



Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisu
52/2021

Soratien pintakelirikon vähentäminen modifioidun kuitulietteen avulla



Oiva Huuskonen, Olli Mäentausta

Soratien pintakelirikon vähentäminen modifioidun kuitulietteen avulla

Väyläviraston julkaisuja 52/2021

Kannen kuva: Juha Pesonen, Destia Oy

Verkkójulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-317-891-5

Väylävirasto
PL 33
00521 HELSINKI
puh. 0295 343 000

Oiva Huuskonen, Olli Mäentausta: Soratien pintakelirikon vähentäminen modifioidun kuitulietteen avulla. Väylävirasto Helsinki 2021. Väyläviraston julkaisuja 52/2021. 23 sivua. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-891-5.

Avainsanat: soratiet, modifioitu kuituliete

Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoite oli selvittää tiekokein modifioidun kuitulietteen tehokkuus sorateiden pintakelirikon vähentämisessä. Kuitulietteen käytön tavoitteena on

- vähentää tien liikennöitävyyttä haittaavaa pintakelirikkoa hyödyntäen paikalta saatavaa kiviaineista ja säästää siten kiviainevaroja
- edistää teollisuuden sivutuotteiden käyttöä, ekologisella ratkaisulla tuetaan EU:n ja Suomen nykyistä jätestrategiaa ja kiertotalousajattelua
- vähentää kiviaineksen kuljetuksissa muodostuvia CO₂-päästöjä.

Tutkimukseen liittyvät tiekoheet tehtiin vuosina 2019–2021 Polvijärven kunnassa tiellä 15795. Mfibrilisin kehittämän modifioidun kuitulietteen käytön tavoite on muodostaa soratien kulutuskerroksen hienoaineksesta suurempia partikkeleja, jotka siten parantavat alkuperäisen kiviaineksen lujuusominaisuuksia ja vähentävät sen kosteustilaherkkyttä.

Tiekoekoiden tulosten perusteella modifioidun kuitulietteen avulla voidaan vähentää sorateiden pintakelirikkoa. Jatkotoimenpiteenä esitetään tiekoekoiden lisäämistä ja niistä saatavien kokemusten keräämistä menetelmän laajempaa tuotantokäyttöä varten.

Oiva Huuskonen, Olli Mäentausta: Användning av modifierat fiberslam för att minska menföre på grusvägar. Trafikledsverket. Helsingfors 2021. Trafikledsverkets publikationer 52/2021. 23 sidor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-891-5.

Sammanfattning

Denna studie syftar till att bestämma effektiviteten av modifierat fiberslam för att minska menförestiden (= tjäle och ytuppmjukning) på grusvägar.

Syftet med användningen av modifierat fiberslam är:

- Minska olägenheter för trafik på grusvägar som orsakas av menföre
- Använda sten som finns på plats och därmed spara krossat grus av berg- eller naturmaterial
- Minska koldioxidutsläpp från krossgrus transporter
- Den ekologiska lösningen främjar användningen av industriella biprodukter och stöder EU:s och Finlands nuvarande avfallsstrategi och cirkulära ekonomi.

Denna rapport behandlar användningen av bioteknologiskt modifierat fiberslam på grusvägar. Studien genomfördes i Polvijärvi kommun mellan 2019–2021 på väg nr 15795. Målet med att använda modifierat fiberslam är att göra fina stenpartiklar till större form. De större partiklarna förbättrar det ursprungliga hållfasthets-egenskaper av krossat grus och minskar dess känslighet för fukttillstånd. Modifierat fiberslam produceras från nollfiber genom enzymatisk behandling.

Baserat på resultaten av undersökningar kan ett modifierat fiberslam användas för att minska menföre (tjäle och ytuppmjukning) på grusvägar. Som en uppföljning rekommenderas förlängning av väg prov för produktionsanvändning.

Oiva Huuskonen, Olli Mäentausta: Using modified fiber sludge to reduce spring thaw damages in gravel roads. Finnish Transport Infrastructure Agency Helsinki 2021. Publications of the FTIA 52/2021. 23 pages. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-891-5.

Abstract

This study aims at determining the effectiveness of modified fiber sludge in reducing spring thaw damages in gravel roads.

The objectives of the use of modified fiber sludge are:

- Reducing inconvenience to traffic in gravel roads caused by spring thaw
- Using stone aggregates found on-site and thus saving stone aggregate resources
- Reducing CO₂ emissions resulting from aggregate transportation
- Promoting the use of industrial by-products, the ecological solution supports the current waste strategy and circular economy of the EU and Finland.

This report deals with the use of biotechnologically modified fiber sludge in gravel roads. The study was carried out in the municipality of Polvijärvi between 2019–2021 on the road no. 15795. The goal of using modified fiber sludge is to turn fine stone particles into larger form. The larger particles improve the strength properties of the original aggregate and reduce its moisture state sensitivity. Modified fiber sludge is produced from zero fiber by enzymatic treatment.

Based on the results of road tests, a modified fiber sludge can be used to reduce spring thaw damages in gravel roads. As a follow-up, the extension of road tests is recommended for production use.

Esipuhe

Pääosa Suomen tieverkosta on sorateitä. Kuljetusten toimivuuden kannalta tieverkkoa tulee tarkastella kokonaisuutena. Erityisesti maa- ja metsätalouden kuljetusten kannalta merkityksellistä on, että väylät ovat käytettävissä ympärivuotisesti. Pintakelirikko kohdentuu usein runkokelirikkoa pidemmille tiejaksoille. On selvä tarve kehittää sorateiden hoidon työmenetelmiä, joilla voidaan vähentää pintakelirikosta aiheutuvaa haittaa sorateiden liikennöitävyydelle.

Tutkimuksesta vastasivat Olli Mäentausta Mfibrils Oy:stä ja Oiva Huuskonen Destia Oy:stä. Työn tilasi Väylävirasto. Väyläviraston yhteyshenkilönä on toiminut Mika Terhelä.

Helsingissä lokakuussa 2021

Väylävirasto
Kunnossapito

Sisältö

1	TUTKIMUKSEN TAUSTA JA TAVOITTEET	8
2	PINTAKELIRIKKO	9
3	MODIFIOITU KUITULIETE.....	10
3.1	Modifioidun kuitulietteen valmistusprosessi.....	10
3.2	Modifioitu kuituliete pölynsidonnassa ja kantavuuden parantamisessa kaivosalueilla	11
4	TIEKOKEET.....	12
4.1	Koekohde	12
4.2	Tutkimussuunnitelma	12
	4.2.1 Tiekokeissa käytetty työmenetelmä.....	13
	4.2.2 Kantavuuden mittausmenetelmät	14
5	TUTKIMUSTULOKSET	16
5.1	Kulutuserrosmurske	16
	5.1.1 Soratien kulutuserroksen rakeisuus.....	16
	5.1.2 Kulutuserroksen humuspitoisuus	16
5.2	Pintakunnon arviointi.....	17
5.3	Pudotuspainolaitemittaukset.....	20
	5.3.1 Kantavuus.....	20
	5.3.2 Surface Curvature Index ja Base Curvature Index	22
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	23
6.1	Tulosten arviointi	23
6.2	Jatkosuositukset.....	23

1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Tutkimuksen tavoite oli selvittää tiekokein modifioidun kuitulietteen tehokkuus so-
rateiden pintakelirikon vähentämisessä. Kuitulietteen käytön tavoitteina on

- vähentää tien liikennöitävyyttä haittaavaa pintakelirikkoa
- hyödyntää paikalta saatavaa kiviaineista ja säästää kiviainevaroja
- edistää teollisuuden sivutuotteiden käyttöä; entsyymaattisella käsittelyllä nollakuidusta valmistettu ekologinen ratkaisu tukee EU:n ja Suomen nykyistä jätestrategiaa ja kiertotalousajattelua
- vähentää kiviaineksen kuljetuksissa muodostuvia CO₂-päästöjä

Tiekokeinien tavoitteena oli myös kehittää työmenetelmää laajempaa käyttöä var-
ten.

2 Pintakelirikko

Pintakelirikoksi määritellään Suomessa soratien pinnassa enintään 10 cm syvyydellä tapahtuva kelirikko. Pintakelirikkoa kestää normaalisti keväällä 1–2 viikkoa sään mukaan. Pintakelirikkoa voi esiintyä kevään sulamiskauden lisäksi myös poikkeuksellisen lauhoina talvina tai hyvin sateisina syksyinä. Yleistyneet lauhat talvet lisäävät osalta pintakelirikon ilmenemistä sorateilla.

Pintakelirikon ilmenemisen kannalta oleelliset ennustetut muutokset Suomen ilmastossa ovat talvikauden leudontuminen ja lumisateiden muuttuminen vesisateiksi. Maa pysyy sulana nykyistä pitempään, mikä edesauttaa pintakelirikon syntymistä. Jo nykyisellään Suomen lounaisrannikolla on lämpimien talvien aikaan jouduttu hoitamaan sorateita kesähoidon menetelmillä keskellä talvea. Vastaavien haasteiden odotetaan olevan edessä myös muualla Etelä-Suomessa. (Ruotoistenmäki et al. 2009)

Soratien kulutuskerroksessa ilmeneviin ongelmiin on harvoin vain yhtä syytä. Ongelmat ovat usein seurausta esimerkiksi mikroilmaston, kulutuskerrosmateriaalin ominaisuuksien ja kuivatuspuutteiden yhteisvaikutuksesta. Kulutuskerrosmateriaalin pintakelirikkoherkkyyteen vaikuttavat esimerkiksi kiviaineksen mineralogia sekä hienoaaines- ja kloridipitoisuus (Jaakko Nurmi, Pintakelirikkoisen tien kunnossapito 2019).

Kulutuskerroksen materiaaliominaisuuksilla on merkittävä vaikutus siihen, miten materiaali käyttäytyy vedellä kyllästettynä. Pintakelirikon kannalta ongelmalliseksi todettujen murskeiden yhteisiä ominaisuuksia ovat kiviaineksen heikko kulutuskestävyys ja kosteustilaherkkien mineraalien, kuten biotiittikiilteen suuri määrä.

Routineen maan sulaminen keväällä alentaa pohjamaan ja tierakenteen kantavuutta. Kun routalinssit alkavat sulaa, vapautuu niistä vettä. Jos sulamisen edessä routineesta maasta vapautuu enemmän vettä kuin siitä ehtii virrata pois, kasvaa maakerroksen vesipitoisuus niin suureksi, että se on paikallisesti veden ylikyllästämä. Liikennekuormituksen seurauksena kasvava huokosveden paine pienentää rakenteen kantavuutta.

3 Modifioitu kuituliete

Bioteknisesti modifioitu kuituliete valmistetaan entsyymaattisella käsittelyllä nollakuidusta. Nollakuitu on metsäteollisuuden prosesseissa syntynyttä hienojakoista puuainesta, nollakuitua syntyy Suomessa sellutehtaiden sivutuotteena 750 000 tn/v. Modifioidun kuitulietteen käytön tavoite on muodostaa soratien kulutuskerroksen hienoaineksesta suurempia partikkeleja, jotka siten parantavat alkuperäisen kiviaineksen lujuusominaisuuksia ja vähentävät sen kosteustilaherkkyyttä.

Soratien kiviaineksessa esiintyy yleisesti silikaattimineraaleja, kuten maasälpää ja kvartsia. Näissä silikaattiyhdisteissä on hydroksyyliiryhmiä, joiden kanssa bioteknisesti käsitellyn kuitulietteen vapaat hydroksyyliiryhmät muodostavat vety- ja muita kemiallisia sidoksia. Näin syntyy kiviaineen hienoaineksen ja sellukuitufraktioiden kesken verkosto, joka muodostaa suurempia partikkeliklustereita. Tässä tutkimuksessa modifioidulla kuitulietteilä tarkoitetaan Mfibrilisin kehittämää Dustbinder-kauppanimellä olevaa modifioitua kuitulieteliuosta.

Aiempien modifioidun kuitulietteen laboratorioskokeiden perusteella oli odotettavissa, että modifioinnin avulla voidaan parantaa kulutuskerrosmurskeen lujuusominaisuuksia ja vähentää soratien kulutuskerroksen kosteustilaherkkyyttä sora-teillä, joilla esiintyy usein pintakelirikkoa.

3.1 Modifioidun kuitulietteen valmistusprosessi

Modifioitu kuituliete on sellupohjainen biopolymeeri. Pääraaka-aineena ovat sellutehtaiden 0-sellukuitujakeet, joita muokataan bioteknisesti Mfibrils Oy:n kehittämän menetelmän mukaisesti. Biopolymeerin valmistusprosessi sisältää mm. kuitulietteen entsyymaattisen käsittelyn, jonka tarkoitus on avata nollakuidun sisältämiä selluloosakuitukimppuja rajoitetussa määrin elementaarikuiduiksi, sekä katkoa osin muodostuneita kuitujakeita. Kuitumassan hygienisoinnissa käytetään puu- ja selluteollisuudessa käytettävää prosessia.

Modifioitu kuitulietteen biotekninen käsittelyvaihe perustuu tiettyjen kaupallisten entsyymien seosten käyttöön. Entsyymiseoksen ansiosta kuitujen pintaan saadaan suuri sidonta pinta-ala, joka sisältää muun muassa vetysidoksia muodostavia hydroksyyliiryhmiä. Nämä hydroksyyliiryhmät sitovat puolestaan tehokkaasti pölynsidonnassa kiviaineksen silikaattiryhmiä. Kiviaineksen hienoaineksesta muodostuu modifioitu kuitulietteen kanssa vetysidoksin isompia partikkeleita, jotka eivät pölyä sitoutumattoman hienoaineksen tapaan.

Modifioitu kuituliete sitoutuu tien kiviainekseen eikä liukene sadeveden mukana. Mahdolliset valumat esim. sadeveden mukana tienpinnasta eteenpäin eivät täten vaikuta pohjavesiin. Sellukuitujakeet ovat biohajoavia. Vapautuessaan sorapinnasta luonnollisen biologisen tai mekaanisen toiminnan tuloksena ne hajoavat luonnollisiksi sokereiksi. Määrät ovat kuitenkin äärimmäisen pieniä luonnon omaa biologiseen toimintaan verrattuna.

Modifioitu kuituliete on veteen liukenematon luonnontuote. Modifioitu kuituliete on levitettävässä lopputuotteessa suspensoituneena veteen eli mahdolliset modifioitu kuitulietteen aerosoliset vaikutukset eivät ole mitattavissa.

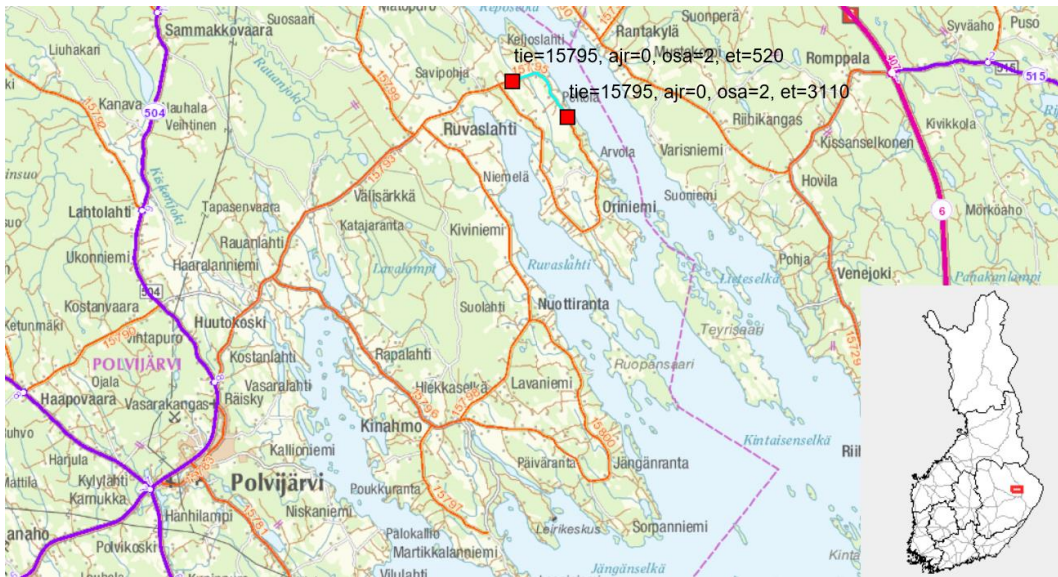
3.2 Modifioitu kuituliete pölynsidonnessa ja kantavuuden parantamisessa kaivosalueilla

Tapojärvi Oy on testannut tässä tutkimuksessa esitettyä modifioitua kuitulietettä suomalaisen kaivoksen tunneliverkostossa sekä maanpäällisillä sorateilla. Olosuhteet ja tien rakenne poikkeavat maanalaisilla sorateilla huomattavasti julkishallinnon maanpäällisistä teistä – kalliopinnan päällä on keskimäärin noin 50 cm irtainta kiviainesta ja tämä paksuus voi tyypillisesti vaihdella muutamista senttimetreistä noin metriin. Vaikka tiet ovat tunneleissa varsin kantavia, on teiden ylläpito huomattava kustannus ja paikoitellen haastavaa. Virtaavat vedet ja raskas liikennöinti kuluttavat tietä, ja edelleen huonokuntoiset tiet rasittavat sekä kalustoa että työntekijöitä, mutta voivat johtaa pahimmillaan konerikkoihin ja tapaturmiin. Kaivosalueilla maanpäällisiä sorateita rasittaa erityisesti raskas liikenne, esim. malmirekat ja kiviautot kuljettavat alueilla raskaita kuormia eikä teitä tyypillisesti asvaltoida kustannussyistä. Modifoidun kuitulietteen käytön on todettu vähentävän kulutuskerroksen liettymistä ja pölynsidontatarvetta.

4 Tiekoheet

4.1 Koekohde

Tiekokeissa selvitettiin modifioitu kuituliete käyttöön soveltuvaa työmenetelmää ja tuotteen tehokkuutta sorateiden pintakelirikon vähentämisessä. Tiekoetehtiin Pohjois-Karjalan Polvijärven kunnassa Ruvaslahdessa soratiellä 15795 (kuva 1). Tie sisältyy Viinijärven alueurakkaan, jonka toteuttamisesta vastasi hoitourakoitsijana Destia. Koekohteiden valinta perustui alueurakan työnjohdon havaintoihin tiellä esiintyneestä toistuvasta liikennöitävyyttä haittaavasta pintakelirikosta.



Kuva 1. Tiekokeen sijainti Polvijärven kunnan Ruvaslahdessa tiellä 15795.

4.2 Tutkimussuunnitelma

Tieltä 15795 tieosalta 2 valittiin neljä 500 m pituista osuutta, joilla kolmessa käytettiin erilainen määrä modifioitu kuitulietettä, sekä yksi vertailuosuus, jossa kivi-jyrsinkäsittelyn yhteydessä käytettiin vettä (taulukko 1). Lisäksi toimivuuden vertailussa arvioitiin keväällä 2021 käsiteltyjen osuuksien 1 ja 2 välillä oleva käsittelemättömän tieosuuden kuntoa.

Taulukko 1. Koe- ja vertailuosuudet.

Tie 15795 tieosa 002 osuuden sijainti	Osuus	Modifioidun kuitulietteen käyttö [m ³]
520–1020	1 DB	15
1610–2110	2 DB	21
2110–2610	3 DB	24
3525–4025	4 Vesi	0

Käsittelyn vaikuttavuuden ja työmenetelmän soveltuvuuden osalta tutkimussuunnitelmaan sisältyvät arvioitavat asiat on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Pintakelirikon ja työmenetelmän arviointi.

Asia	Arviointitapa	Dokumentointi
Pintakelirikon esiintyminen	Silmämääräishavainnot (tietarkastukset ja erillistarastukset). Tienkäyttäjäpalautteet.	Kuva-aineisto, muistiot. Harjan ilmoitukset.
Kantavuus	Loadman (kevyt) pudotuspainolaite. Vedettävä KUAB-pudotuspainolaite.	Kantavuus. Kantavuus ja taipumasuppilo, SCI- ja BCI-indeksit.
Kulutuskerros	Rakeisuus ennen – jälkeen. Humuspitoisuus.	Rakeisuustutkimus (seulonta) Polttomenetelmä.
Kivijyrsin työmenetelmän soveltuvuus	Sekoituksen tasalaatuisuus. Liikennöitävyys työaikana. Soratiepinnan hoito käsittelyn jälkeen.	Työnjohdon arvioinnit.

4.2.1 Tiekokeissa käytetty työmenetelmä

Koe- ja vertailuosuudella työmenetelmänä sovellettiin Soratie-Remix- työmenetelmää. Työmenetelmässä soratien pintaosa noin 10 cm syvyydeltä olevat pintakunnon hoitoa haittaavat kivet murskataan ja sekoitetaan kivijyrsimen avulla. Modifioitu kuituliete-liuos levitettiin ajokaistoille ja sekoitettiin pintakerrokseen jyrsintyön yhteydessä. Osuudet tehtiin 17.-18.06.2019 välisenä aikana. Tieosuuden ojitus oli tehty aiemmin samana keväänä.

Työmenetelmän kuvaus:

- Kuivan tienpinnan kastelu vedellä
- Tien pinnan aukiharaus
- Liuoksen levittäminen tielle
- Sekoitus FAE- kivijyrsimen avulla, tiivistys laitteen tiivistyslevyllä
- Tasaus ja tiivistys traktorin renkailla.

Työvaiheet on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Työvaiheet vasemmalta ylhäältä, tien pinnan kastelu vedellä, pinnan aukiharaus, modifioitu kuitulietteen levitys, kiviyrsinsekoitus ajokaistoilla ja tien keskellä, sekä pinnan muotoiltu ja tiivistys.

4.2.2 Kantavuuden mittausmenetelmät

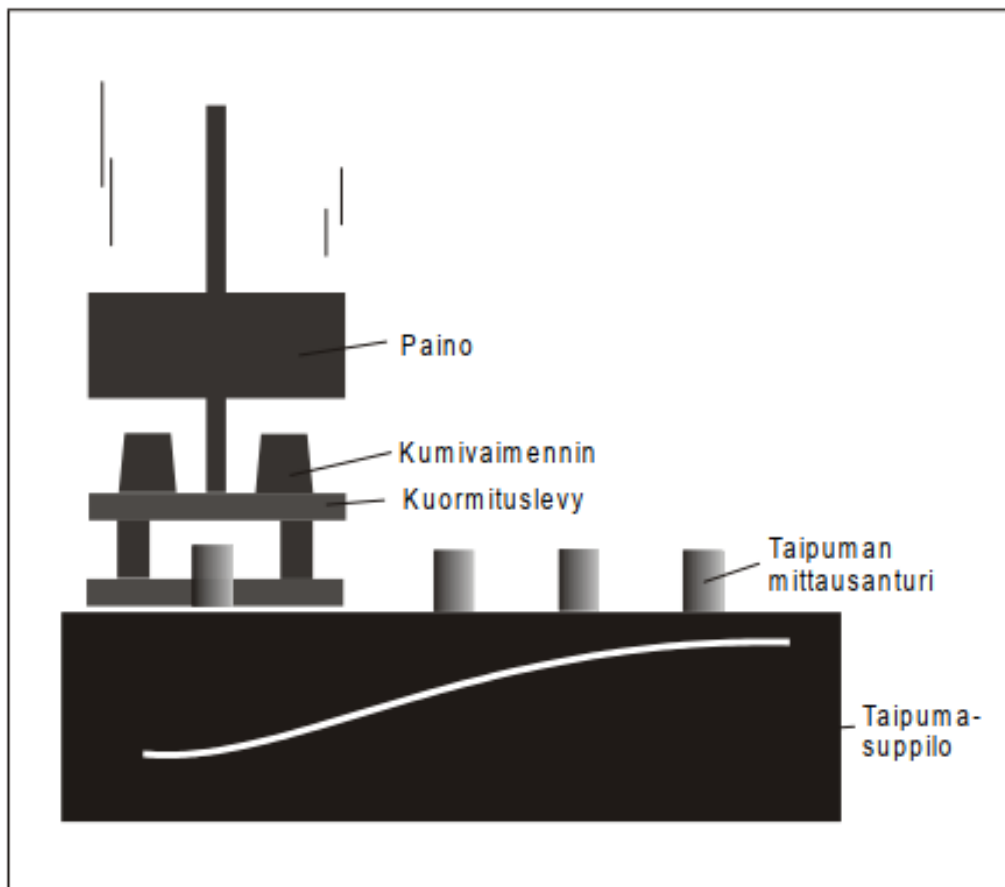
Työmenetelmän vaikuttavuutta soratien kantavuuteen arvioitiin Loadman-mittalaitteen, sekä vedettävän KUAB-pudotuspainolaitteen mittausten avulla.

Loadman on kevyt kannettava pudotuspainolaite, jolla mitataan maan painumaa laitteen sisällä olevan 10 kg teräspainon pudottamisen avulla. Tuloksiin vaikuttavat muun muassa maa-aineksen vesipitoisuus, sääolosuhteet sekä aiemmat hoitotoimenpiteet tiellä.

KUAB-pudotuspainolaitteistoon kuuluu vetoauto ja yksi- tai kaksiakselinen perävaunu, johon on kiinnitetty taipumamittausanturit sekä lämpömittarit tienpinnan ja ilman lämpötilan mittaamiseen. Lisäksi varusteisiin kuuluvat matkamittari, ohjaustietokone, sekä KUAB-ohjelmisto mitatun datan analyysiä ja laitteen hallintaa varten. KUAB-pudotuspainolaitteen tierakenteeseen aiheuttaman kuormituksen kesto vastaa hyvin raskaan liikenteen aiheuttamaa kuormitusvaikutusta. Pudotuspainolaitteella mittauspisteiden välinä käytetään yleensä 50 metrin pisteväliä.

Vedettävä pudotuspainolaitteen (KUAB) käyttöä soratien kantavuuden arviointia pidettiin perusteltuna, koska:

- soratien pintaan voi muodostua pölynsidonnan takia kerros, jota kevyt pudotuspainolaite ei pysty rikkomaan ja mittaus ei edusta varsinaista rakennekerrosten kantavuutta
- kantavuuden lisäksi KUAB-laitteen avulla voidaan mitata tien taipumasuppilon muotoa ja siten tien rakenteen yläosan jäykkyyttä ja pohjamaan kantavuutta (kuva 3).



Kuva 3. Vedettävän pudotuspainolaitteen mittausperiaate.

Tien päällysteen ja kantavan kerroksen laatu on sitä huonompi, mitä jyrkemmäksi taipumasuppilon muoto muodostuu lähellä kuormituskohtaa. Tätä kuvataan tunnusluvun SCI (Surface Curvature Index) arvona (μm), jonka taipuman etäisyydet kuormituskohdasta ovat D0 – D200 mm välillä.

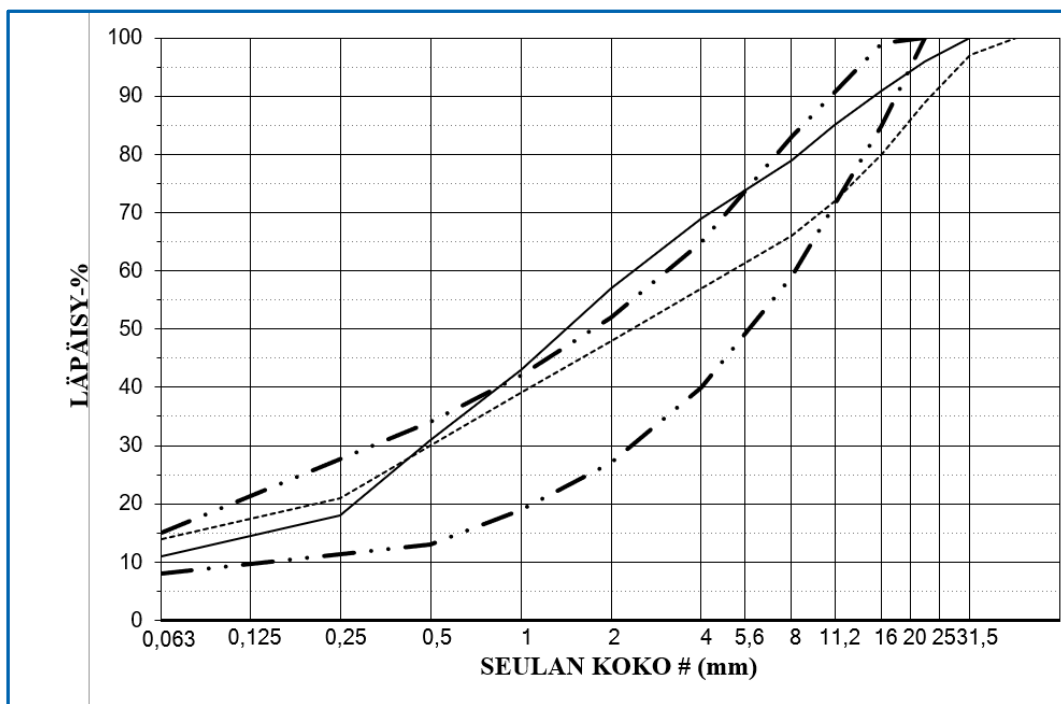
Taipumasuppilon avulla voidaan analysoida myös heikon kantavuuteen syytä. Esimerkiksi pohjamaan ollessa heikosti kantava, näkyy se BCI:n (Base Curvature Index) suurena arvona (μm), tässä taipuman mittausetäisyydet kuormituskohdasta ovat D900 – D1200 mm välillä.

5 Tutkimustulokset

5.1 Kulutuskerrosmurske

5.1.1 Soratien kulutuskerroksen rakeisuus

Kivijyrsimen vaikutusta koeosuuksien kulutuskerrokseen tutkittiin pesuseulonnalla tehtyjen rakeisuuksien perustella. Kuvassa 4 on esitetty samasta kohdasta otetun näytteen rakeisuus ennen ja jälkeen kivijyrsin käsittelyä. Kivijyrsin murskaa noin 10 cm syvyydeltä pinnassa esiintyviä kiviä, käsittely lisää tyypillisesti hieman hienoaineksen määrää ja lähtömateriaalin kivisyydestä riippuen 0/16 mm alueella karkeamman kiviaineksen osuutta.



Kuva 4. Kulutuskerroksen rakeisuus 15795 002 2420,
 - pistekatkoviivat: Srt 0/16 ohjealueen ylä- ja alarajat,
 - yhtenäinen viiva: rakeisuus ennen työtä,
 - katkoviiva: rakeisuus 4 kk työn jälkeen.

5.1.2 Kulutuskerroksen humuspitoisuus

Humuspitoisuuden määrittäminen tehtiin polttomenetelmänä. Kokeessa orgaaninen aine poltetaan pois polttouunissa. Orgaanisen aineksen määrä on massan erotus ennen polttoa ja polton jälkeen. Humuksen polton jälkeen maa-aineksesta jää jäljelle ns. hehkutusjännös, joka on pelkästään kivennäismaata.

Näytteistä otettujen kulutuskerroksen humuspitoisuudet vaihtelivat n. 0,9 % - 6 % välillä. Kivijyrsinkäsittely ei sinällään lisää kulutuskerroksen humuspitoisuutta, mutta korkea humuspitoisuus voi vaikuttaa sekä pintakelirikon esiintymiseen että myös stabilointiaineiden toimivuuteen.

5.2 Pintakunnon arviointi

Pintakunnon arviointi tehtiin tietarkastusten ja erillistarkastusten yhteydessä. Erillistarkastuksia pyrittiin tekemään sääolosuhteissa, joissa odotettiin ilmenevän pintakelirikkoa ja myös mahdollisia eroja tarkasteltavien osuuksien välillä. Pintakelirikon arvioinneissa käytettiin taulukon 3 mukaista luokitusta.

Taulukko 3. Tiekojeissa käytetty pintakelirikon vaikeuden luokitus. Luokituksessa on käytetty 1–3 luokkien osalta Tiehallinnon selvityksiä 12/2008 esitettyä luokitusta, tätä tutkimusta varten luokitukseen lisättiin luokka 4.

Pintakelirikko 1-4	Kuvaus
Pintakelirikko 1	Tien pinta on pehmentynyt yli 8 cm syvyydelle. Autoilija joutuu lähes täysin pysähtymään ja arvioimaan, onko mahdollista päästä läpi. Autoilijan on valittava ajolinjat tarkkaan. Auton pohja saattaa koskettaa tietä. Auton ohjaaminen on hyvin vaikeaa, tie voi tuntua liukkaalta.
Pintakelirikko 2	Tien pinta on pehmentynyt 3–8 cm syvyydelle. Ajonopeutta joudutaan laskemaan tuntuvasti. Ajolinjoja on haettava. Auton ohjaaminen on vaikeaa. Auto ohjautuu tai huojuu hieman, mutta ohjaaminen ei ole kovin hankalaa.
Pintakelirikko 3	Tien pinta on pehmentynyt 1–3 cm syvyydelle. Ajonopeutta joudutaan hieman laskemaan. Tien pintaa on hieman tarkkailtava.
Pintakelirikko 4	Tien pinta on pehmentynyt alle 1 cm syvyydeltä. Ajonopeutta ei tarvitse laskea. Tien pintaa ei tarvitse erityisesti tarkkailla. Tien pinta ei ole juurikaan pehmentynyt. Auton ohjauksessa ei ole ongelmia.

Syksyllä 2019 ja keväällä 2020 olosuhteen olivat kelirikon osalta tavanomaista helpommat. Urakka-alueen tiestölle ei jouduttu asettamaan painorajoituksia ja myös kelirikon hoitoon käytettyjen murskeiden määrä oli hyvin vähäinen. Keväällä 2021 tarkasteluun sisältyvillä tieosilla ilmeni edellä esitetyn luokituksen 2–4 mukaista pintakelirikkoo ja myös selvemmin havaittavia eroja tarkasteltujen osuuksien välillä. Koekohteiden pintakelirikon havainnot on esitetty taulukossa 4 ja 5.

Taulukko 4. Pintakelirikon arviointi 2019–2020.

Osuus	7.10.2019	20.11.2019	19.3.2020	27.3.2020	16.4.2020	22.4.2020	27.4.2020	8.5.2020	4.11.2020
1 (DB)	4	4	3	3	3	4	4	4	4
2 (DB)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3 (DB)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4 (Vesi)	4	4	(4)	4	4	4	4	4	4

Taulukko 5. Pintakelirikon arviointi keväällä 2021.

Osuus	06.04.2021	14.04.2021	21.04.2021	3.5.2021	02.06.2021	10.06.2021
1 (DB)	3–4	2–4	3	4	4	4
2 (DB)	4	4	4	4	4	4
3 (DB)	4	4	4	4	4	4
4 (Vesi)	4	2	3–4	4	4	4
Käsittlemättömät osuudet tieosalla 15795 002	3–4	2–4	2–4	4	4	4

Kuvissa 5–7 on esitetty kuvia koeosuuksilla keväällä ja syksyllä 2020 sekä keväällä 2021.



Kuva 5. Kuvia koeosuuksilta pvm. 19.4.2020. Vasemmalta ylhäällä osuudet 1 ja 2, alarivissä osuudet 3 ja 4.



Kuva 6. Kuvia koeosuuksilta pvm. 04.11.2020. Vasemmalta ylhäällä osuudet 1 ja 2, alarivissä osuudet 3 ja 4.



Kuva 7. Kuvia koeosuuksilta pvm. 04.11.2020. Vasemmalta ylhäällä osuudet 1 ja 2, alarivissä osuudet 3 ja 4.

5.3 Pudotuspainolaitemittaukset

5.3.1 Kantavuus

Koeosuuksilla mitattiin kantavuudet kevyellä Loadman-pudotuspainolaitteella keväällä 2019 ennen stabilointia sekä myöhemmin samana kesäkautena. Vuoden 2019 kesäkauden kantavuuksissa todettiin tuloksia, jotka edustivat kevyen pudotuspainolaitteiston mittausalueen maksimirajoja. Näiden mittaustulosten syyksi oletettiin soratien pintaan muodostunutta ohut kova kerros, jota kevyt pudotuspainolaite ei pysty murtamaan luotettavasti. Näitä kantavuusmittauksia ei otettu huomioon tulosten arvioinnissa. Ennen työn alkua mitatut kantavuudet on esitetty taulukossa 6.

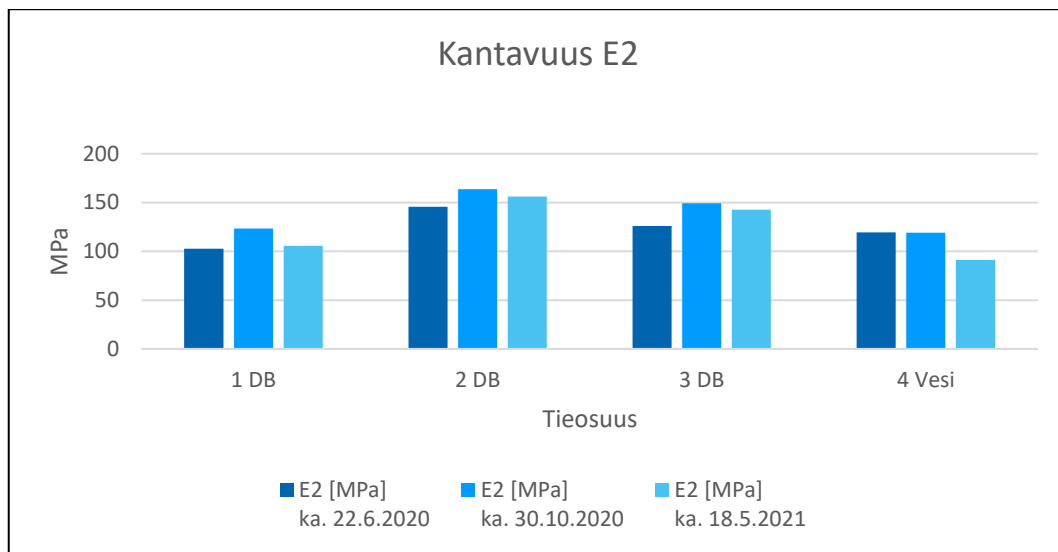
Taulukko 6. Kantavuusmittaukset 21.5.2019 ennen stabilointia. Mittauslaite: Loadman. Sääolosuhteet: vesisade. Mittaukset ajokaistojen keskeltä.

Asia	E1- kantavuus keskiarvo [MPa]	E2- kantavuus keskiarvo [MPa]	E2/E1, keskiarvo
Osuus 1 DB	80	90	1,13
Osuus 2 DB	58	77	1,33
Osuus 3 DB	43	64	1,50
Osuus 4 vesi	46	73	1,58

Kantavuusmittausten luotettavuuden parantamiseksi mittaukset tehtiin keväällä ja syksyllä 2020, sekä keväällä 2021 KUAB-pudotuspainolaitteella. Mittauksista vastasi Juha-Matti Vainio West Coast Road Masters Oy:stä, mittauksissa käytettiin KUAB FWD 50- laitteistoa. Mitatut E2-kantavuudet on esitetty taulukossa 7 ja kuvassa 8. Soratien kevätkantavuuden E2-ohjearvo on 80 MPa.

Taulukko 7. KUAB FWD 50 kantavuusmittauksien keskiarvot, mittaukset tehtiin 50 m välein.

Osuus	E2 [MPa] ka. 22.6.2020	E2 [MPa] ka. 30.10.2020	E2 [MPa] ka. 18.5.2021	Ka.
1 DB	103	123	106	111
2 DB	146	164	156	155
3 DB	126	149	143	139
4 Vesi	120	119	91	110



Kuva 8. KUAB FWD 50-kantavuusmittaukset 22.6.2020, 30.10.2020 ja 18.5.2021.

Käsiteltyjen osuuskien 1–3 kaikkien mittaustulosten keskimääräinen kantavuus oli 17 % vesikäsittelyosuutta suurempi. Osuuskien 2 ja 3, missä käytettiin osuutta 1 enemmän kuitulietettä, keskimääräinen kantavuus oli 33 % vesikäsittelyä suurempi.

5.3.2 Surface Curvature Index ja Base Curvature Index

SCI- ja BCI-indekseistä on esitetty eri lähteissä hieman toisistaan poikkeavia tavoitearvoja, taulukossa 8 on esitetty Roadex III-tutkimusohjelmassa julkaistut sorateille sovellettavat tavoitearvot.

Taulukko 8. Ohutpäällysteiden ja sorateiden luokittelu SCI- ja BCI-indeksin perustella (Roadex III)

Luokka	SCI (μm) 0–200 mm	BCI (μm) 900–1200 mm
Hyvä	< 180	< 10
Riittävä	180–300	10–30
Puutteellinen	180–300	30–60
Huono	300–600	60–120
Erittäin huono	>600	>120

SCI- ja BCI-indeksit osuuksittain on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. KUAB FWD 50 -mittausten osuuksien SCI- ja BCI-indeksien keskiarvot.

Osuus	SCI 22.6.2020	SCI 30.10.2020	SCI 18.5.2021	BCI 22.6.2020	BCI 30.10.2020	BCI 18.5.2021
1 DB	342	267	106	70	50	89
2 DB	346	246	156	39	32	52
3 DB	379	283	143	40	30	63
4 Vesi	403	390	91	49	39	87

Kaikkien modifioitu kuituliete-käsiteltyjen osuuksien 1-3 mittausten SCI-indeksin keskiarvo oli 244 ja vesikäsiteltyyn 295. Taipumasuppilon päällysrakenteen yläpinnan jäykkyyttä kuvaava arvo oli modifioitu kuituliete-käsitellyissä n. 17 % vesikäsiteltyä parempi. Keväällä 2021 kaikki SCI-arvot poikkesivat merkittävästi aiemmista mittaustuloksista.

BCI-indeksien keskiarvo modifioitu kuituliete-osuuksilla oli 51 ja vesikäsitellyllä osuudella 52. Tämän perusteella on oletettavissa, että osuuksien alusrakenteen kantavuus ei poikkea ainakaan merkittävästi toisistaan.

6 Johtopäätökset

6.1 Tulosten arviointi

Seuranta-aikana 05/2019–06/2021 tiekoikeiden alueella ilmeni vain lyhytaikaisesti pintakelirikkoa. Koe- ja vertailuosuuksille tehtyjen havaintojen osalta selvimmän ilmeni eroa osuuksien 2 ja 3 osalta. Näillä modifioitu kuituliete-käsittelyosuuksilla ei havaittu pintakelirikkoa koko seuranta-aikana. Tienkäyttäjiltä ei saatu sorateiden kuntoa koskevaa palautetta tarkastelualueelta tutkimusaikana.

Kantavuusmittaukset pyrittiin ajoittamaan siten, että tierakenteen vesipitoisuus olisi suuri mittausaikana. Mitatut E2-kantavuudet olivat modifioitu kuituliete -koe-osuuksilla yli 17 % vesikäsittelyä suurempia, osuuksilla 2 ja 3 kantavuus oli jopa 33 % vesikäsittelyä suurempia.

Tierakenteen taipumasuppilomittauksien perusteella on arvioitavissa, että Modifioitu kuituliete lisää tierakenteen yläosan jäykkyyttä. Päälysrakenteen yläosan jäykkyyttä kuvaava SCI-indeksin arvo oli käsitellyillä osuuksilla 17 % parempi kuin vesikäsittelyn osuudella.

Modifioidun kuitulietteen käyttö stabiloinnissa soveltuu hyvin Soratie-Remix-työmenetelmän käytön yhteyteen, menetelmässä hyödynnetään tiellä oleva kiviaines ja samalla sekoitetaan stabilointiainetta tasaisesti kiviainekseen jyräntäsyvytyksellä.

Urakan työnjohdon arvion mukaan soratien pintakunnon hoito on voitu tehdä koe-osuuksilla normaalisti. Soratien pintakerroksen stabilointien kannalta on tärkeää, että kulutuskerroksen muokkaus ja tasaus voidaan tehdä tavanomaisin soratien hoidossa käytettävien laittein.

6.2 Jatkosuositukset

Tulosten perusteella on arvioitavissa, että käsittelyn toimintaan vaikuttaa käytetty DB-liuoksen määrä, koetien mukaisissa olosuhteissa tarvittiin pintakelirikon ehkäisemiseksi noin 40 m³ DB-käyttöliuosta tiekilometriä kohden.

Jatkotoimenpiteenä esitetään tiekoikeiden lisäämistä ja niistä saatavien kokemusten keräämistä menetelmän laajempaa tuotantokäyttöä varten.



Väylävirasto
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-317-891-5
www.vayla.fi