.1.2 Lisäaineet

Lisäaineiden vaikutuksesta asfalttimassan työstettävyyteen ja tiivistettävyyteen tehtiin seuraavia työnaikaisia havaintoja:

- VIATOP plus FEP -lisäaine kuivattaa massaa, sillä se sisältää selluloosakuitua, joka sitoo bitumia. Työntekijät luonnehtivat massaa PAB-massan kaltaiseksi, jonka jälkijyräys täytyy tehdä tavanomaista viileämpänä.
- Aramidikuitu ei muuttanut massan työstettävyyttä tai tiivistettävyysominaisuuksia vertailumassaan verrattuna.
- Rubbertec-sideaineeseen sekoitettuna paransi tiivistettävyyttä vertailumassaan verrattuna. Massassa oli kumille ominainen haju.
- Jauheena massaan sekoitettu Storelastic vaikutti massan työstettävyyteen ja tiivistettävyyteen. Massaa oli hankala tiivistää, sillä se pakeni tiivistettäessä valssin alta ja lisäksi massa tarttui kiinni jyrän valssiin.
- SBS polymeeri Kraton ja kumibitumi KB 65-75 paransivat massan työstettävyyttä ja tiivistettävyyttä.

Lisäaineiden vaikutusta seurattiin inventoimalla pintakuntoa vuosittain. Ohessa yhteenveto lisäaineittain pintakunnon kehityksestä. Lisäaineiden käytön vaikutuksista on enimmillään neljän vuoden kokemukset. Mikään käytetyistä lisäaineista ei osoittautunut toistaan tai vertailumassaa paremmaksi, kun huomioidaan vaikutus pintakuntoon sekä urautumiseen. Ohessa yhteenvedot vuosittaisista havainnoista.

Taulukko 20. VIATOP plus FEP.

|         | 2016       | 2017       | 2018                       | 2019                       |
|---------|------------|------------|----------------------------|----------------------------|
| Mt 2773 | lajittumaa | lajittumaa | lajittumaa ja purkaumaa    | paikkauksia                |
| Kt 68   | hyvä pinta | hyvä pinta | hyvä pinta                 | hyvä pinta                 |
| Mt 261  | lajittumaa | lajittumaa | pieniä heijastus-halkeamia | pieniä heijastus-halkeamia |

Taulukko 21. Aramidikuitu.

|         | 2016       | 2017       | 2018                | 2019                           |
|---------|------------|------------|---------------------|--------------------------------|
| Mt 2773 | hyvä pinta | hyvä pinta | uria ja purkaumaa   | uria ja purkaumaa, paikkauksia |
| Kt 68   |            | hyvä pinta | hyvä pinta          | hyvä pinta                     |
| Mt 261  |            |            | heijastus-halkeamia | heijastus-halkeamia            |

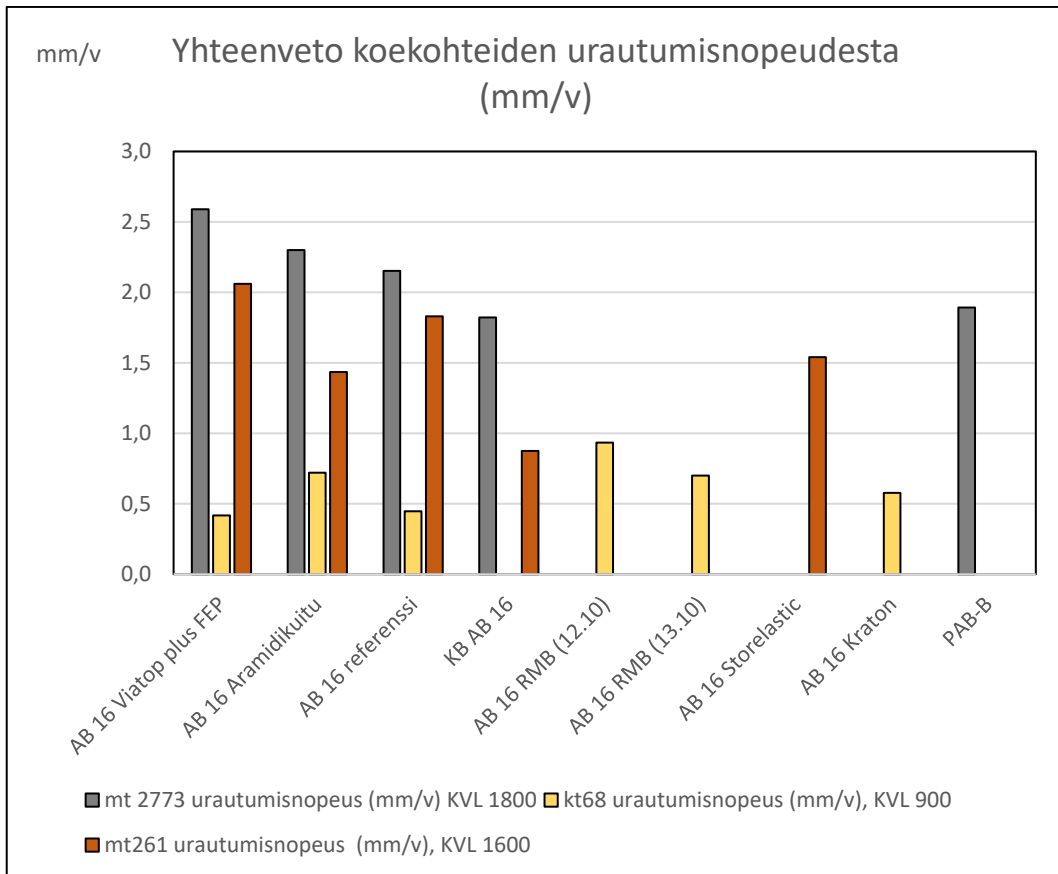
Taulukko 22. Kumituotteet Storelastic ja Rubbertec.

|        | 2017       | 2018                              | 2019                             |
|--------|------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Kt 68  | lajittumaa | lajittumaa                        | lajittumaa                       |
| Mt 261 |            | lajittumia ja heijastus-halkeamia | lajittumia ja heijastushalkeamia |

Taulukko 23. Kumibitumi KB 65..75

|         | 2016       | 2017       | 2018                       | 2019                       |
|---------|------------|------------|----------------------------|----------------------------|
| Mt 2773 | hyvä pinta | hyvä pinta | hyvä pinta                 | urautunut                  |
| Mt 261  |            |            | pieniä heijastus-halkeamia | pieniä heijastus-halkeamia |

### 6.3.2 Koerakentamiskohteiden uramittausten tulokset

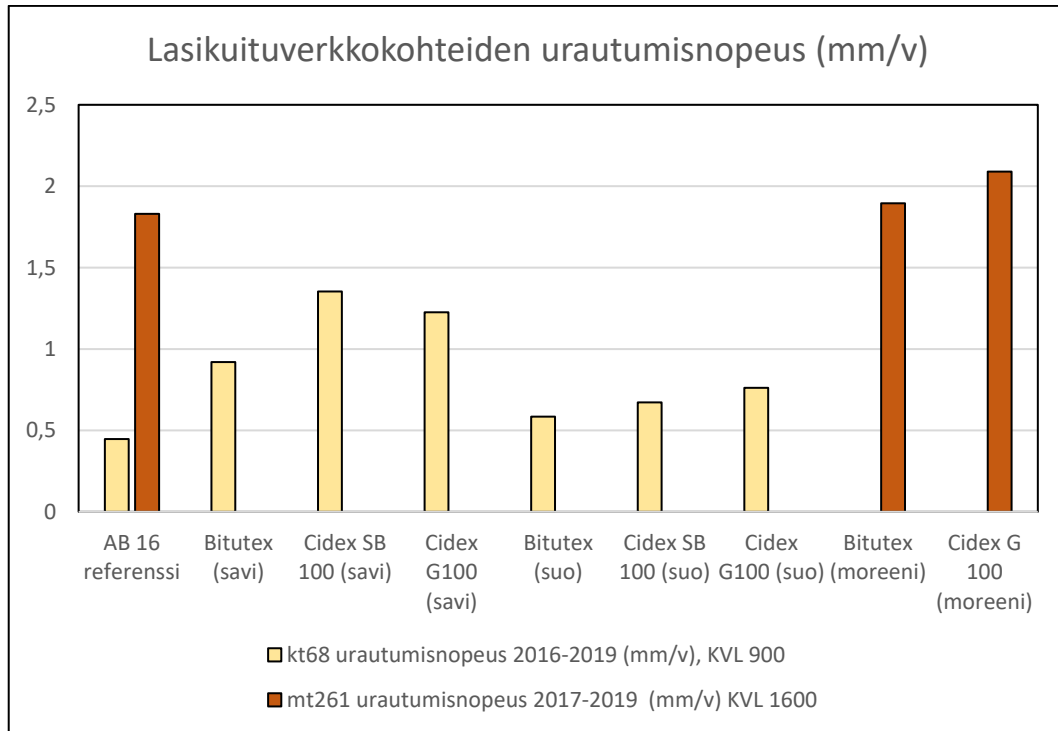


Kuva 40. Eri koerakentamiskohteiden urautumisnopeudet.

Urautumisnopeus vaihteli kohteiden kesken oletettua enemmän. Mt 2773 Ylöjärvi nopea urautuminen (1,6-2,6 mm/v) näyttäisi johtuvan enemmänkin uran pohjan purkaumasta kuin painumasta, deformaatiosta tai hiovasta nastarengaskulumasta. Liikennemäärä tällä kohteella on noin 1800 ajon/vrk.

Kt 68 Lappfors -Esse -kohteen urautumisnopeus parhaimmillaan alle 0,5 mm/vuosi ja tulosta voidaan pitää varsin hyvänä. Hyvään tulokseen saattaa vaikuttaa myös pieni liikennemäärä (900 ajon/vrk). Mt

Mt 261 Kilvakkala kohdetta on seurattu vasta kaksi vuotta. Liikennemäärä on 1600 ajon/vrk. Urautumisnopeus vaihtelee paljon 0,9-2,1 mm/v. Kumibitumi näyttäisi vaikuttavan urautumisnopeutta hidastavasti. Sama tulos havaitaan myös mt 2773 tuloksia tarkasteltaessa.



Kuva 41. Lasikuituverkkokohteiden urautumisnopeus.

Lasikuituverkkokohteiden päällysteen urautumisnopeus oli yllättäen suurempi moreenisella pohjamaalla (Mt 261) verrattuna pehmeikköön (Kt 68). Varmaa syytä tähän ei tiedetä, mutta syynä voi olla esimerkiksi deformoituvampi päällyste, suurempi liikennemäärä ja lyhyempi seuranta-aika. Urautuminen ei aina etene lineaarisesti, vaan urautuminen voi olla uudella päällysteellä nopeampaa ja tasoittua päällysteen vanhetessa.

## 6.4 Koerakentamiskohteiden tulosten yhteenveto

Lukuisista eri asennustavoista huolimatta lasikuituverkkojen asennukseen ei löydetty hyvää asennustapaa. Jokaisella koeosuudella ongelmaksi muodostui verkon liimaus alustaansa. Liimatun verkon päällä joudutaan liikkumaan massa-autoilla, jolloin verkko irtoaa alustastaan eikä se enää asetu tasaisesti alustaansa kerran siitä irrottuaan. Lisäksi mahdollinen kuitukangas irtoaa helposti verkosta. Liian suuri liimamäärä, kylmä ja kostea sää sekä se, ettei malteta odottaa bitumiemulsion murtumista, aiheuttavat ongelmia. Pituussuunnassa verkkoja limitettäessä verkot liikkuvat toisiinsa nähden ja valmiiseen pintaan syntyy tiivistyksen aikana halkeamia.

Työn yhteydessä kokeiltiin myös verkkojen liimaamista alustaansa useita tunteja ennen päällystystä, jolloin bitumiemulsio oli varmasti murtunut. Päällystys sujui helpommin, mutta tällöinkin verkko saattoi paikoitellen irrota alustasta massa-autojen ajaessa verkon päällä. Kumibitumiemulsio levitettiin SIP-laitteistolla ja liiman levittäminen oli tällöin tasaisempaa ja tarkempaa.



Parhaiten lasikuituverkkojen asennus onnistui koerakentamiskohteella Mt 261 Kilvakkala – VAR ELY:n raja osuudella, jossa käytettiin ohutta kerrosta suojamassaa lasikuituverkon peittämiseen ennen varsinaisen kulutuskerroksen levittämistä. Suojamassaksi soveltuisi paremmin AB 11 -massa, jolloin kerroksen paksuutta saataisiin edelleen pienennettyä. Suojamassan tarkoitus on estää verkon asennuksessa syntyneiden poimujen ulottuminen pintaan saakka.

Lasikuituverkkojen käytön hyödyistä maanteiden kaistoilla ei ole toistaiseksi riittävästi näyttöjä. Mt 261 Kilvakkala – VAR ELY:n raja -koekohdetta edelleen seuraamalla saadaan selville verkon kyky estää halkeamien syntyä. Verkkoja on asennettu tällä kohteelle yhteensä kolmen kaistakilometrin matkalle ja niiden hyödyllisyys tulee ilmi tulevaisuudessa. Urautumista lasikuituverkot eivät näytä hidastavan ainakaan käytön alkuvaiheessa ja väärin asennettuna lasikuituverkot lyhentävät päällysteen kestoikää.

Tutkitut lisäaineet aramidikuitu, VIATOP plus FEP, Rubbertec ja Strorelastic eivät parantaneet oleellisesti koerakentamiskohteiden pintakuntoa tai hidastaneet urautumista. Koetierakentamiskohteissa ei löydetty sellaista lujitetta tai lisäainetta, joka lujittaisi päällystettä siten, että heikosta rakenteesta tai pohjamaasta johtuva urautuminen hidastuisi. Kyseiset lisäaineet eivät myöskään täysin estäneet rakenteen vanhojen halkeamien heijastumista uuteen pintaan.

## 7 Päätelmät ja jatkotutkimustarve

Koerakentamisen ja koerakenteiden seurantajakson aikana tehtiin lukuisia havaintoja lisäaineiden ja lasikuituverkkojen käytettävyydestä ja hyödyllisyydestä. Lasikuituverkkojen huolellinen asennus maanteiden kaistoille on nykytekniikoilla vaikeaa. Tulosten perusteella ei ole suositeltavaa käyttää lasikuituverkkoja asfaltinlujitukseen maanteilla, ellei käytölle ole erityisiä perusteita. Mikäli verkkoja halutaan käyttää lujitteena, tulee asennus tehdä kahdessa vaiheessa siten, että verkon päälle asennetaan ensin suojamassa ja vasta sen päälle varsinainen kulutuskerros.

Koerakentamiskohteita seuraamalla saadaan tulevaisuudessa lisää arvokasta tietoa muun muassa lasikuituverkkojen hyödyllisyydestä. Lasikuituverkkokohteista tulisi ottaa näytteitä ja selvittää, ovatko verkot näillä osuuksilla kiinni alustassaan.

Koerakentamiskohteiden avulla on tunnistettu ympäristöjä, joissa tien urautuminen on nopeaa ja joissa mahdollisten uusien lisäaineiden vaikutus saadaan nopeasti selvitettyä.

Nyt tutkittujen lisäaineiden vaikutus asfalttimassan mekaanisiin ominaisuuksiin oli varsin pieni. Päällysteiden tyhjätila oli merkittävin mekaanisiin ominaisuuksiin vaikuttava tekijä.

Jotta päällyste kestäisi pehmeällä ja nopeasti urautuvalla pohjamaalla, tulisi päällysteiden olla sitkeää ja muodonmuutosten tulisi palautua ennalleen kuormituksen jälkeen. Päällyste ei myöskään saisi nopeasti väsyä toistuvien kuormitusten alaisena.

Päällysteiden lisäaineiden käytön edellytys on, että ne ovat kierrätettäviä ja että päällysteet voidaan tarvittaessa uudelleenpäällystä myös sellaisilla menetelmillä, joissa päällyste kuumennetaan ja/tai jyrsitään kuten remix- tai massapinta kuumennusjyrshintämenetelmissä. Lisäaineiden ympäristökelpoisuus on lisäksi huomioitava valittaessa lisäaineita tutkimuksiin.

Nykyiset käytössä olevat testit tai tutkimusmenetelmät eivät välttämättä sovellu niiden ominaisuuksien testaamiseen, joita lisäaineiden oletetaan päällysteessä parantavan. Jäykkyysmoduulin osalta on vielä epäselvää, mikä olisi hyvä jäykkyysmoduulin tavoitearvo pehmeän pohjamaan tai heikosti kantavan tierakenteen päällysteelle. Epäselvää on myös, kuinka lisäaineen vaikutusta sideaineen ja kiviaineksen väliseen tartuntaan tulisi tutkia. Nykyinen vedenkestävyyskoe ei kuvaa riittävän hyvin sideaineen ja kiviaineksen välisen tartunnan kehittymistä päällysteiden vanhetessa. Pitkäaikainen vedenkestävyyskoe, jossa simuloitaisiin päällysteiden kosteustilan, lämpötilan ja liukkaudentorjuntaan käytettävien kemikaalien vaikutusta sideaineen ja kiviaineksen väliseen tartuntaan, olisi hyödyllinen lisäaineiden vaikutuksia arvioitaessa.

Erityisen hyödyllistä olisi tutkia eri ikäisiä esim. 5, 10 ja yli 20 vuotta vanhoja hyväkuntoisia päällysteitä, jotta saataisiin selville ne mekaaniset ominaisuudet, joita eri ikäisillä hyväkuntoisilla päällysteillä on. Näin voitaisiin asettaa tarkemmin vaatimuksia ja ymmärtää mekaanisten ominaisuuksien muuttuminen päällysteiden vanhetessa. Sideaineen vanheneminen muuttaa luonnollisesti päällysteiden

---

ominaisuuksia. On vielä epäselvää, kuinka paljon sideaineen ja päällysteen vanhenemisen muutokset vaikuttavat päällysteen veden- tai pakkasenkestävyyteen eikä tiedetä, saadaanko vanhenemista hidastettua uusilla materiaaleilla tai työmenetelmillä.

## Lähteet

Asfalttinormit 2017. Päällystealan neuvottelukunta PANK ry. 122 s.

Finnpool Cidex G100 tekniset tiedot käänös.

Finnpool Cidex SB 100 tekniset tiedot käänös.

Rossi Jonna. Diplomityö. [Modifioitujen bitumipäällysteiden soveltuvuus vähäliikenteisille teille](#). 2016.

Synteent&Lückenhaus, Textile Technology GmbH, Bitutex Stargrid tekniset tiedot. Technical Textile Performance.





Väylävirasto  
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745  
ISBN 978-952-317-831-1  
[www.vayla.fi](http://www.vayla.fi)