



ecolan[®]

INFRA[®] TR
MATERIAALIHYVÄKSYNTÄ
RAPORTTI II

ECOLAN.FI

SISÄLLYS

1.	TIIVISTELMÄ.....	3
2.	KOERAKENNE-HANKKEEN TAUSTA.....	4
3.	KOERAKENNE OSANA VÄYLÄVIRASTON MATERIAALIHYVÄKSYNTÄÄ	5
4.	SÖÖRMARKUN KIERTOTIEN KOERAKENTEEN TOTEUTTAMINEN	7
4.1	MATERIAALIN KULJETUS.....	8
4.2	MATERIAALIN VÄLIVARASTOINTI	8
4.3	MITOITUSOHJE JA PERIAATEPOIKKILEIKKAUSKUVAT	9
4.4	LUPAMENETTELY	12
4.4	MATERIAALIN KÄSITTELY JA TYÖSTÄMINEN RAKENNUSVAIHEESSA.....	12
5.	RAKENTEEN INSTRUMENTOINTI.....	14
6.	DEFORMAATIOON VAIKUTTAVAT TEKIJÄT JA LÄHTÖTIEDOT.....	17
6.1	PÄÄLLYSTEEN PAKSUUS.....	17
6.2	SÄÄOLOSUHTEET	17
6.3	LIIKENNEKUORMITUS	19
7	RAKENTEEN SEURANTA	19
7.1	RAKEISUUS JA JAUHAUTUMINEN ENNEN LIIKENNÖINTIÄ JA KÄYTÖN PÄÄTTYTTYÄ	19
7.2.	PUDOTUSPAINOLAITEMITTAUSTEN TULOKSET.....	23
7.3	PALVELUTASOMITTAUKSET	27
7.4.	RAKENTEEN KÄYTÖNAIKAISEN VAURIOITUMISEN DOKUMENTOINTI KUVIN	30
8	YHTEENVETO	36

1. TIIVISTELMÄ

Ecolan Oy:n valmistamalle ja tuotteistamalle Ecolan Infra® TR tuhkarakeelle haetaan Väyläviraston materiaalihyväksyntää, jonka myötä tuhkarake on tarkoitus vakioida Väyläviraston väylärakentamiseen yleisesti hyväksytyksi materiaaliksi. Materiaalihyväksyntäprosessi aloitettiin keväällä 2018 neuvotteluilla Liikenneviraston nyk. Väyläviraston edustajien kanssa.

Osana materiaalihyväksyntäprosessia toteutettiin koerakenneosuuks vilkasliikenteisen väylän kiertotiestä Ecolan Infra® TR tuhkarakeella. Tällaisella koerakenteella voidaan tutkia mm. deformaatiota ja dynaamisen kuormituksen aiheuttamia vaurioita materiaalissa. Väyläviraston tieteknisen yksikön ohjeistuksen mukaisesti kohdetta etsittiin vuonna 2018 alkavista väylähankkeista, ja soveltuva kohde löytyi Väyläviraston VT8-hankekokonaisuuteen kuuluvasta Söörmarkun eritasoliittymähankkeesta Porin pohjoispuolelta.

Väyläviraston ohjeistuksen mukaisesti noin 100 m pitkä osuus kiertotiestä rakennettiin tuhkarakeella syyskuussa 2018. Rakenteen mitoituksen ja vertailurakenteen suunnittelusta vastasi WSP Finland, ja rakenne toteutettiin yhteistyössä eritasoliittymän pääurakoitsijan Kreaten sekä aliurakoitsija Viitanen & Viitanen Oy:n kanssa. Hanke toteutettiin osana alueellista Circwaste-hanketta.

Kiertotieosuus otettiin käyttöön lokakuussa 2018 ja rakenne oli liikennekäytössä syyskuuhun 2019 saakka. Instrumentoitua rakennetta seurattiin ja mitattiin talven yli syksyyn 2019 saakka, jolloin kiertotie purettiin. Rakenteesta otettiin kantavuusmittaukset kahdesti seurantajakson aikana ja lisäksi materiaalin jauhautumista tutkittiin rakeisuuskäyrien avulla sekä rakentamisvaiheessa että kohteen purkamisen jälkeen.

Rakenne toimi hyvin koko kiertotien käyttöajan, ja koerakenteen purkamisen jälkeen materiaalit ohjattiin uudelleen käyttöön läheiselle Varsinais-Suomen ELY-keskuksen kevyenliikenteenväyläkohteelle välille Söörmarkku-Noormarkku, jossa materiaalin käyttäytymistä heikommin vettä läpäisevällä pohjalla voidaan seurata.

2. KOERAKENNE-HANKKEEN TAUSTA

Ecolan Oy:n valmistamaa ja tuotteistamaa Ecolan Infra® TR tuhka-asetta voidaan käyttää korvaamaan täyttö- ja suodatinkerroksen luonnonkiviainesta erilaisissa tie-, katu- ja kenttärakenteissa, sekä putkijohtokaivannoissa. Ecolan Infra® TR on tasalaatuinen tuote, joka ominaisuuksiltaan täyttää MARA-asetuksen vaatimukset (VNa 843/2017 eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa).

Ecolan Infra® TR on hienojakoista tuhkaa teollisesti rakeistettua karkearakeista materiaalia, jonka rakeisuutta voidaan säätää seulomalla. Ecolan Infra® TR tuhkarakeen valmistuksessa käytetään raaka-aineena suomalaisessa energiateollisuudessa syntyvää lento- ja pohjatuhkaa. Tuhkarake valmistetaan rumpurakeistusmenetelmällä tuhkan luontaisia lujittumisominaisuuksia hyödyntämällä Nokian ja Viitasaaren tehtailla.

Ecolan Infra® TR tuhka-asetta on käytetty menestyksekkäästi vuodesta 2012 asti, ja se on kevytkiviainesstandardin SFS-EN 13055:2016 mukaisesti CE-merkitty. Tuotteen käytön ympäristövaikutuksista ja teknisistä ominaisuuksista on hyvin tietoa saatavilla, ja tuhkarakeen käyttö määräytyy MARA-asetuksen mukaisesti. Tähän mennessä materiaalia on käytetty noin 200 000 tonnia eri väylä- ja kenttäkohteissa. Ennen maanrakennuskäyttöä akkreditoitu laboratorio analysoi materiaalinäytteet, jotta soveltuvuus rakennusmateriaaliksi voidaan varmistaa MARA-asetuksen mukaisesti. Perinteisestä jalostamattomasta tuhkaa tuhkarake eroaa pienemmän haitta-aineliukoisuuden, paremman käsiteltävyyden sekä säänkestävyyden osalta.

Ecolan Infra® TR tuhkarakeelle haetaan Väyläviraston materiaalihyväksyntää, jonka tarkoituksena on vahvistaa materiaalin ominaisuudet ja käyttöön vaikuttavat parametrit siten, että materiaalihyväksynnän myötä Ecolan Infra® TR on valtakunnallisesti Väyläviraston väyläkohteilla hyväksytty materiaali, jonka tasalaatuiset ominaisuudet ja käytäytyminen tunnetaan niin hyvin, että loppukäyttäjä voi hyödyntää tuhka-asetta rakentamisessa ennalta tunnettujen suunnitteluparametrien mukaan. Materiaalihyväksyntä osaltaan mahdollistaa esimerkiksi InfraRYL- ohjeistuksen tekemisen, joka puolestaan edistää merkittävästi voimalaitostuhkista jalostetun tuhkarakeen hyötykäyttöä nykyistä laajemmin.

Tuhkarakeen käyttöä lisäämällä voidaan vähentää neitseellisten kiviainesten käyttöä infrarakentamisessa, sekä edesauttaa voimalaitostuhkien hyödyntämistä jatkojalostetuna tuotteena perinteisen massiivirakenteisiin tehtävän ”suoran dumpaamisen” tai kaatopaikkatäyttöjen sijaan.

3. KOERAKENNE OSANA VÄYLÄVIRASTON MATERIAALIHYVÄKSYNTÄÄ

Materiaalihyväksyntä voidaan myöntää materiaalitoimittajan hakemuksesta hyvin tuotteistetulle uusiomateriaalille, josta on riittävä käyttökokemus. Materiaalihyväksynnän saamisen jälkeen uusiomateriaalia voidaan käyttää Väyläviraston hankkeilla ilman erillistä hankekohtaista materiaalihyväksyntää, ja sitä voidaan pitää keskeisenä askeleena kohti End of Waste -menettelyä, jossa jätevirroista jalostettu materiaali siirtyy jätestatukselta tuotestatukselle. Materiaalihyväksyntäprosessi on monivaiheinen, ja koerakenne on vain yksi osa kokonaisuutta. Tässä raportissa kuvataan ainoastaan koerakenteen toteuttamiseen liittyvää prosessia.

Ensimmäinen materiaalihyväksyntää koskeva tapaaminen järjestettiin 9.5.2018. Todettiin, että Väyläviraston valvonnassa toteutettavan koerakenteen kautta voidaan saada sellaista tietoa materiaalin kestävydestä, jota vaaditaan materiaalihyväksynnän myöntämiseksi. Sopivaksi kohteeksi ehdotettiin esimerkiksi kiertotietä. Tarkoituksena oli korvata kiertotien rakenteesta noin sadan metrin matkalta suodatinkerroksen perinteinen neitseellinen kiviainesmateriaali (hiekkä) tuhkarakenteella siten, että perinteisin materiaalein rakennetun ja tuhkarakenteella tehtyjen tieosuuksien kestävyttä voidaan seurata ja verrata noin vuoden ajan. Rakenne instrumentoidaan ja sitä mitataan suunnitelmallisesti vuoden ajan. Kiertotien käytön päätyttyä rakenne avataan, ja mahdolliset deformaatiomuutokset tutkitaan. Mittauksista vastaa ulkopuolinen mittausalan yritys, jolloin tieto on luotettavaa kaikilta osin.

Vilkasliikenteiseltä väylältä kiertotielle ohjattu liikenne kuormittaa tierakennetta deformaatiotutkimuksen vaatimalla tavalla, ja kapea väylä on omiaan alentamaan ajoneuvoja niin, että kuormitusta tapahtuu ajallisesti mahdollisimman pitkään. Lisäksi kiertotielle ominainen kapeus edesauttaa testauksessa sitä, että kuormitus osuu samaan kohtaan tien rakenteessa.

Väyläviraston ohjeistus koerakenteesta lyhyesti:

- Riittävän kuormituksen varmistamiseksi väylän, jolta kiertotie tehdään, tulee olla vilkkaasti liikennöity.
- Deformaation riittäväksi toteutukseksi kiertotien tulisi olla käytössä noin vuoden ajan.
- Vertailtavuuden varmistamiseksi osa kiertotiestä toteutetaan Ecolan Infra® TR -materiaalilla, ja osa perinteisillä materiaaleilla.
- Rakenteiden toimintaa ja kestävyttä seurataan vuoden ajan erilaisin mittauksin, ja näitä tuloksia Väylävirasto hyödyntää materiaalihyväksyntäprosessissa.
- Koerakenteen oikean mitoituksen varmistamiseksi tiivis yhteistyö suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kanssa on keskeistä.

Toukokuussa 2018 Ecolan Oy:n edustajat lähtivät kartoittamaan Liikenneviraston ohjeistuksen mukaisesti Liikenneviraston ja ELY-keskusten väylähankkeita, joihin mahdollisesti toteutettaisiin kiertotie kesän 2018 aikana. Sopivan kohteen etsinnässä piti huomioida myös kohteen sijainti Ecolan Oy:n tuotantolaitoksista, sillä pitkät kuljetusmatkat ovat ongelmallisia niin aikataulullisesti, ympäristövaikutuksiltaan kuin taloudellises-
tikin. Nokian tuotantolaitoksen ympäristössä potentiaalisia kohteita kartoitettiin Liikenneviraston ja Varsinais-Suomen ELY-keskuksen koordinoimista hankkeista.

Hämeenkyrössä Valtatie 3:n parantaminen välillä Kostula–Kyröskoski, ja siihen tehtävät kiertotiet näyttäytyivät potentiaalisena kohteena, mutta kohde hylättiin, sillä hanke oli I-luokan pohjavesialueella, ja läheisessä ojassa uhanalainen jokihelmisimpukkaesiintymä. Liikenneviraston VT 8 -hankekokonaisuuden projektipäällikkö Kari Partainen puolestaan osoitti potentiaalisia osahankkeita, kuten Nousiainen-Mynämäki sekä Söörmarkun eritasoliittymä, joihin kiertoteitä aiottiin toteuttaa.

Partainen tiedusteli pääurakoitsijoiden alustavaa suostumusta koerakenteen toteuttamiseen, ja Söörmarkun eritasoliittymän pääurakoitsija Kreaten työpäällikkö antoi alustavan suostumuksensa koerakenteen toteuttamiseen. Viime kädessä päätösvalta oli kuitenkin työmaavalvojalla sekä aliurakoitsijalla. Koerakenteen mahdollistumiseen vaikutti merkittävästi se, että Söörmarkun hankkeen työmaavalvoja Bent Poussulla oli aiempaa kokemusta tuhkarakentamisesta.

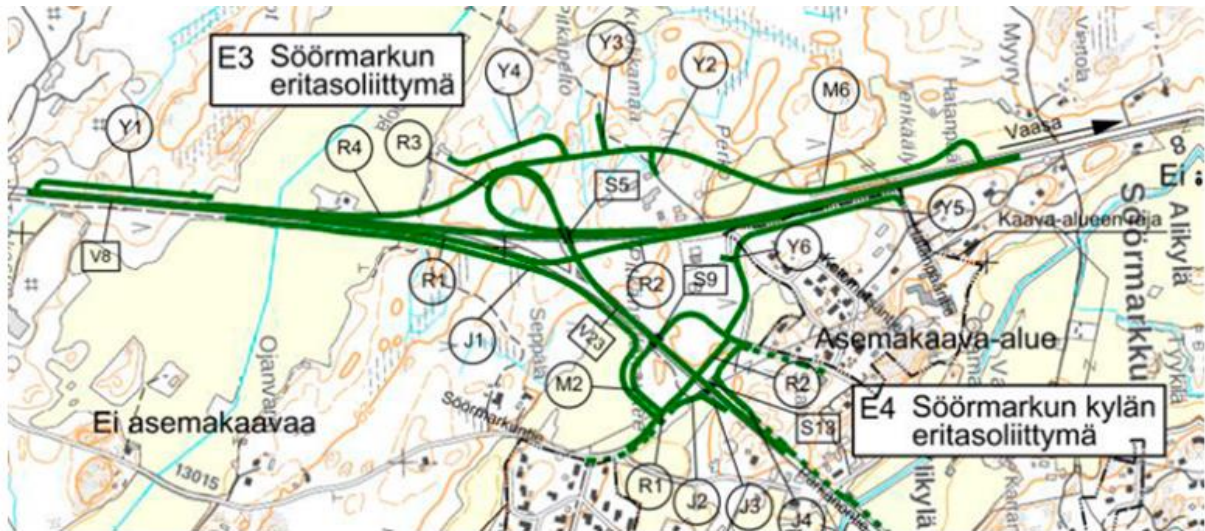
Alustava rakennusaikataulu koerakenteen toteuttamiselle oli elokuussa 2018, mutta aikataulu kuitenkin muuttui useasti hankkeen aikana, ja kiertotie toteutettiin lopulta syyskuun puolessa välissä. Koska koerakenne toteutettiin alkuperäisen hankesuunnitelman ulkopuolisena, koerakenteen toteutusaikataulua sopeutettiin muihin hankkeen aikatauluihin, ja koerakenteen toteutuksen varmistaminen vaati jatkuvaa yhteydenpitoa ja koordinoitua työmaavalvojan kanssa.

Alustavan aikataulun varmistuttua Ecolan tilasi mitoitusohjeet sekä periaatepoikkileikkaukset WSP Finland Oy:ltä. WSP Finland vastasi hankkeen muusta mitoituksesta, joten oli mielekästä käyttää samaa suunnittelijaa. Kyseinen suunnittelija oli myös aiemmin suunnitellut tuhkaerakenteita.

Koerakenteen instrumentointisuunnitelma valmisteltiin yhteistyössä Liikenneviraston kanssa. Rakenne instrumentoitiin, ja rakenteen toteuttaminen dokumentoitiin. Kiertotie oli käytössä lokakuusta 2018 syyskuuhun 2019. Valmiin rakenteen kantavuus mitattiin käytön aikana pudotuspainolaitemittauksilla kahteen kertaan, ja rakenteen toimintaa seurattiin koko käytön ajan. Tässä raportissa kuvataan koerakenteen toteuttamisen ja seurannan osalta sellaiset tiedot, joita voidaan käyttää arvioitaessa Ecolan Infra® TR-materiaalin edellytyksiä saada Väyläviraston myöntämä materiaalihyväksyntä.

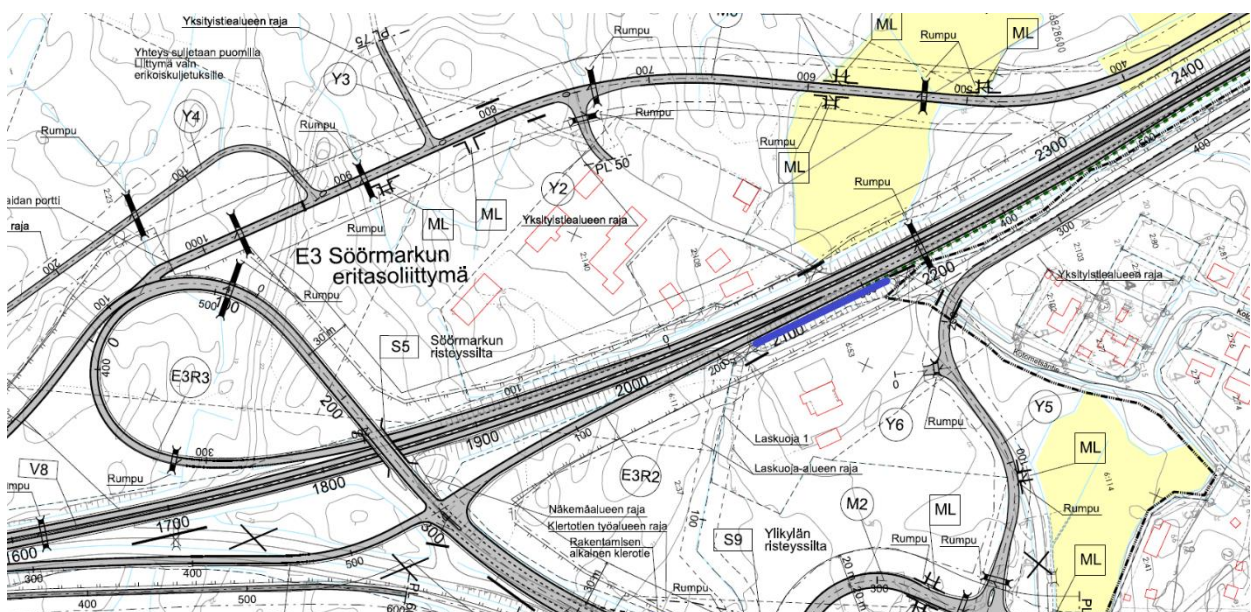
4. SÖÖRMARKUN KIERTOTIEN KOERAKENTEEN TOTEUTTAMINEN

- Hankkeen tilaaja: Liikennevirasto/Varsinais-Suomen ELY-keskus sekä Porin kaupunki
- Pääurakoitsija: Kreate Oy
- Aliurakoitsija: Viitanen & Viitanen Oy
- Uusiomateriaalin materiaalitoimittaja: Ecolan Oy
- Mitoitus: WSP Finland Oy



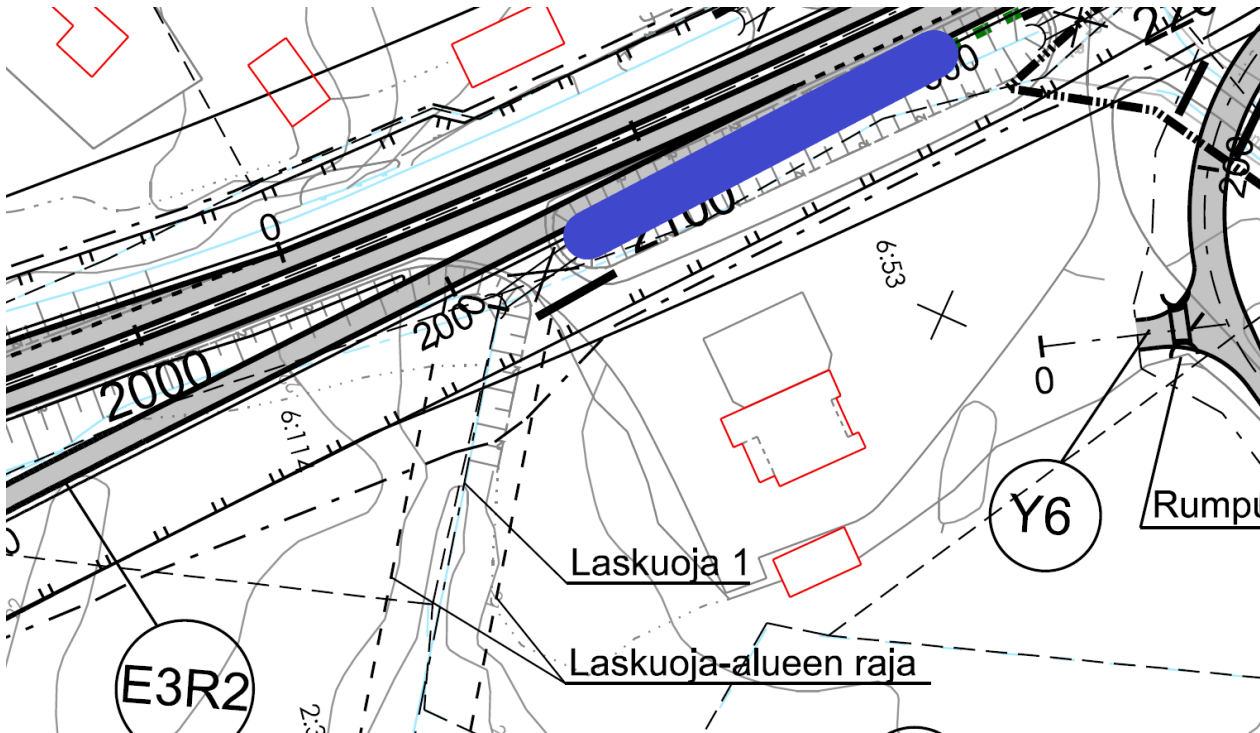
1 Kuva: Hankealue kuvattuna kokonaisuudessaan

Kiertotie on merkitty alla olevaan kuvaan sinisellä viivalla. Kiertotie rakennettiin Valtatie 8:lle Porista noin 10 km pohjoiseen. Tässä kohdassa VT 23 ja VT 8 risteävät. Liikennemäärä VT 8 liittymän eteläpuolella n. 13 354 ajoneuvoa/vrk, josta raskasta n. 9 %, ja liittymän pohjoispuolella n. 4 724 ajoneuvoa/vrk, josta raskasta n. 14 %.



2 Kuva: Kiertotien sijainti hankealueella

Koerakenteen sijainti on esitetty tarkemmin alla olevassa asemakuvasa. Rakenne sijaitsi käytöstä poistetun huoltoaseman edessä.



3 Kuva: Asemakuva kiertotien sijoittumisesta

4.1 MATERIAALIN KULJETUS

Rahti kilpailutettiin kolmella toimijalla, ja edullisimman tarjouksen teki VR Transpoint. Tuhkaraetta ajettiin yhteensä noin 1000 tonnia, ja yksi auto kuljetti kerrallaan noin 40 tonnia materiaalia. Näin ollen kuljetuksia tuli yhteensä noin 25 autokuormaa. Ajo kesti neljä päivää. Tuhkarae kuljetettiin Nokian tuotantolaitokselta välivarastoon Porin Ahlasiin Peittoon Kierrätysterminaliin, jossa se varastoitiin 10.8.-12.9.2018. Välimatka Nokialta Söörmarkkuun oli noin 100 km, ja välivarastointipaikasta Peittoosta matka kohteeseen oli noin 10 km. Välivarastointi kohteessa ei ollut mahdollista.

4.2 MATERIAALIN VÄLIVARASTOINTI

Välivarastointi todettiin tarpeelliseksi, sillä jos materiaali olisi ajettu Nokialta suoraan rakenteeseen, pitkän kuljetusmatkan vuoksi materiaalivirran oikea-aikaisuutta ei olisi voitu varmistaa. Lisäksi koerakenteen toteutusaikataulussa oli epävarmuutta. Toteutusaikataulun muutoksiin pystyttiin varautumaan paremmin tuomalla materiaali lähemmäs kohdetta. Alkuperäinen välivarastointi oli suunniteltu viikon mittaiseksi, mutta hankkeen

aikataulumuutoksien vuoksi välivarastointi kesti noin kuukauden. Tuhkarae varastoitui asfaltoidulla kentällä, jonka hulevedet johdettiin ja käsiteltiin asianmukaisesti.



4 Kuva: Tuhkarae välivarastoituna Peittoon Kierrätysterminaliin

4.3 MITOITUSOHJE JA PERIAATEPOIKKILEIKKAUSKUVAT

Ecolan toimitti suunnittelijalle mitoitusohjeen sekä RT-kortin, joiden pohjalta WSP Finland Oy suunnitteli mitoituksen tien liikennemääriin ja kuormitusluokkaan perustuen. Suunnittelulle väliaikaiselle kiertotiele sovellettiin pysyvistä tierakenteesta poikkeavaa tavoitekantavuutta ja päällystepaksuutta. Tuhkarae-koerakenne mitoitettiin vastaamaan vertailukohdaksi osalle kiertotietä rakennettavaa murskerakennetta. Mitoituksessa kumpienkin rakenteiden tavoitekantavuudeksi määriteltiin 225 MN/m², 7 cm AB päällysteellä. Kantavan kerroksen päättävä vaadittu kantavuus rakenteille oli 160 MN/m². Kantavuusmitoituksessa Ecolan Infra® TR –kevytkiviaineksen E-moduulina on käytetty arvoa 65...70 MN/m² ja routamitoituksessa materiaalin eristävyys vastavuuskerrointa 2,0 RT-tuotekortin mukaisesti.

Kiertotien läheisyydessä tehtyjen pohjatutkimusten perusteella maanpinta vaihteli noin tasolla +18,6...22,2. Pohjamaa oli pääosin routivaa moreenia / siltistä hiekkamoreenia. Paikoin pohjamaan pinnassa oli ohut kerros savea tai savista silttiä. Alusrakenneluokka tierakenteen mitoituksessa oli sH (E = 20 MPa, t = 12 %). Seuraavilla sivuilla on esitetty WSP Finlandin suunnittelema mitoitusdokumentti sekä periaatepoikkileikkaukset.

Rakentamisessa huomioitiin laskennallinen routanousu eri materiaalien välillä, ja kiertotien molempiin päihin muotoiltiin routanousua tasaava siirtymäkiila n. 10–15 m matkalle murskerakenteen ja Ecolan Infra® TR -rakenteen routanousun tasaamiseksi.



Routanousun laskeminen Tiehallinnon turpoamakerroinmenetelmällä
Kuormituskestävyysmitoitus Odemarkin kaavalla

Projektii:	Söörmarkku, kiertotie	Laskija:	OKu
Kohde:	Kiertotien fill-R® kevytkivainesakenne	Tilaaaja:	Ecolan Oy
Huom.:		Pvm:	02.08.2018

Mitoitusroudansyvyy S [m]:

Vaativuusluokka:	V2
Kuormitusluokka:	25,0 AB
Alusrakenneluokka:	sH
Rakenne (tyyppi):	25,0 AB; V2 - 1500
Rakenne (pituus):	sH-770-M
Paaluväli:	

V2	25,0 AB	sH
25,0 AB;		
sH-870-fil		

25,0 AB; V2 - 1500	
sH-870-fill-R	

V2	25,0 AB	sH
----	---------	----

25,0 AB; V2 - 1500	
SH-870-fill-R	

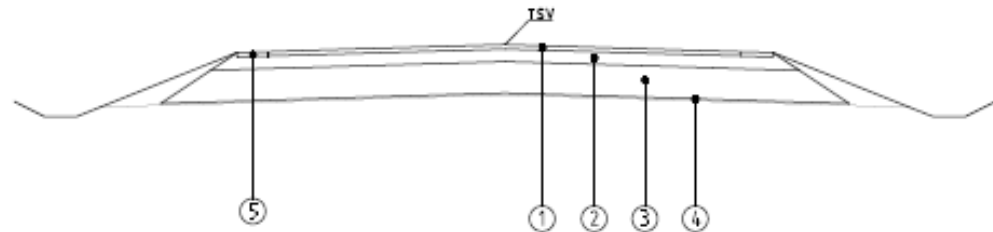
Kerros	Materiaal R _i [m]	a _i	t[%]	n	E [MN/m ²]	E	Materiaal R _i [m]	a _i	t[%]	n	E [MN/m ²]	E	
Päällyste 4	0,00	1,00	0	0	2500	228	0,00	1,00	0	0	2500	225	
Päällyste 3	0,00	1,00	0	0	2500	228	0,00	1,00	0	0	2500	225	
Päällyste 2	0,00	1,00	0	0	2500	228	0,00	1,00	0	0	2500	225	
Päällyste 1	AB	0,07	1,00	0	2500	228	AB	0,07	1,00	0	2500	225	
Kantava	KaM 0/56	0,20	0,90	0	280	158	KaM 0/56	0,40	0,90	0	6	280	152
Jakava	KaM 0/90	0,50	0,90	0	200	101						45	
Suodatin	N3					20	fill-R®	0,40	2,00	0	6	65	45
Suodatinkangas						20	N3					20	20
						20						20	20
						20						20	20
						20						20	20
						20						20	20
						20						20	20
Pohjamaan routapaisumiskerroin/kantavuus			12		20					12		20	
			[%]		[MN/m ²]				[%]		[MN/m ²]		

RN_{laak}	RN_{sall}	[mm]	RN_{sall}	[mm]	RN_{sall}	[mm]	RN_{sall}	[mm]
Rakennekerrosten paksuus	96 [mm]				32 [mm]			
Kantaneikerrosten paksuus	0.77 [m]				0.87 [m]			
Kantavuus päällysteen päältä	228 [MN/m ²]				225 [MN/m ²]			
Kantavuus kantavien päältä	158 [MN/m ²]				156 [MN/m ²]			
Siirtymäliikallisuus					160 [MN/m ²]			
Siirtymäkyläisyys								
Siirtymäkyläisyys								

SKHK = 1.5, SKM = 1.8, SKSr = 1.8, SKLo = 1.95

KIERTOTIE
1:100

Murskerakenne
sH-770-M



Kiertotie	
1	Asfaltti AB
2	Kantava KaM #0-55
3	Jakava KaM #0-90
4	Suodatinkangas
5	Piennartäyte KaM #0-16

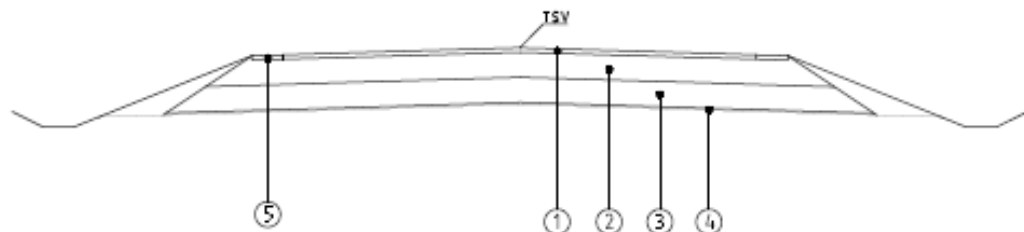
E = 158 MN/m²

Yhteensä 770 mm

Laskennallinen routanousu 98 mm

KIERTOTIE
1:100

fill-R -kaerakenne
sH-870-fill-R



Kiertotie	
1	Asfaltti AB
2	Kantava/Jakava KaM #0-55
3	Suodatin fill-R #0-40
4	Suodatinkangas
5	Piennartäyte KaM #0-16

E = 156 MN/m²

Yhteensä 870 mm

Laskennallinen routanousu 32 mm

4.4 LUPAMENETTELY

Materiaalin käyttöä koskeva lupamenettely on normaalisti MARA-asetuksen ilmoitusmenettelyn alainen, mutta rakenteeseen sijoitetun materiaalin määrän jäädessä alle 1000 tonniin, viranomaisten ohjeistuksesta MARA-ilmoituksen sijaan tehtiin Porin kaupungin ympäristöviranomaisille ilmoitus jätteen hyödyntämisestä maaperässä.

Ilmoitukseen liitettiin seuraavat asiakirjat:

- allekirjoitettu ilmoitus jätteen hyödyntämisestä maaperässä
- periaatepoikkileikkauskuva suunnitellusta rakenteesta sekä vertailurakenteesta
- geotekninen suunnitelmaselostus
- karttakuva, jossa osoitetaan, että tiealueella ei ole merkittyä kiinteistötunnusta
- karttakuvaan sinisellä merkitty kiertotien sijainti
- kokouskutsu, jossa osoitetaan, että ELY-keskus on ottanut alueen hallintaansa

4.4 MATERIAALIN KÄSITTELY JA TYÖSTÄMINEN RAKENNUSVAIHEESSA



5 Kuva: Infra TR -materiaalin ajo rakenteeseen

Välivarastosta materiaali ajettiin neljällä kasettiautolla suoraan kaivinkoneen eteen levitettäväksi. 1000 tonnia materiaalia ajettiin rakenteeseen noin kuudessa tunnissa. Tuhkarae ajettiin suoraan täytemaasta tehdyn penkereen päälle, johon oli levitetty suodatin kangas. Kaivinkone työskenteli tuhkarakeen päällä tiivistäen materiaalia painollaan jo levitysvaiheessa. Kaivinkoneella yli ajettaessa tiivistämätön tuhkarae saatiin niin kantavaksi, että kuorma-autot pystyivät ajamaan materiaalin päällä.

Levitystä viimeisteltiin noin 45 minuuttia viimeisen kuorman tultua ja tämän jälkeen materiaalia jyrättiin noin 1,5 h. Kokonaisuudessaan 100 metrin mittaiselle tieosuudelle suodatinkerroksen rakentaminen rakeistetusta tuhkasta kesti noin 8 tuntia.



6 Kuva: Materiaalin levittämistä vaihtelevissa sääoloissa.

Rakentamispäivän sääolosuhteet olivat vaihtelevat. Aamulla satoi ja aamupäivällä tuuli nava-kasti. Materiaalin levittäminen kaivinkoneella tapahtui perinteisin työmenetelmin. Materiaali ei aiheuttanut tavanomaisia materiaaleja suurempaa pölyämistä. Kun materiaali oli saatu levitettyä kaivinkoneella, se tiivistettiin 13 tn painoisella täryjyrällä työohjeen mukaisesti 6-7 kertaa yli jyräämällä.



7. Kuva: Materiaali tiivistettiin 13 tn jyrällä.

5. RAKENTEEN INSTRUMENTOINTI

Koerakenteen pituus oli noin 100 metriä, ja tarkoituksena oli seurata tuhkarakeella tehdyn koerakenteen deformaatiota ja urautumista, sekä tuhkarakeen murskautumista rakentamisen ja käytön eri vaiheissa. Murskautumista ja urautumista seurattiin rakenteeseen sijoitettavien tuhkarapussien avulla. Menetelmä perustuu siihen, että pusseihin täytetyn tuhkarakeen rakeisuuskäyrä tunnetaan ja dokumentoidaan tarkasti. Pussin materiaali päästää veden läpi, mutta hienoaines jää pussin sisään. Seurantajakson päätyttyä materiaalin rakeisuus voidaan tarkistaa uudestaan, ja rakeisuuskäyriä vertailemalla todeta mahdollinen jauhautuminen/murskautuminen. Kokeessa tutkittiin lisäksi materiaalin jauhautumista sekä rakenteen muodonmuutosta erilaisilla Ecolan Infra® TR ja KaM 0/55 kerrospaksuuksilla (40cm-40cm, 50cm-30cm) sekä rasisutuk-siltaan erilaisissa tien kohdissa (mutka/notkelma, liittymä, suora tieosuus).

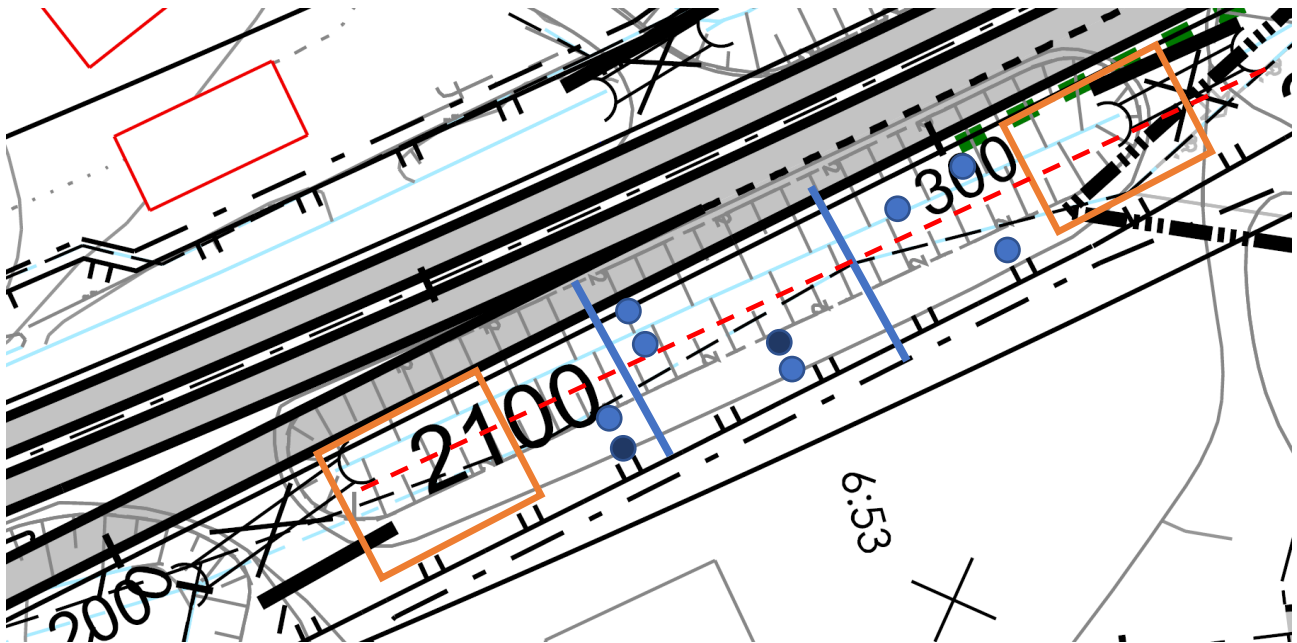
Oheinen kuva (Kuva 8) osoittaa instrumentointien sijainnin rakenteessa:

Siniset viivat: vaakasuuntaiset näytteet tien leveydeltä

Oranssit suorakulmiot: alueet, joissa tehty siirtymäkiilat (kerrospaksuudet vaihtelevat)

Siniset ympyrät: rakenteeseen jätetyt pussit (40 cm ja 50 cm tuhkarakekerros)

Tummansiniset ympyrät: rakenteesta jyräämisen jälkeen nostetut pussit (40 cm tuhkarakekerros)



8 Kuva: Suunnitelma rakenteen instrumentoinnista

Vaakasuuntaisesti otetut näytteet tierakenteen leveydeltä

Alkuperäisenä suunnitelmana oli asettaa Ecolan Infra® TR tuhkarakkeella täytetyt koko tierakenteen levyiset kangasputket kolmeen rasitukseltaan mahdollisimman erilaiseen kohtaan kierto-tien koerakenteessa.

Tarkoituksena oli, että pussi, joka on täytetty Ecolan Infra® TR-rakeella, tehdään rakennetta pidemmäksi, ja jätetään hieman löysäksi, jotta rae pääsee tiivistymään ja liikkumaan luontaisesti. Putkien oli tarkoitus olla rakenteessa koko koerakenteen käyttöajan.

Ensimmäisen testauksen osalta kuitenkin todettiin putkien painon kasvavan niin suureksi, ettei niiden asentamista rakenteeseen voitu mielekkäästi toteuttaa ilman nostovälineitä, joita ei rakennuskohteelle ollut mahdollista saada. Pitkittäispussien sijaan päädyttiin ottamaan levitetyn (ei jyrätyn) näytteen pinnasta koontinäyte tien poikittaisessa suunnassa kerätyistä osanäytteistä. Koontinäytteen voidaan olettaa edustavan kattavasti levitetyn materiaalin pintakerroksen rakeisuuskäyrää. Tällaisia poikittaissuunnassa otettuja koontinäytteitä otettiin kahdesta olosuhteiltaan mahdollisimman erilaisesta paikasta koerakenteessa. Näytteiden rakeisuuskäyrät on kuvattu myöhemmin tässä raportissa.

Lyhyet pystysuuntaisesti rakenteeseen asetettavat pussit

Pystysuuntaisia pusseja asetettiin rakenteeseen yhteensä 9 kappaletta, kaksi samanlaista kerrallaan samalle linjalle tiessä, noin 1-2 m etäisyydelle toisistaan. Näin seurantapussit eivät häiriinny siitä, että toinen näyte poistetaan rakenteesta aiemmin, ja toinen jää rakenteeseen. Näyteparien väliin jätettiin 10-20 m. Pussit täytettiin tuhkarakkeella, jonka rakeisuuskäyrä on dokumentoitu ja pussit sijoitetaan koerakenteen mukaiseen Ecolan Infra® TR-kerrokseen siten, että kolmessa näyteparissa pussit täytettiin 60 cm korkeudelle tuhkarakeella (tiivistymiskertoimen mukaisesti tiivistetty pinta 40 cm) ja kolmessa näytteessä 70 cm korkeudelle (tiivistymiskertoimen mukaisesti tiivistetty pinta 50 cm). KaM-kerrosta oli tarkoitus ohentaa samassa suhteessa. Näin pystytään vertailemaan tuhkarakkeen kestävyyttä myös pienemmillä KaM-kerroksilla. Jotta rakenteiden erilainen kuormitus voitiin varmistaa, suuremman kerrospaksuuden pussit sijoitettiin rakenteeseen, jossa kerrospaksuus on korotettu kokonaisuudessaan noin 15 metrin matkalta.

Ensimmäiset pussit 40 cm näytepareista (yhteensä 2 kpl) poistettiin heti jyräyksen jälkeen kerroksesta, jotta voitiin arvioida jyräyksen vaikutus murskautumiseen. 40 cm näyteparien jäljelle jääneet pussit (4 kpl) jätettiin rakenteeseen koerakenteen käytön päättymiseen saakka. Samoin 50 cm näytteet (3 kpl) jätettiin kaikki rakenteeseen. Näin kummallakin kerrospaksuudella saatiin riittävä määrä näytteitä vertailtavaksi.

Näytepussien pohjalta ja pinnasta erotettiin suodatinkankaalla 10 cm paksuiset osiot, joiden rakeisuus oli tarkoitus dokumentoida erikseen. Suodatinkankaan tarkoituksena oli estää hienoaineksen valuminen pohjalle pussin pohjalle, jolloin hienoaineksen määrää mahdollisen murskautumisen seurauksena voitiin luotettavammin verrata heti jyräyksen jälkeen poistettujen näytepussien rakeisuuskäyriin.

9 a-d Kuvat: Seurantapussien instrumentointi rakenteeseen.



A Täytetty näytepusi tuettuna rakenteeseen.



B Näyte rakenteessa odottamassa jyräystä.



C Kuva pinnasta jyräyksen jälkeen



D Murtumien dokumentointia

6. DEFORMAATIOON VAIKUTTAVAT TEKIJÄT JA LÄHTÖTIEDOT

6.1 PÄÄLLYSTEEN PAKSUUS

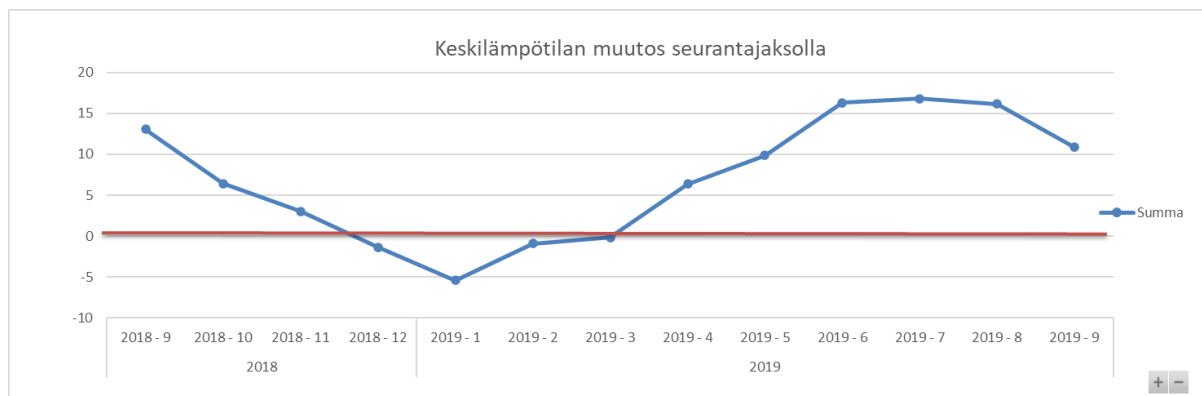
Kohde päällystettiin lokakuussa 2018. AB-päällysteen paksuus oli 70 mm, eli kyseessä on ns. ohutpäällysteinen tierakenne, joka on tyypillinen rakenneratkaisu väliaikaisesti käytössä oleville väylärakenteille. Ohutpäällysteisillä (≤ 80 mm) tierakenteilla verkkohalkeamien muodostuminen poikkeaa paksujen päällysteiden väsymisvaurioitumismekanismista. Ohutpäällysteisillä tierakenteilla sitomattomien kerrosten pysyvät muodonmuutokset (urautuminen) muodostuvat suuriksi, ja ohutpäällysteinen kiertotie soveltui hyvin materiaalihyväksynnän koerakenteeksi, sillä mahdolliset rakenteen muodonmuutokset ilmenevät lyhyessä ajassa.



10 Kuva: AB-päällysteen paksuus kiertotiellä oli 70 mm, eli kyseessä oli ohutpäällysteinen väylä.

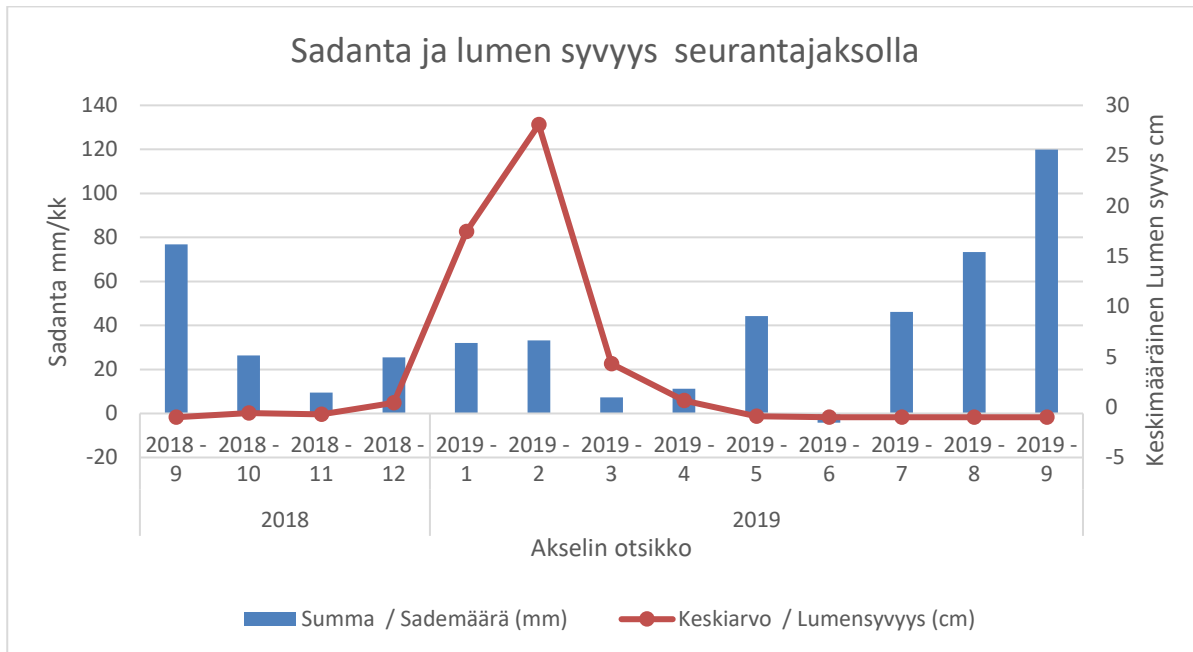
6.2 SÄÄOLOSUHTEET

Seurantajaksolla terminen talvi alkoi 13.12.2018 ja päättyi 14.3.2019. Talvi oli leuto. Seurantajakson pakkaskertymä laskettiin negatiivisten tuntiasteiden summana.

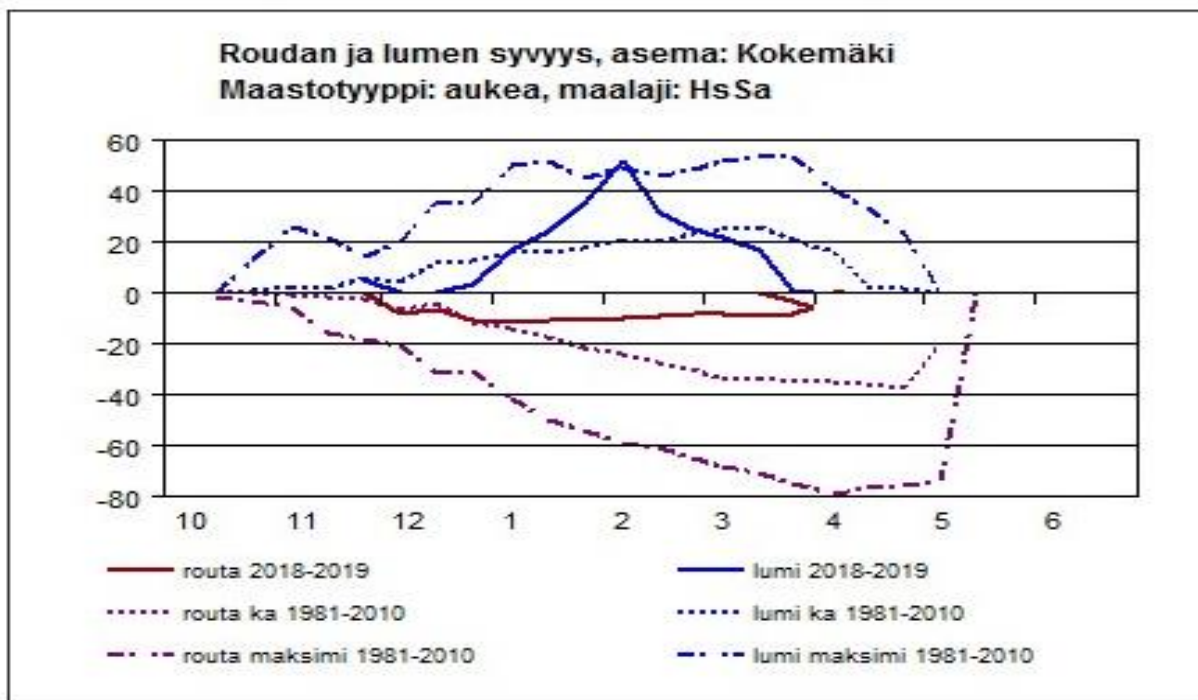


Pakkaskertymä oli 9857 °Ch. Tammikuu 2019 oli seurantajakson kylmin kuukausi, jolloin keskilämpötila oli koko kuukauden ajan pakkasella.

Lumen syvyys oli seurantajakson aikana merkittävästi pitkän ajan keskiarvoa suurempi. Keskimäärin lumensyvyys tammi-helmikuussa 2019 oli yli 20 cm.



Merkittävästi keskiarvoa paksumman lumipeitteen ja leudon talven vuoksi roudan syvyys seurantajaksolla jäi pieneksi. Maa oli sula roudasta poikkeuksellisen aikaisin, jo maaliskuussa.



6.3 LIIKENNEKUORMITUS

Koerakenteen liikennekuormitus oli n. 4 724 ajoneuvoa/vrk, josta raskasta n. 14 %. Tämä tarkoittaa, että koerakennetta kuormitti noin 660 raskasta ajoneuvoa vuorokaudessa. Kapeaksi rakennettu väylä, jonka profiili oli suunniteltu estämään suuria nopeuksia, oli omiaan kuormittamaan koerakennetta mahdollisimman paljon.



11 Kuva: Tyypillinen väylällä kulkeva raskaan liikenteen ajoneuvo koerakennetta kuormittamassa.

7 RAKENTEESEURANTA

Kiertotie ja siinä sijainnut koerakenne olivat käytössä liikennekäytössä lokakuusta 2018 syyskuuhun 2019. Tänä aikana koerakenteen sekä vertailurakenteen kestävyyttä ja käyttäytymistä seurattiin silmämääräisesti sekä kantavuusmittauksin. Lisäksi kohteella saatiin käyttöön data PTM-mittauksista, joita Destia toteutti Väylävirastolle.

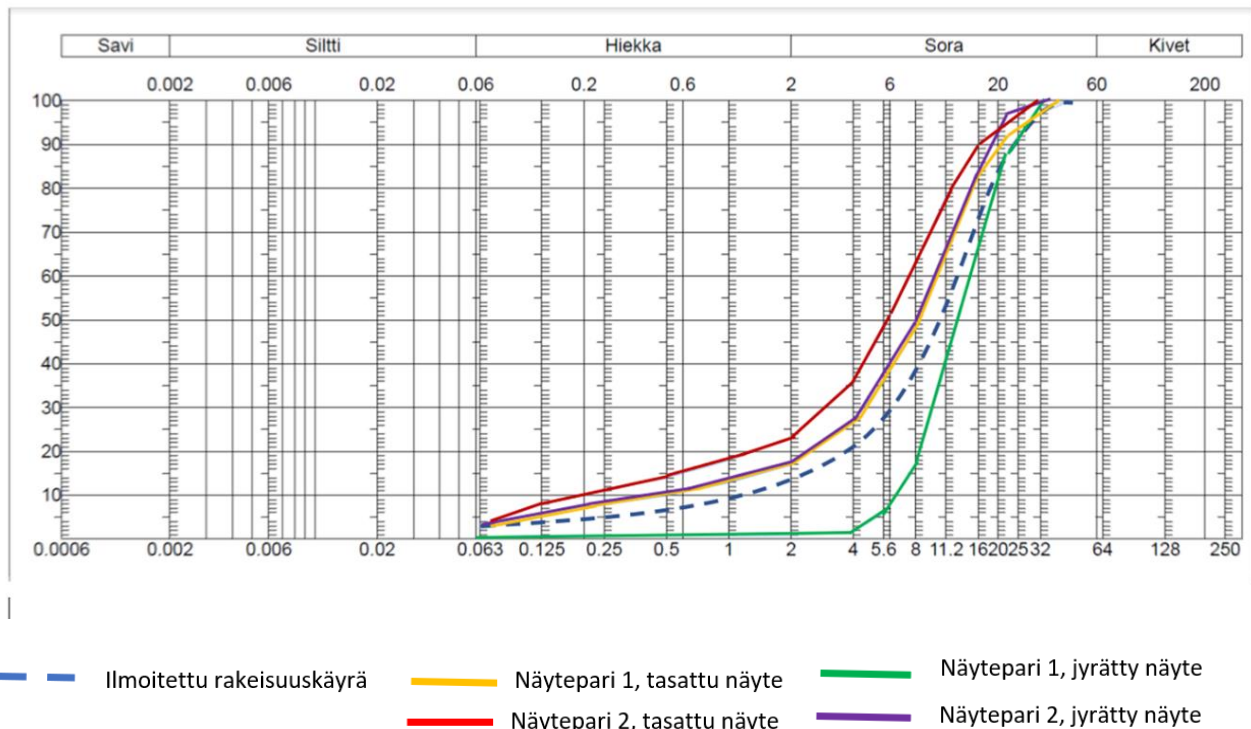
7.1 RAKEISUUS JA JAUHAUTUMINEN ENNEN LIIKENNÖINTIÄ JA KÄYTÖN PÄÄTTYTTYÄ

Heti tasauksen ja jyräyksen jälkeen rakenteesta poistettujen näytepussien rakeisuuskäyrät arvioitiin Kivilabra Oy:n toimesta. Rakeisuuskäyrien vertailu osoittaa, että jyräys suoraan Infra® TR rakenteen pinnalta ei murskannut merkittävästi rakeita; hienoaineksen määrä rakenteen pinnalla ei lisääntynyt merkittävästi jyräyksen jälkeen.

Rakeissa havaittiin joitain pintahalkeamia raekooltaan suurimpien rakeiden pinnalla, mutta jauhautumista ei tapahtunut. Kuva alla osoittaa raekokojakauman olevan yhtenäinen materiaalin ilmoitetun rakeisuuskäyrän kanssa sekä tasauksen jälkeen että jyräyksen jälkeen.

Toisaalta kohteen näytteistä otetut rakeisuusnäytteet osoittavat, että työmaaolosuhteissa otetut näytteet voivat olla keskenään jonkin verran vaihtelevia, koska partikkelikooltaan suurempia rakeita voi olla tietyssä ennalta määritellyssä näytteenottokohdassa pinnassa enemmän kuin keskimäärin. Esimerkiksi näyteparin 1 jyrätyssä rakeisuusnäytteessä on jokin verran keskiarvoa enemmän suuria rakeita, joten rakeisuuskäyrä poikkeaa ilmoitetusta. Rakentamisen aikana materiaalissa ei ollut nähtävissä lajittumista, joka voisi selittää eriävän rakeisuuskäyrän, vaan kyse on pienen näytekoon aiheuttamasta vääristymästä.

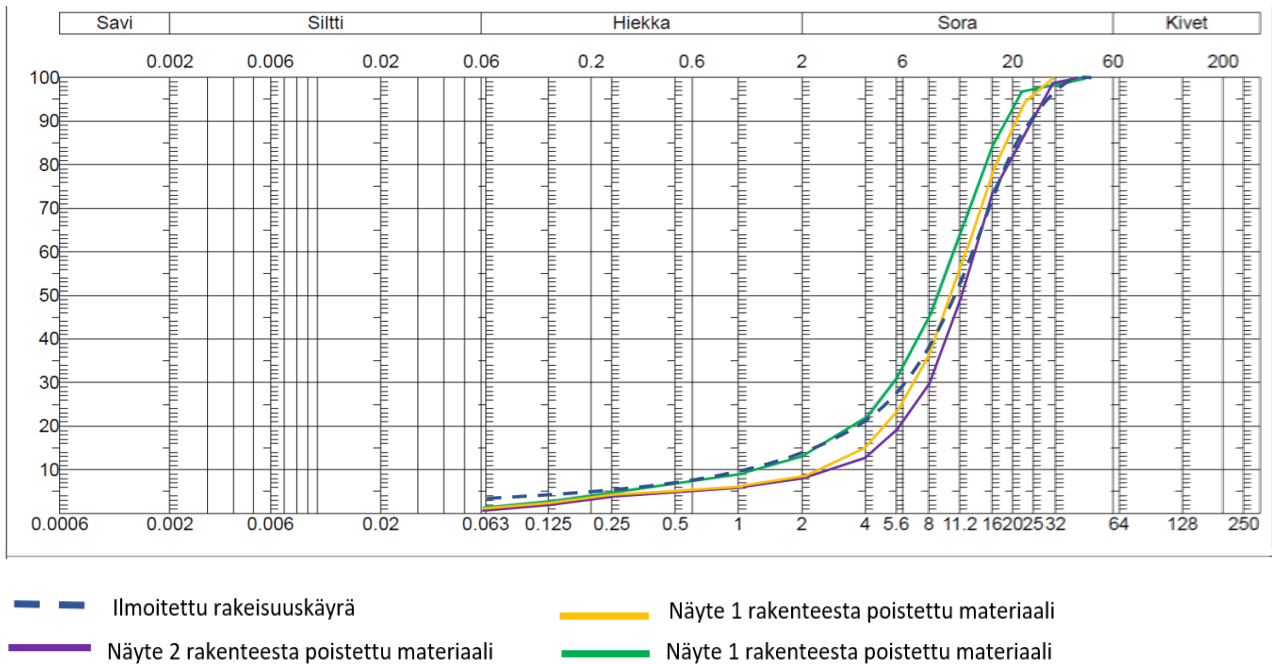
Infra TR-rakenteen pinnan raekokojakaumat tasauksen ja jyräyksen jälkeen.



Liikennöinnin päättymisen jälkeen kierotien purkamisen yhteydessä otettiin uudet rakeisuusnäytteet, joiden rakeisuuskäyrät toimitettiin tukittavaksi Kivilabra Oy:lle. Rakeisuuksia verrattiin lähtötilanteen rakeisuuskäyrään. Lisäksi silmämääräistä raehalkeamien muodostumista dokumentoitiin. Ennakko-oletuksena oli, että mahdollinen murskautumisesta johtuva lisääntynyt hienoaines kulkeutuisi rakenteessa alaspäin, ja näin vääristäisi rakeisuuskäyrän tulosta jonkin verran, mutta rakeisuuskäyrien vertailun perusteella jauhautumista ei tapahtunut sellaisessa mittakaavassa, että se olisi vaikuttanut rakeisuuskäyriin. Rakeisuuskäyrät on esitetty seuraavalla sivulla.

Puretusta rakenteesta saatiin kolme näytettä, jotka osoittavat, ettei materiaali jauhautunut tai lajittunut rakenteessa myöskään käytön aikana. Kaikki kolme näytettä osoittavat, että materiaali vastaa ilmoitettua rakeisuuskäyrää myös rakenteesta poiston jälkeen.

Liikennöinnin päättymisen jälkeen otettujen materiaalinäytteiden rakeisuuskäyrät



12 Kuva: Rakenteesta poistettuja tuhkarakeita

Viereisessä kuvassa on esitetty rakenteesta poistetusta materiaalinäytteestä poimittuja esimerkinomaisia rakeita. Kuvassa vasemmalla tyypillinen tuhkarae, jossa ei näy rakenteesta poistamisen jälkeen merkkejä ulkoisista vaurioista. Oikealla yksittäinen rae, jonka kuorikerros on luultavasti kovan pistekuorman vuoksi murtunut, ja kuorikerroksen pinta on särötynyt kauttaaltaan. Aiemmin esitetyt rakeisuuskäyrät kuitenkin osoittavat, ettei rakeiden murtuminen ole yleistä, koska rakenteesta poistetun materiaalin rakeisuuskäyrät vastaavat edelleen ilmoitettua rakeisuutta.

On todennäköistä, että säröttyneen rakeen vauriot ovat syntyneet jo ennen rakenteeseen laittamista esimerkiksi kaivinkoneen telan tai kauhan aiheuttaman painon vaikutuksesta. Seuraavalla sivulla on esitetty kuvin materiaalien yleisilmettä vuosilta 2018 sekä 2019. Kuvista voidaan todeta, ettei materiaali ole yleisilmeeltään muuttunut rakenteessa.



13 Kuva: Materiaalin yleisilmettä rakentamisvaiheessa syyskuussa 2018



14 Kuva: Materiaalin yleisilme rakenteesta poistamisen jälkeen syyskuussa 2019

7.2. PUDOTUSPAINOLAITEMITTAUSTEN TULOKSET

Koerakenteen ja vertailurakenteen eri kerrosten materiaalien käyttäytymistä liikennekuormituksen alaisena voidaan tarkemmin kuvata tien pinnan pystysuoralla taipumalla, josta voidaan laskentakaavojen avulla johtaa kantavuuslukuja rakenteelle ja eri materiaalikerroksille, kun kerrospaksuudet tiedetään. Pudotuspainolaitteella voidaan simuloida liikennekuormitusta, jolloin mitataan tiehen kohdistuva voima ja siitä aiheutuva taipuma. Taipuma mitataan yleensä levyn keskeltä sekä useammalta etäisyydeltä kuormituslevystä, jolloin saadaan määritettyä kuorman aiheuttama taipumasuppilo. Eri etäisyyksillä mitattujen taipumien katsotaan kuvaavan tien rakennekerrosten ja alusrakenteen ominaisuuksia vastaavilla syvyyksillä.

Kuormituskeskipisteen taipuma kuvaa koko rakenteen taipumaa ja 300 mm etäisyydellä tapahtuva taipuma kuvaa taipumaa 300 mm syvyydellä, 900 mm etäisyyden taipuma kuvaa taipumaa 900 mm syvyydellä ja niin edelleen. Kun oletetaan, että mitattavat taipumat vastaavat rakennekerrosten rajapintoja, voidaan selvittää ainakin suuntaa antavasti eri kerrosten jäykkyydet.

Pudotuspainolaitemittaukset tehtiin ensimmäisen kerran 16.11.2018, ja toisen kerran 2.6.2019 pudotuspainolaitteella (Kuab FVD-50). Mittaukset suoritti West Coast Roadmasters Oy. Pudotuspainolaitemenetelmä soveltui koerakenteen kantavuuden mittaamiseen erityisesti siksi, että se on menetelmänä levykuormituskoetta huomattavasti nopeampi toteuttaa, ja aiheutti näin vähemmän haittaa kiertotien liikenteelle. Väylä oli vilkkaasti liikennöity ja turvallisuuden varmistamiseksi mittauslaitteen takana käytettiin törmäriautoa.

Molemmilla mittauskerroilla mittaukset tehtiin 10 metrin välein koko koerakenteen ja vertailurakenteen osuudelta kummaltakin kaistalta. Vastakkaisilla kaistoilla mittaukset sijoitettiin 5 metrin välein toisiinsa nähden. Pudotuspainolaitteiden mittauksia analysoitaessa heti mittauksen jälkeen laskettiin E2-moduuli. E2-moduuli kuvaa mitatun rakenteen keskimoduulia (MN/m²). Luvun avulla simuloidaan karkeasti levykuormituskokeen tuloksia. Rakennekerroksia ei ole eritelty, eli luku antaa karkean käsityksen rakenteen kantavuudesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Mitattuja kantavuustuloksia verrattiin kierotielle määriteltyyn tavoitekantavuuteen, joka oli 220 MPa.

Mittaus 16.11.2018.

Ensimmäisellä mittauskerralla 16.11.2018 mitatuissa kantavuuksissa eri rakenteiden välillä ei ollut merkittävää eroa;

Paaluvälillä 20-90 Infra® TR 40cm rakenteessa keskimääräinen muodonmuutosmoduuli E2 oli 227 MPa, yksittäisten mittausarvojen vaihdellessa välillä 175...288 MPa.

Paaluvälillä 95-130 Infra® TR 50cm rakenne sai keskimääräisen kantavuustuloksen 284 MPa mittausarvojen ollessa vaihteluvälillä 200...363.

Paaluvälillä 160-200 vertailurakenteena toimineen KaM 70 cm rakenteen keskiarvoiseksi muodonmuutosmoduuliksi mitattiin 253MPa, vaihteluvälin ollessa 231...289MPa.

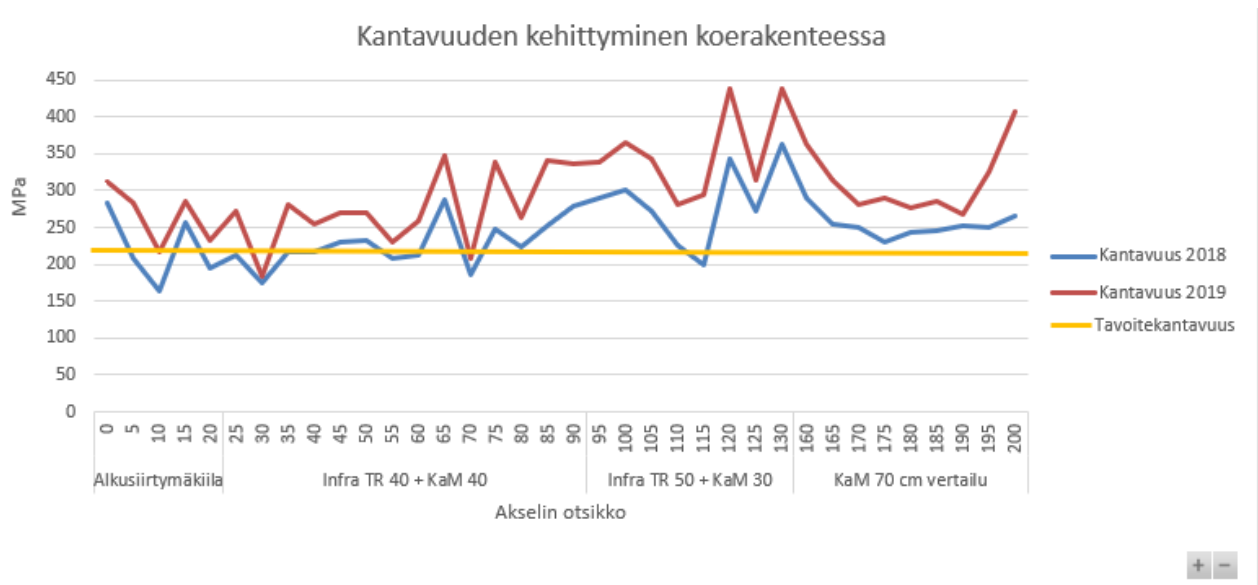
Mittaus 2.6.2019.

Toisella mittaukskerralla 2.6.2019 mitatut kantavuudet olivat parantuneet kaikissa rakenteissa, eikä niissä ollut myöskään merkittävää vaihtelua.

Paaluvälillä 20-90 Infra TR 40cm keskimääräiseksi rakenteen kantavuudeksi mitattiin 276 MPa yksittäisten mittaustulosten ollessa välillä 183...348.

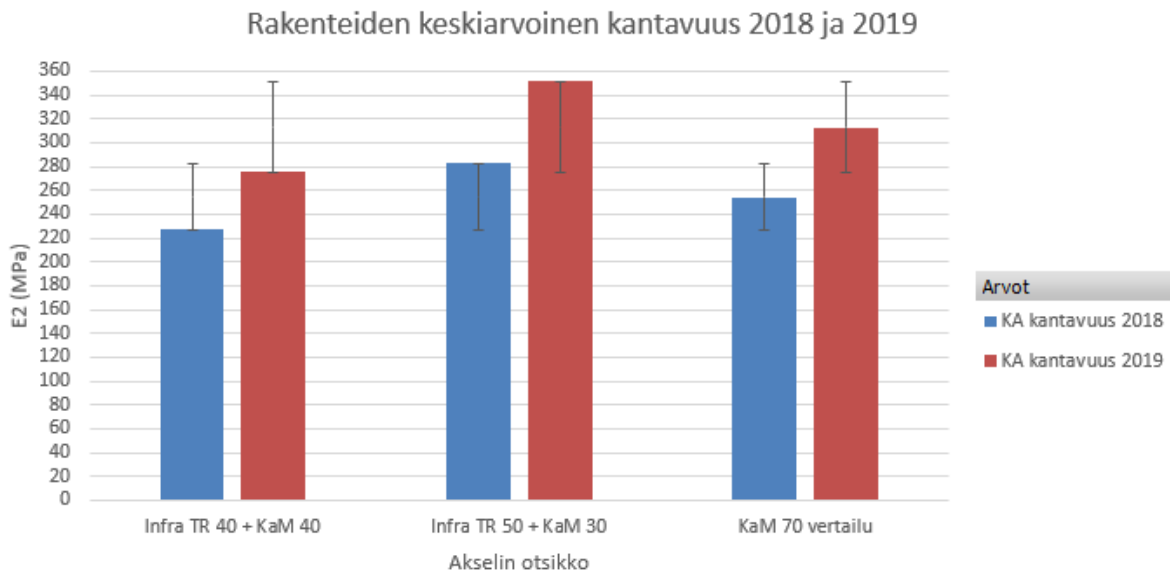
Paaluvälien 95-130 Infra TR 50 cm rakenteen keskimääräiseksi kantavuudeksi mitattiin 351 MPa vaihteluvälin ollessa 280...438.

Paaluvälien 160-200 vertailurakenteen KaM 70 cm keskimääräinen kantavuus oli toisella mittaukskerralla 312 MPa yksittäisten mittausarvojen ollessa 267...407 MPa.

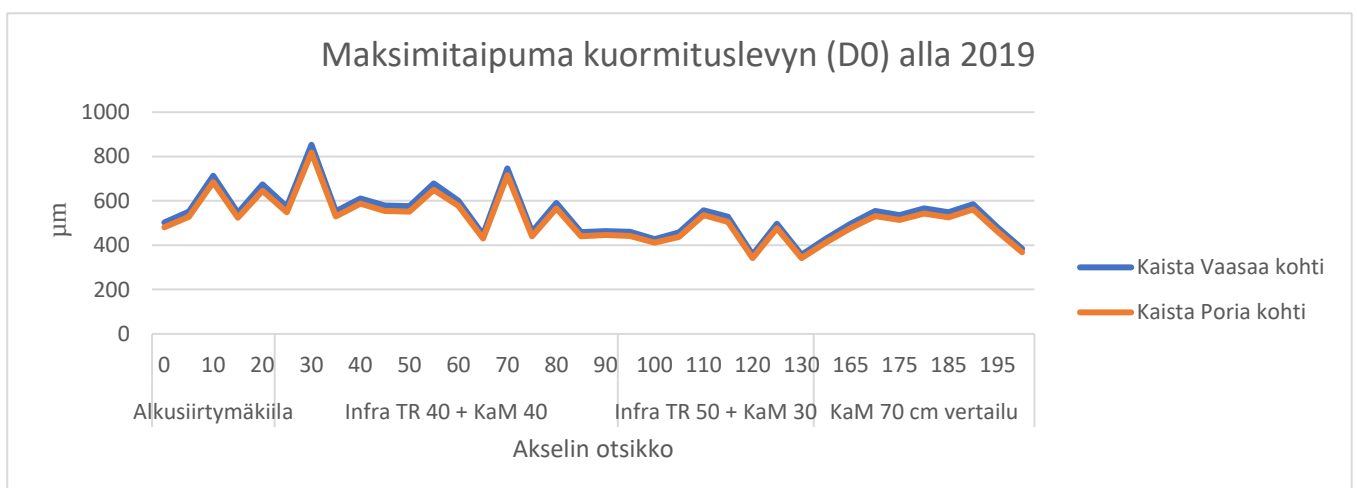


Mittaukskertojen välillä Infra TR 40 cm rakenteen kantavuus parantui keskimäärin 48 MPa, Infra TR 50 cm rakenteessa keskimäärin rakenne parani 68 MPa, ja KaM 70 cm rakenteen kantavuus parani keskimäärin 58 MPa. Kantavuuden parantumisen erot eri rakenteiden välillä eivät ole merkitseviä, ja mittaustulokset osoittavat, että kaikissa mittauspisteissä tapahtui kantavuuden parantumista samassa suhteessa. Alkuperäiset mittausraportit kantavuusmittauksista on esitetty raportin liitteenä, mutta kokonaiskuvan saamiseksi mittausraporteista saatua dataa esitellään seuraavan sivun kuvaajissa. Mittauksissa ei ilmennyt eroavaisuuksia kantavuuksissa eri kaistojen välillä.

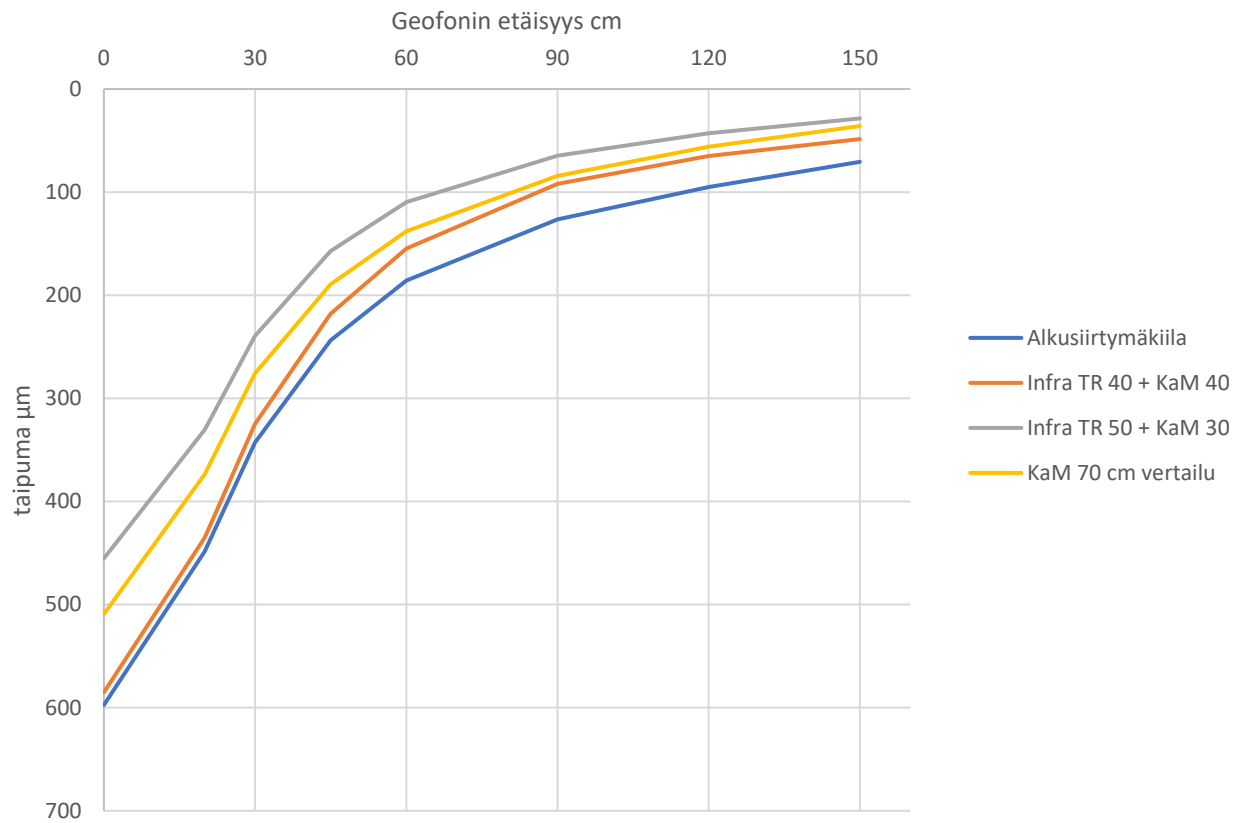
Kuvaaja osoittaa eri rakenteiden keskiarvoisen kantavuuden ja niiden välisen muutoksen ensimmäisen (2018) ja toisen (2019) mittauskerran aikana.

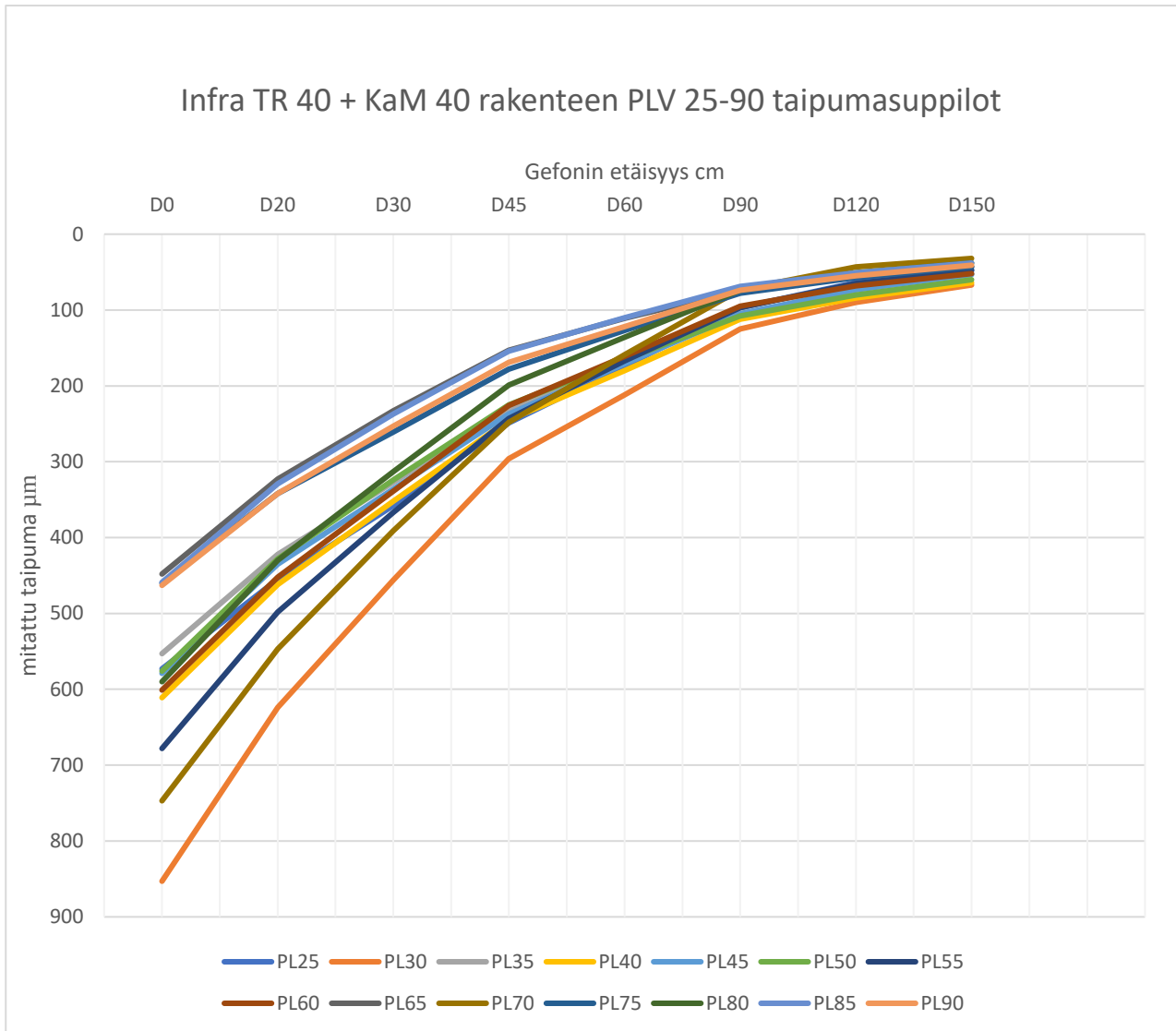


Alla oleva kaavio kuvaa kantavuuden kehittymistä mittauskertojen välillä suhteessa määritellyyn tavoitekantavuuteen 220 MPa. Kuvaaja osoittaa, että sekä Infra TR -rakenne että vertailurakenne täyttivät jo ensimmäisellä mittauskerralla vaadittavan kantavuuden. Kantavuus parantui molemmilla rakenteilla toisella mittauskerralla, ja kantavuuden parantuminen oli systemaattista kaikissa rakenteissa.



Rakenteiden taipumasuppilot 2019





7.3 PALVELUTASOMITTAUKSET

Palvelutasomittauksissa tien päällysteestä mitataan pituus- ja poikkisuuntaista epätasaisuutta kuvaavia tunnuslukuja, joita ovat mm. urasyvyys (URA, mm), tasaisuus (IRI, mm/m), sivukaltevuus ja harjanteen korkeus (mm). Mitattujen tunnuslukujen avulla voidaan luokitella päällystetyn tien kuntoa ja sen vaurioitumista. Destian 11.4.2019 suorittaman palvelutasomittauksen datasta esitellään **urasyvyyden ja harjanteen tunnusluvut** kohteelta, sillä näiden on todettu parhaiten indikoivan mahdollisesta väylärakenteen deformaatiosta johtuvia vaurioita.

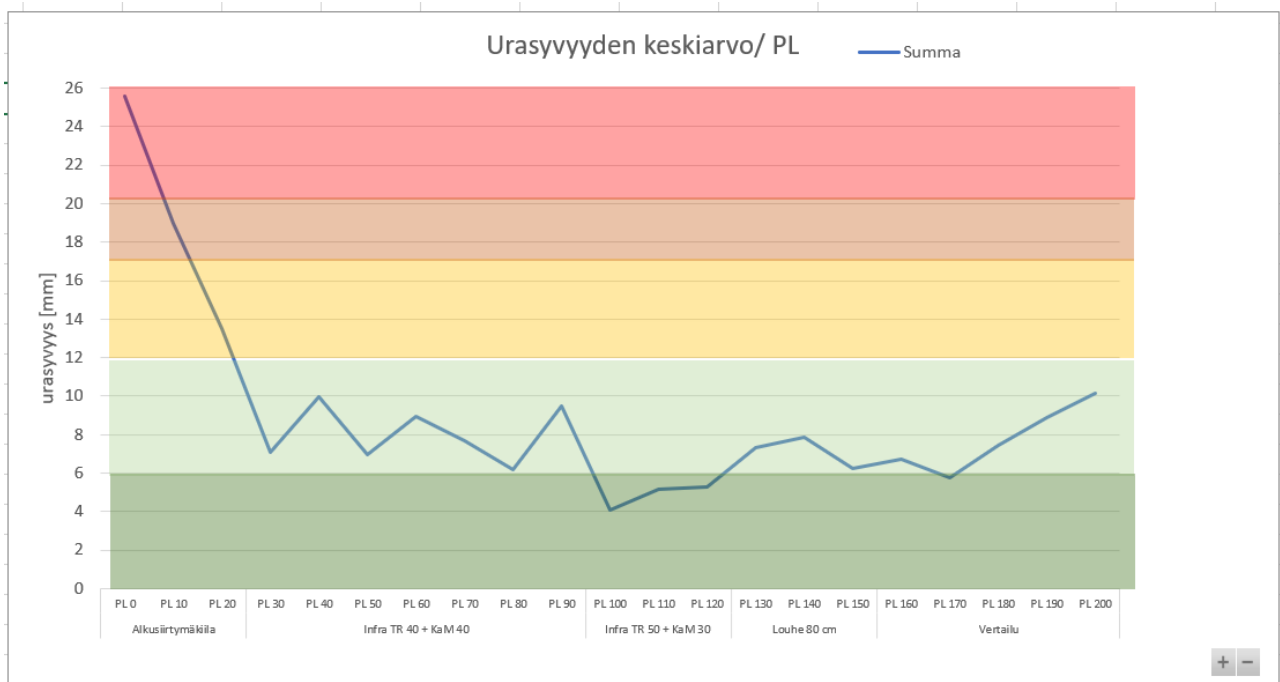
Urasyyvyys

Urasyyvyys on yksi keskeisimmistä tunnusluvuista tien poikittaisen epätasaisuuden arvioinnissa. Suuri urasyvyys voidaan normaalisti paikantaa tienpinnasta näköhavainnoin. Tierakenteen urautumista seurattiin koerakenteen seuranta-aikana, koska urasyvyys kuvaa tierakenteen deformaatiokestävyyttä verrattain hyvin.

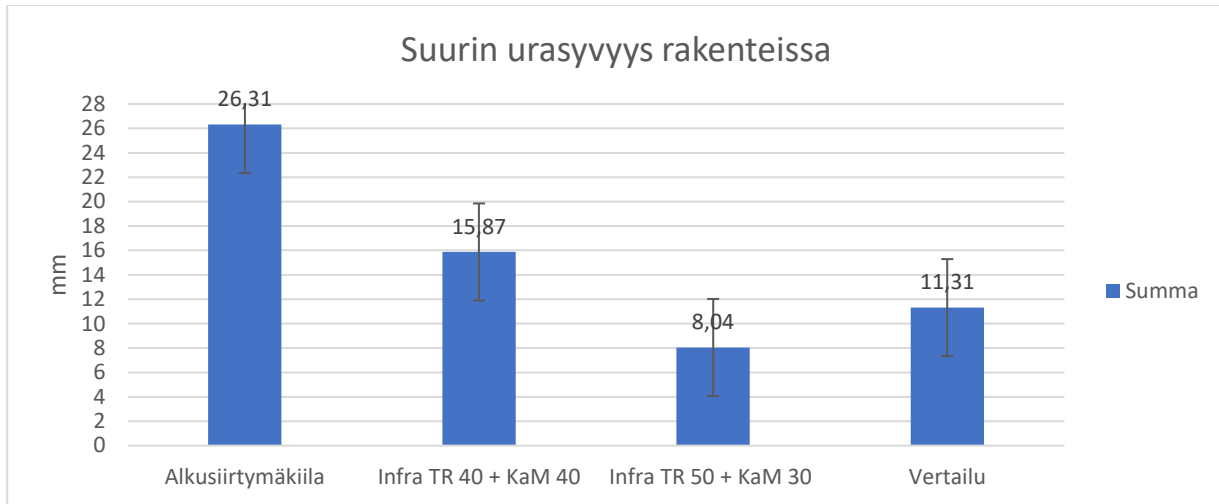
Urasyyvyys määritettiin yksittäisten lasereiden 10 m:n matkan havaintojen keskiarvoista kiertotien ja koerakenteen lyhyiden takia. Syvyyksien arvot annetaan millimetreinä ja vilkasliikenteillä teillä hyvänä arvona voidaan pitää arvoja, jotka ovat välillä 6–12 mm ja huonoina suurempia kuin 17,0 mm. Alla olevan taulukon mukaisesti lasketun KVL:n sekä suurimman sallitun ajonopeuden mukaan kiertotietä arvioitiin urasyyvyysien raja-arvoilla, jotka ovat luokassa KVL 1500-5999; nopeusrajoitus 60 km/h.

KVL (ajon./vrk)	Nopeusrajoitus (km/h)	Urien raja-arvot kuntoluokittain				
		Erittäin hyvä	Hyvä	Tyydyttävä	Huono	Erittäin huono
6000 A1	120	≤ 5,0	5,1-8,0	8,1-13,0	13,7-17,0	> 17,0
	100	≤ 5,0	5,1-9,0	9,1-14,0	14,1-18,0	> 18,0
	80	≤ 5,0	5,1-10,0	10,1-15,0	15,1-19,0	> 19,0
	≤ 60	≤ 5,0	5,1-11,0	11,1-17,0	17,1-20,0	> 20,0
1500-5999	100	≤ 6,0	6,1-10,0	10,1-14,0	14,1-19,0	> 19,0
	80	≤ 6,0	6,1-11,0	11,4-15,0	15,1-20,0	> 20,0
	≤ 60	≤ 6,0	6,1-12,0	12,1-17,0	17,1-21,0	> 21,0
350-1499	100	≤ 7,0	7,1-11,0	11,1-15,0	15,1-20,0	> 20,0
	80	≤ 7,0	7,1-12,0	12,1-16,0	15,1-21,0	> 21,0
	≤ 60	≤ 7,0	7,1-13,0	13,1-18,0	18,1-22,0	> 22,0

Alla oleva kuvaaja esittää paalukohtaisesti urasyyvydet kullakin paalulla paaluväliltä saatujen mittaustulosten keskiarvona. Kuvaajasta voidaan nähdä, että sekä Infra® TR 40 cm + KaM 40 cm -rakenteessa, Infra® TR 50 cm + KaM 30 cm että vertailurakenteessa KaM 70 cm urasyyvyys oli 7 kk liikennöinnin jälkeen oli tasolla Hyvä, eli 6–12 mm. Infra® TR rakenteessa urasyyvyys vaihteli jonkin verran enemmän kuin vertailurakenteessa.



Suurimpien yksittäisten urasyvyysarvojen suhde kunkin rakenteen keskimääräisiin urasyvyysiin on esitetty alla olevassa kuvaajassa. Kuvaajassa nähdään urasyvyystulosten seuraavan myös kantavuusmittauksista saatuja tuloksia, mikä osoittaa sen, että urautuminen liittyy rakenteen deformaatioon esimerkiksi siirtymäkiilan osalta.



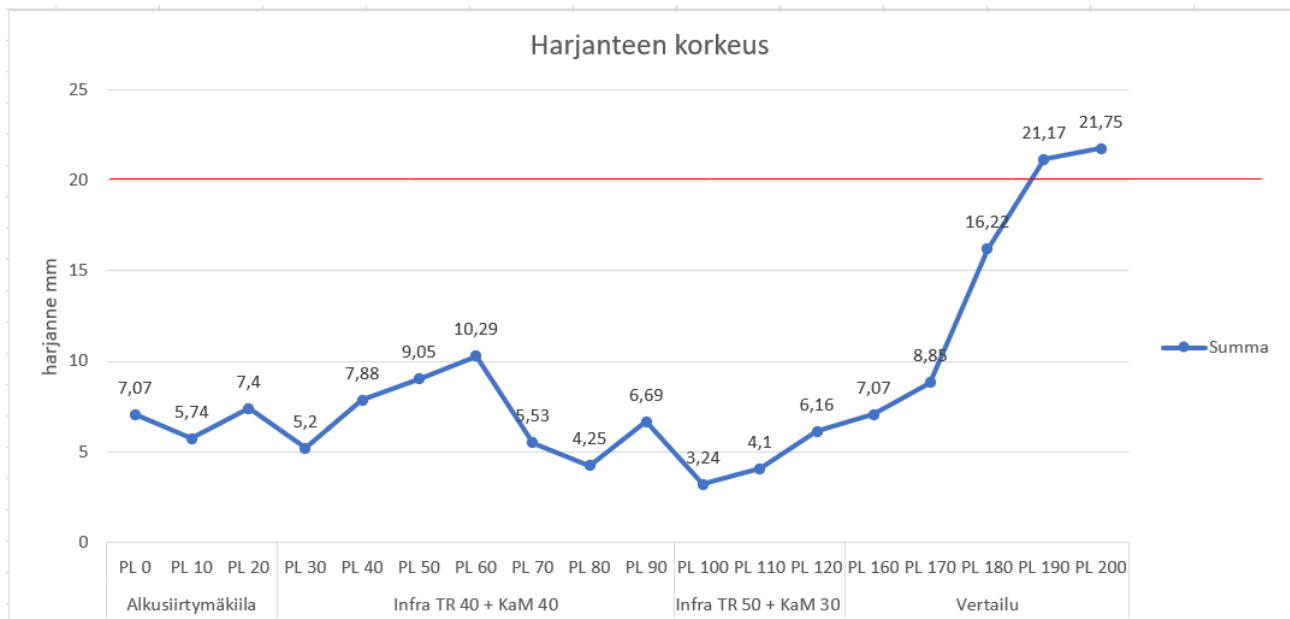
Harjanne

Harjanne -tunnusluku soveltuu ajoradan uraisuutta kuvaavaksi kuntomuuttujaksi tieverkolla, missä nastarengaskulutus ei ole merkittävä tekijä, vaan urautuminen aiheutuu sidotuissa ja sitomattomissa rakennekerroksissa sekä alusrakenteessa tapahtuvan deformaation seurauksena. Harjanteen korkeutta voidaan karkeasti arvioida alla olevan kriteeristön mukaisesti.

Harjanteen korkeus	Kommentti
< 20 mm	Normaaleja poikkileikkauksen arvoja
20–40 mm	Tien poikkileikkauksessa vikaa
kasvunopeus > 5 mm / v	Suuri vuosimuutos välittää tietoa tien rakenteessa tapahtuvista muutoksista
yli 40 mm	Ajamista häiritsevä puute tien poikkiprofilissa

Korkea harjanne voi olla merkki reunan painumasta. Negatiivinen harjanne taas kertoo tien reunan routimisesta. Kuvaaja osoittaa, että harjanne on pienimmillään Infra TR 50 + KaM 30 -rakenteessa suurimmillaan KaM- vertailurakenteessa. Esimerkiksi paaluvälillä 190–200 harjanteen arvot ylittävät rajan 20 mm, jota ei enää katsota normaaliksi poikkileikkausarvoksi. Vertailurakenteen harjanne/urautuminen on silmämääräisesti nähtävissä esimerkiksi kuvassa 18 sivulla 28. Kiertotien harjanteen muodostuminen on käyttöaikana ollut melko vähäistä, mutta parhaiten rakenteen deformatiosta olisi saatu kuvattua harjanteen korkeuden muutoksella kahden

mittauskerran välillä. Koska kiertotie oli väliaikainen rakenne, ei jatkomittauksia voida toteuttaa.



7.4. RAKENTEEN KÄYTÖNAIKAISEN VAURIOITUMISEN DOKUMENTOINTI KUVIN



15 Kuva: Kiertotierakenteen purkaminen



16 Kuva: Kiertotie odottamassa purkamista. Liikenne oli hieman aiemmin ohjattu uudelle väylälle.

Vertailurakenne KaM 70 cm ennen purkua
syyskuussa 2019



Vertailurakenteen KaM 70 cm vaurioita
ennen purkua syyskuussa 2019

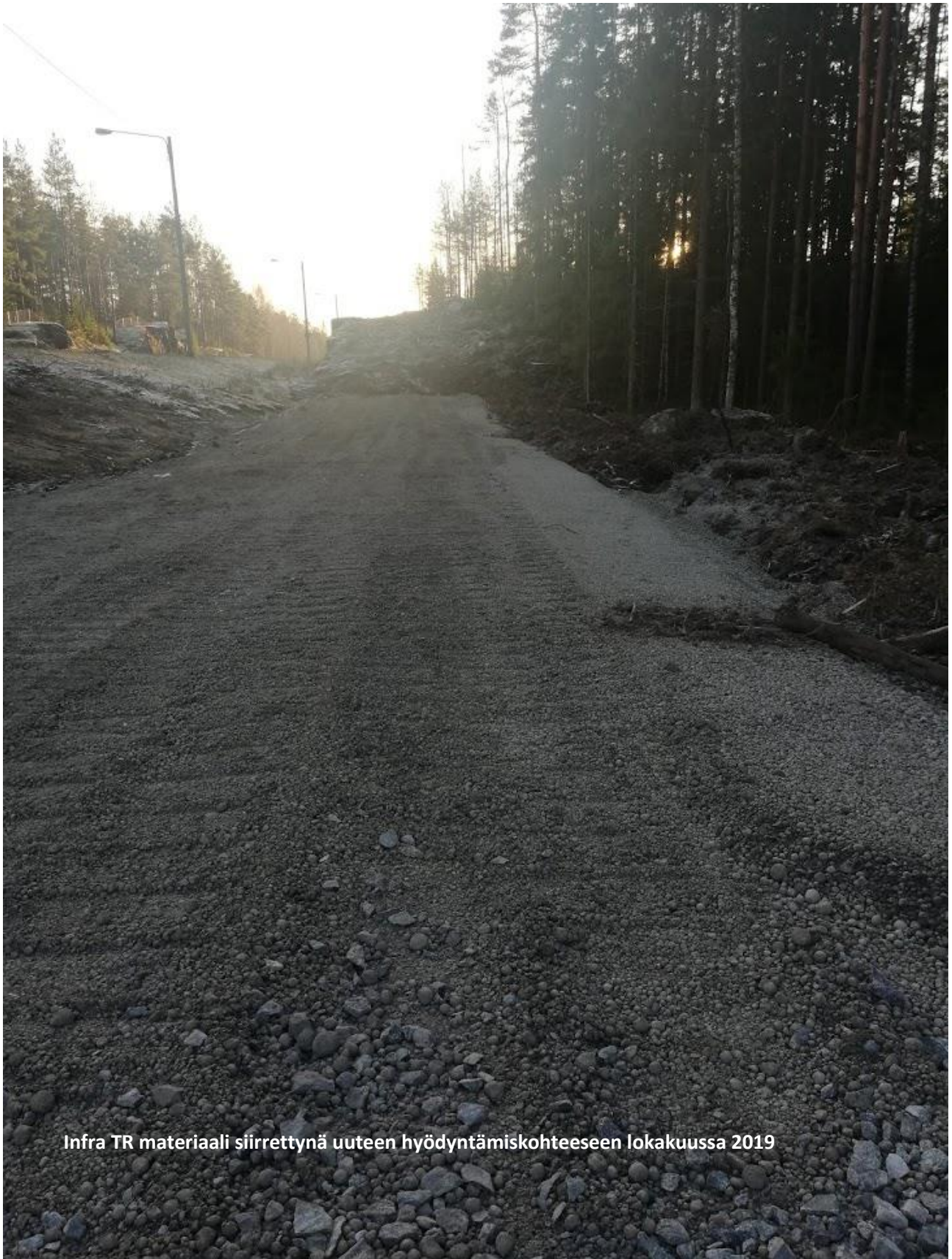


Vertailurakenteen KaM 70 cm vaurioita
ennen purkua syyskuussa 2019



Vertailurakenteen KaM 70 cm vaurioita
ennen purkua syyskuussa 2019





Infra TR materiaali siirrettynä uuteen hyödyntämiskohteeseen lokakuussa 2019



Infra TR materiaali siirrettynä uuteen hyödyntämiskohteeseen lokakuussa 2019

8 YHTEENVETO

Tällä nyt toteutettavalla pilottihankkeella edistettiin uusiomateriaalien hyödyntämistä infrarakentamisessa, ja jaettiin tietoa uusiomateriaali Ecolan Infra TR:n käytettävyydestä. Paikalliset ja valtakunnalliset toimijat saivat kokemuseräistä tietoa uusiomateriaalin käytöstä, ja saatu tieto ja ymmärrys antavat valmiuksia toteuttaa seuraavia kiertotaloutta edistäviä hankkeita Satakunnan alueella sekä laajemmin Suomessa. Hankkeen suurimpana hyötynä voidaan nähdä tekninen vertailutieto siitä, millaisia etuja tuhkan jalostamisella on suhteessa raakatuhkaan. Kaikki data ja koerakenteesta sekä toteutuksesta saatu tieto on vapaasti yhteistyökumppaneiden käytössä. Esimerkiksi raakatuhkiin verrattuna tuhkarakeen parempi tekninen suorituskyky routaeristeenä, ja sitä kautta saatava kaupallinen potentiaali, voi osaltaan kannustaa uusia toimijoita tuhkan teolliseen jalostamiseen, ja näin tehostaa tuhkien hyödyntämistä perinteisen dumppaamisen sijaan.

Tätä teknistä suorituskykyä testattiin koerakenteessa, ja tulokset ovat julkisesti saatavilla. Tällä hetkellä monet voimalaitokset perustavat omia kenttäprojekteja vain siksi, että ne voivat suoraan käyttää (dumpata) raakatuhkaa kenttärakenteisiin, ja voivat näin välttää jäte/vastaanottomaksun, joka syntyisi, jos tuhka siirtyisi pois voimalaitoksen alueelta. Hanke antoi arvokasta tietoa teollisuuden sivuvirtojen tuotteistamiseen liittyvistä prosesseista, ja osaltaan edisti sitä, että voimalaitostoimijat näkevät kaupallisia mahdollisuuksia niiden tuottamien sivuvirtatuhkien teollisessa jalostamisessa. Tämä palvelee niin voimalaitoksia, ympäristöä, kiertotalouden tavoitteita kuin urakoitsijoitakin. Todennettu (LiVin valvoma, kolmansien osapuolten mittaama) tieto siitä, miten rakeistettu tuhka käyttäytyy työstettäessä ja rakenteessa suhteessa neitseellisiin luonnonmateriaaleihin edistää uusiomateriaalien tunnettuutta ja käyttöä, ja tuhkien hyödyntämistä laajemmin maanrakentamisen toimijoiden keskuudessa. Kaikki mitattu tieto on koostettu julkiseksi raportiksi. Rakentajien ja mittaaajien kokemukset materiaalin käytöstä olivat erittäin positiivisia. Koerakenteen kestävyyttä ja toteuttamista seurattiin ja dokumentoitiin, ja kiinnostuneille tahoille, kuten kaupungin virkamiehille järjestettiin seuranta/tutustumiskäyntejä, jossa kohteen toimivuutta voitiin arvioida paikan päällä.

Positiivisten käyttökokemusten saaminen on edellytys sille, että tuhkatuotteiden hyödyntäminen leviää yleiseksi käytännöksi, ja suhtautuminen myös muihin uusiomateriaaleihin muuttuu suotuisammaksi. Nyt vallalla on ajatus, että tuhka on hankalaa käyttää, koska se on hyvin altis säävaihteluille. Hankkeen käytännön kokemukset edistävät tuhkapohjaisiin materiaaleihin liittyvien positiivisten mielikuvien syntyä, ja käyttökokemukset dokumentointiin niin, että tieto saadaan leviämään myös muille toimijoille.

Hanke tuotti myös tietoa julkiselle tilaajaosapuolelle uusiomateriaalien käyttöön liittyvistä seikoista ja prosesseista. Uusiomateriaalien laajemmalle hyödyntämiselle infrarakentamisessa ja markkinoiden avautumiselle on keskeistä, että materiaalin tekniset ominaisuudet (eristävyys,

kantavuus, tiivistyminen etc.) ja tasalaatuisuus voidaan todentaa helposti ja luotettavasti. Käytännössä tämä vaatii materiaalin tuotteistamista.

Muille toimijoille tämä hanke antaa tietoa siitä, millaisten teknisten vaatimusten tulee toteutua, jotta uusiomateriaalista voidaan tehdä hyväksyttävä tuote, ja millaisia osia tuotteistamisprosessissa on. Samalla tavalla Ecolan on omassa materiaalihyväksyntäprosessissaan hyödyntänyt aiemmin saman prosessin läpi käyneiden toimijoiden ja tuotteiden (Betoroc, vaahtolasi, Okto) julkisia selvityksiä, ja nyt tuhkarakeen tuotteistus osaltaan tarjoaa lisää tietoa prosessin kulusta.

Prosessi ei ole täysin selvä esim. Liikenneviraston suunnalta, joten hankkeessa tehtiin tärkeää pioneerityötä prosessin vakiinnuttamiseksi. Koerakenteen toteutuksella valmisteltiin tulevia laajempia hankkeita, joita voidaan toteuttaa esimerkiksi Peittoon kierrätyspuiston kehittämisen seuraavissa vaiheissa. Paikallisten markkinoiden muodostuminen on ensimmäinen askel siihen, että voimaloiden tuhkia pystytään jalostamaan paikallisesti. Materiaalitoimittajana Ecolan sitoutuu edistämään alueellista kiertotaloutta rakentamisessa, ja osaltaan tuo tietoa ja osaamistaan alueen toimijoiden käyttöön.

Hyötykäytön edistämisen näkökulmasta suurin hyöty saatiin aikaan alueellisen urakoitsija- ja suunnittelijayhteistyön kautta, joka edesauttaa uusiomateriaalien tunnettuutta alueella. Alueen toimijat, jotka ovat keskeisessä osassa infra-rakentamisen materiaalivalintoja tehtäessä, saivat käytännön tietoa uudesta vaihtoehtoisesta materiaalista, ja voivat vertailla materiaalin toimivuutta suhteessa perinteisiin kiviaineksiin verrattuna. Tämä avaa markkinoita myös muille uusiomateriaalien toimittajille, kun uusiomateriaalien hyödyntämiseen liittyviä epäilyksiä saadaan hälvennettyä.



LIFE15 IPE FI 004

Circwaste-project receives financial support from EU for the production of its materials. The views reflected within the contents are entirely the project's own and the EU commission is not responsible for any use of them.
