



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KELIRIKKOKORJAUS PAI- KALTA SAATAVAA MATERI- AALIA KÄYTTÄEN

Opinnäytetyö

TEKIJÄ/T: Juha Partanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Juha Partanen			
Työn nimi Kelirikkokorjaus paikalta saatavaa materiaalia käyttäen			
Päiväys	29.4.2015	Sivumäärä/Liitteet	44/8
Ohjaaja(t) pt. tuntiopettaja Juha Pakarinen, yliopettaja Pasi Pajula			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Destia Oy/Oulun yliopisto, Destian infrahoidon kehittämispäällikkö Oiva Huuskonen			
Tiivistelmä			
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää tilaajalle kustannustehokkaampaa kelirikkokorjausmenetelmää perinteisten menetelmien rinnalle. Työssä oli tarkoitus tutkia onko kivijyrsimellä tehty kelirikkokorjaus teknisesti ja taloudellisesti kannattavaa. Kivijyrsinmenetelmässä käytetään paikalta saatavaa kiviainesta, sekä myös teollisuuden sivutuotteita.</p> <p>Kivijyrsimellä tehtyjen työmaiden raportointi on ollut vajavaista. Tehdyissä työmaissa on osassa käytetty sideaineita maamassojen lujuusominaisuuksien parantamiseksi, mutta tutkimustietoja niiden toimivuudesta ei ole, eikä tuloksia täten ole verrattu perinteisiin kelirikkokorjausmenetelmiin. Opinnäytetyöhön tehtiin kirjallisuustutkimus, jossa koottiin kartoitus jo toteutuneista työmaista, sekä haastateltiin kivijyrsintyömaiden tilaajia ja hoitourakoitsijoita. Työhön tehtiin kustannuslaskelmat, jossa verrattiin paikalta saatavan kiviaineksen käyttöä ja teollisuuden sivutuotteiden hyödyntämistä perinteiseen kelirikkokorjausmenetelmään. Tässä opinnäytetyössä selvitettiin myös potentiaalisten sivutuotteiden saatavuutta, sijaintia sekä hintaa, ja näiden perusteella tehtiin taloudellisuuslaskelmat eri kuljetusmatkoilla kivijyrsintyömaille.</p> <p>Opinnäytetyöhön tehdyt haastattelut osoittivat, että kivijyrsin kelirikkokorjausmenetelmä on potentiaalinen vaihtoehto perinteisten kelirikkokorjausmenetelmien rinnalle. Haastateltavien kivijyrsintyömaat ovat sujuneet lähes ongelmitta. Korjausten jälkeen teiden hoito on helpottunut ja haastateltavat näkevät menetelmän kannattavana myös silloin, kun sidosaineena käytetään teollisuuden sivutuotteita. Taloudellisuuslaskelmien perusteella nähtiin, että kivijyrsimen käyttö tulee edullisemmaksi kuin perinteinen suodatinkangas + uudet rakenneerrokset - menetelmä. Oikeisiin paikkoihin kohdennettuna kivijyrsin menetelmä parantaakin kelirikkokorjausten taloudellisuutta ja teollisuuden sivutuotteet saataisiin hyötykäyttöön, jolloin luonnonmateriaalien käyttö vähentyisi.</p>			
Avainsanat kelirikko, kivijyrsin, sivutuote, suodatinkangas, sideaine, kelirikkokorjaus			
Julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Juha Partanen			
Title of Thesis Frost heave Reparation Using In-Situ Rock from the Construction Site			
Date	29 April 2015	Pages/Appendices	44/8
Supervisor(s) Mr. Juha Pakarinen, Lecturer; Mr. Pasi Pajula, Principal Lecturer;			
Client Organisation /Partners Destia Oy/University of Oulu, Mr. Oiva Huuskonen, Infrastructure Management, Development			
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to discover a more cost-effective frost heave repair system for the commissioner to complement the existing methods. The goal was to study whether repairing frost heaves with a milling machine is economically and technically profitable. In the milling machine method, rock from the construction site and industrial by-products are used. This way, industrial by-products could be utilized, which would lead to decreased usage of natural materials.</p> <p>However, reports of using the milling machine on construction sites are scant. In the existing cases, adhesive materials have been utilized to make the base mass more durable, but there are no research reports of their functionality, and thus the results have not been compared to the traditional frost heave repair methods.</p> <p>The thesis proceeded by investigating available literature to get information on using the milling machine for repairing frost heaves, interviewing the constructors, who are familiar with the milling machine method, and the workers who have applied it in practice. The cost of the process was estimated. In the estimate, the price of using rock from the construction site and utilizing industrial by-products was compared to that of the methods currently in use. The availability of usable by-products was also investigated, and if available, where and at what cost. Based on this information, the cost estimates were calculated based on the distance that the material needs to travel to reach the construction site. In addition to this, the thesis included a research of a mixture of by-products that could be a suitable replacement for the current adhesive materials.</p> <p>Based on the conducted interviews, the following conclusion can be drawn: repairing frost heaves with the milling machine is a potential alternative to the current methods in use. The only issue discovered was silting of the wrought surface. Despite this, the customers have been satisfied with the results and seen that the method is also profitable when the adhesive material is industrial by-products. The cost estimate showed that the milling machine method costs less than the traditional use of a filter fabric and new layer of structure. Thus, when used at correct places, using the milling machine is the more economic alternative and reduces the use of natural resources.</p>			
Keywords frost heaving, milling machine, filter fabric, adhesive material			
Public			

ESIPUHE

Sorateiden kelirikkokorjaus on merkittävässä osassa teiden kunnossapidossa. Sorateiden varrella asuvat ihmiset ovat riippuvaisia käyttökelpoisista ja -varmoista ympärivuotisista liikenneyhteyksistä. Tarve sorateiden kelirikkokorjaukseen tulee tulevaisuudessa vain kasvamaan, koska soratiet muuttuvat koko ajan huonompaan suuntaan, joten kustannustehokkaalle ja luonnonvaroja säästävälle menetelmälle on tarvetta. Aloitin Destia Oy:ssä harjoittelijana toukokuussa 2013, jolloin pääsin tutustumaan lähemmin teiden kunnossapitoon. Jatkoin harjoittelijana kesällä 2014 ja harjoittelujen pohjalta sain tammikuussa 2015 yritykseltä työtehtäväkeskeisen opinnäytetyön.

Haluan kiittää työn toimeksiantajaa, Destia Oy:n infrahoidon kehittämispäällikköä Oiva Huuskosta, mielenkiintoisesta opinnäytetyöstä sekä avusta ja ohjeistuksesta työn toteuttamisessa. Opinnäytetyössä asiantuntijana toiminutta Oulun yliopistoa haluan kiittää tiedoista ja ohjauksesta opinnäytetyöhön. Päätoimista tuntiopettajaa Juha Pakarista haluan kiittää opinnäytetyöni ohjauksesta ja yliopettaja Pasi Pajulaa ympäristötekniikan opintoistani, sekä kaikkia muita, jotka ovat olleet apuna tämän työn tekemisessä.

Kuopiossa 10.4.2015

Juha Partanen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn tausta.....	6
1.2	Tavoitteet.....	6
1.3	Työn rajaus.....	7
2	SORATEIDEN KELIRIKKO.....	8
2.1	Routiminen.....	11
2.2	Kuivatus.....	12
2.3	Soratien rakenteen tavoiteltavat ominaisuudet.....	13
3	KELIRIKKOKORJAUSMENETELMÄT.....	16
3.1	Perinteinen menetelmä.....	16
3.2	Geovahvisteet.....	17
3.3	Soratie-Remix menetelmä (Huuskosen menetelmä).....	18
3.4	Sekoitusjyrsintä + karkeutus ja uudet kerrokset.....	18
3.5	Kivijyrsimen käyttö eli Tirkkosen menetelmä.....	19
3.6	Sivutuotteiden käyttö kelirikkokohteissa.....	21
4	KIVIJYRSIMEN KÄYTTÖ KELIRIKKOKORJAUKSISSA.....	23
4.1	Raahan Kiiluntie.....	23
4.2	Jyväskylän Humalamäentie.....	25
5	HAASTATELUTUTKIMUS.....	28
6	TALOUDELLISUUSTARKASTELUT.....	30
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	34
	LÄHDELUETTELO.....	35
	LIITE 1: HAASTATELULOMAKE.....	37
	LIITE 2: HAASTATELUJEN VASTAUKSET.....	40
	LIITE 3: KUSTANNUSLASKELMAT.....	44

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia vaihtoehtoja sorateiden kelirikkokorjauksiin. Sorateiden kunnossapidon pääasiallisena tarkoituksena on säilyttää tien pinta tienkäyttäjää tyydyttävässä kunnossa. Teiden kunnossapitotöiksi luetaan kaikki ne työt, jotka edesauttavat tietä vastustamaan veden, roudan ja tiellä olevan liikenteen ajorataa heikentävää vaikutusta (Simola 1935). Työn tavoite on kartoittaa sorateiden kelirikkokorjauksiin vaihtoehtoista menetelmää, paikalta saatavan kiviaineksen, sekä teollisuuden sivutuotteiden käyttöön perustuva rakenneratkaisu. Kelirikkokorjaukset on tyypillisesti tehty perinteisellä suodatinkangas + uudet rakennekerrokset -menetelmällä, mutta se ei ole aina kustannustehokkain vaihtoehto. Teiden kunnossapitokustannuksiin vaikuttaa kunnossapidettävän tien laatu, sekä liikenteen määrä. Kun tiellä liikennöivien ajoneuvojen määrä, nopeus ja paino kasvavat, kasvavat täten tietä kuluttavat voimat. Kustannuksiin vaikuttava myös varsin tärkeä tekijä on tielle sopivan soran saanti (Simola 1935). Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia onko paikalta saatavan kiviaineksen käyttö teknisesti ja taloudellisesti mahdollista. Opinnäytetyön tilaajana on Destia Oy ja lisäksi ohjausryhmässä on asiantuntijoita Oulun yliopistosta.

1.1 Työn tausta

Ely-keskukset ovat toteuttaneet itse eri puolella Suomea sorateiden kelirikon parannuskohteita, joissa on käytetty kivijyrsimiä rakennuspaikalta saatavan materiaalin hyödyntämiseksi. Tällaisia kohteita on tehty jo noin 6 - 7 vuoden ajan ja Ely-keskus on tilannut nämä työmaat itse suoraan jo edesmenneeltä koneyritykseltä Pasi Tirkkoselta, joka on vahvasti tuonut menetelmää Suomeen. Nykyään Tirkkosen yritystä hoitaa hänen veljensä Ilkka Tirkkonen. Tehtyjen kohteiden raportointi on ollut vajavaista, eikä menetelmällä saavutettuja tuloksia ole arvioitu tai verrattu perinteiseen kelirikkokorjausmenetelmään. Osassa kohteista on jo käytetty sideaineita käsiteltyjen maamassojen lujuusominaisuuksien parantamiseksi, mutta tutkimustietoja niiden toimivuudesta ei toistaiseksi ole. Rakennuspaikalta saatavien kiviainesten käyttö vähentää kiviainesvarojen käyttöä sekä materiaalinottopaikoilta hankittavien kiviaineksen kuljettamisesta aiheutuvia kustannuksia ja päästöjä. Oikein kohdennettuna kivijyrsinmenetelmällä on mahdollista parantaa kelirikkokorjausten taloudellisuutta, mikäli sillä päästään samoihin tuloksiin kuin perinteisellä suodatinkangas + uudet rakennekerrokset -menetelmällä. Teollisuuden sivutuotteiden avulla pystyttäisiin korjattavan tien ominaisuuksia parantamaan ja samalla säästämään luonnonmateriaaleja, kun yhä useammin teiden kunnostukseen käytettävä kiviaines murskataan kalliosta. Kallioaineksen käyttöä on lisännyt muun muassa murskaus- ja louhintatekniikoiden kehitys ja tehostuminen. Pohjaveden suojelun myötä soranottorajoitukset ovat vähentäneet puolestaan hyödynnettäviä soravaroja (Maijala 2005).

1.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella soveltuuko kivijyrsimellä tehty ja paikalta saatavan kiviaineksen käyttö taloudellisesti sekä teknisesti kelirikkokorjauksiin. Työn tavoitteena on myös vertailla kivijyrsimellä tehdyn kelirikkotyömaiden kustannustehokkuutta perinteiseen kelirikkokorjausmenetelmään. Opinnäytetyöhön on myös tarkoitus koota kartoitus toteutuneista kivijyrsimellä teh-

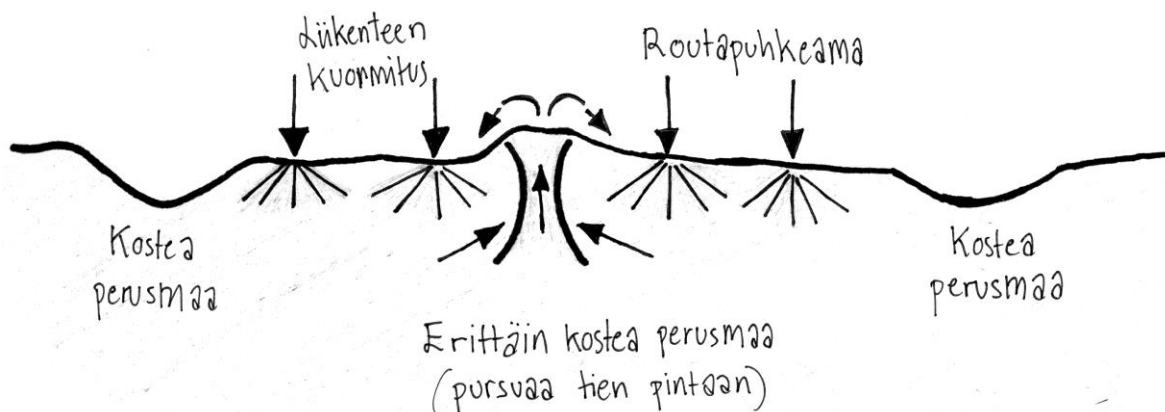
dyistä työmaista ja haastatella työmaiden tilaajia sekä hoitourakoitsijoita, kuinka hyvin tiet ovat kestäneet kelirikkokorjausten jälkeen. Opinnäytetyöhön on tarkoitus tehdä myös vaihtoehtoisten sivutuotteiden vertailu. Samalla myös selvitetään näiden potentiaalisten sivutuotteiden saatavuutta, sijaintia ja hintaa. Näistä eri sivutuotteista tehdään taloudellisuuslaskelmat eri kuljetusmatkoille kivi-jiirsimellä tehtyihin kelirikkotyömaille ja verrataan laskelmia perinteiseen kelirikkokorjausmenetelmään. Kalliokiviainesten hinta käyttökohteissa nousee, kun laatuvaatimukset kestävämmästä rakennusmateriaalista kasvavat vilkasliikenteisten teiden päällysrakenteisiin. Myös kiviaineksen kuljetusmatkojen piteneminen nostaa hintoja, kun suurten asutuskeskusten läheisyydessä kiviainesten käyttö on suurinta, ja käytettävissä olevat ottopaikat ovat vähentyneet. Myös tiukentuneiden ympäristönsuojeluvaatimusten vuoksi kaikkiin kiviainesesiiintymiin tarvittavia ympäristölupia ei saada käyttöön (Maijala 2005). Oletuksena on, että kivi-jiirsimellä tehdyt kelirikkotyömaat, joissa hyödynnetään paikalta saatavaa materiaalia, olisivat halvempia kuin perinteiset työmaat, missä kantava materiaali ajetaan kaukaa työmaille. Samalla korvaavien kiviainesten käyttö, kuten esimerkiksi moreenin ja rakennusjätteiden uusiokäyttö, tulee kasvamaan, kuten myös todennäköisesti teollisuuden sivutuotteiden käyttö maarakentamisessa (Maijala 2005).

1.3 Työn rajaus

Opinnäytetyön tutkiminen rajataan pelkästään runkokelirikkoon, mitä esiintyy pääasiassa keväisin. Pintakelirikkoo voi esiintyä myös muuhun vuodenaikaan. Kelirikkoo voi esiintyä myös syksyisin runsaiden ja pitkäaikaisten sateiden takia. Opinnäytetyössä ei myöskään voida tutkia teollisuuden sivutuotteiden käyttöä vaan kustannuslaskelmat toteutetaan aikaisemmin tehtyjen kokeiden perusteella.

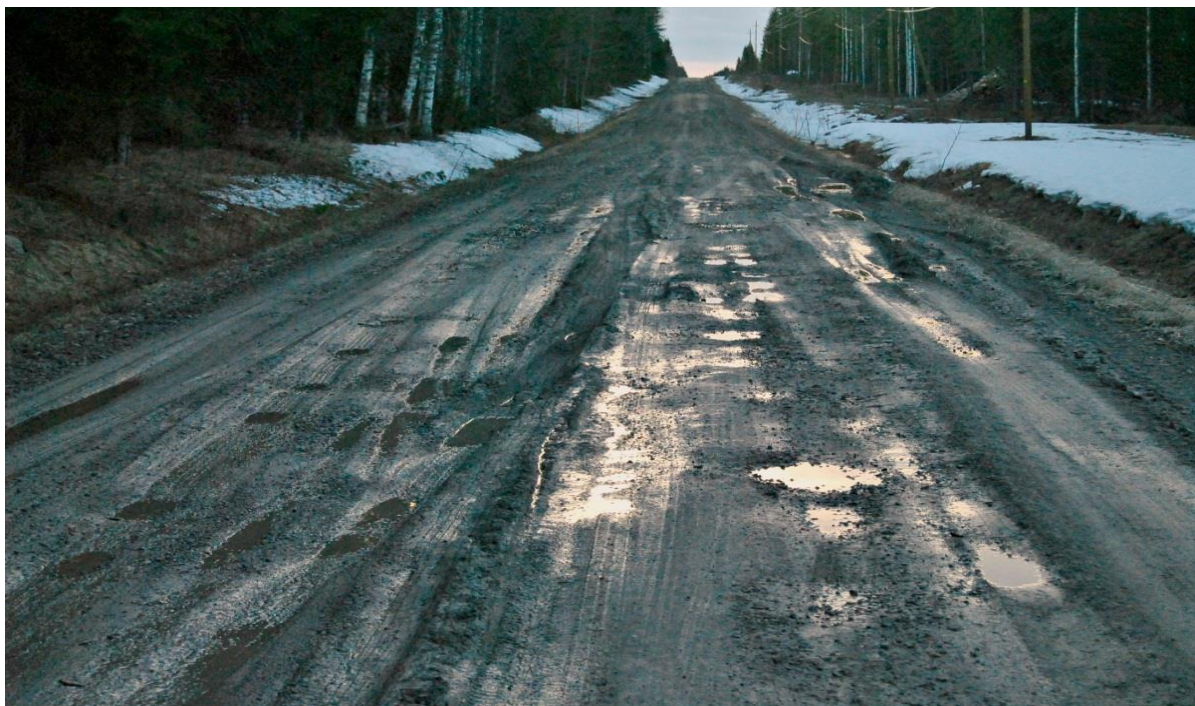
2 SORATEIDEN KELIRIKKO

Sorateiden kelirikko on pääosin keväinen ongelma. Tienrungossa oleva vesi yhdistettynä liikennekuormitukseen, alentaa kantavuutta ja aiheuttaa kelirikkoa (**Virhe. Viitteen lähde ei löytenyt.**). Kelirikkoa saattaa kuitenkin esiintyä myös runsaiden ja pitkäaikaisten sateiden takia heikosti kantavilla teillä, joilla kuivatus on puutteellinen. Yleensä sorateiden kelirikkokausi alkaa maaliskuun loppupuolella ja päättyy yleensä juhannukseen mennessä. Kelirikko-aikaan sorateiden raskasta liikennettä rajoitetaan painorajoituksilla, jotka ovat yleensä yleisillä teillä maksimissaan 12 tonnia. Painorajoitukset asetetaan, jotta tien runko ei pääse vaurioitumaan ja rajoitukset pidetään kunnes olosuhteet runkokelirikon syntymiseen ovat vähentyneet. Painorajoitusmerkit poistetaan yleisiltä teiltä yleensä juhannuksen jälkeen, kun routa on kokonaan hävinnyt ja tiet on lanattu. Sorastus on tien kulutuskerroksen kunnossapidossa varsin merkittävässä osassa. Sorastus olisi tehtävä mieluiten syksyllä, jolloin sora sitoutuu keväällä helposti tien pintaan. Tielle sitoutumaton sora pakkautuu liikenteen vaikutuksesta usein tien sivuille. Soran joukkoon voidaan myös sekoittaa pieni määrä hiekkaa tai savea auttamaan sitoutumisessa, ja täten tiivistämään tien pintaa. Syksyn sorastus on apuna myös keväällä teiden kuivatuksessa, kun lumi sulaa näiltä alueilta nopeammin. Tiellä oleva loka tulee poistaa ennen soran levittämistä, jotta sora ei muuttuisi liejuiseksi, ja täten olisi kelpaamatonta tieaineksi (Simola 1935).



Kuva 1 Runkokelirikon periaate (Kuva Juha Partanen 2015).

Pintakelirikolla tarkoitetaan hienoainespiteisen soratien pintakerroksen (5–10 cm) muuttumista kosteuden vaikutuksesta huonosti kantavaksi (Kuva 2 Pintakelirikkoa (Kuva Henna Vauhkonen 2015).). Tien pintakerros pahimmillaan liejuuntuu ja muuttuu lähes plastiseksi, jolloin liikennöinti vaikeutuu. Pintakelirikon kestoon ja syntyyn vaikuttavat suuresti kelirikkoa ehkäisevät hoitotyöt ja sulamisajan säätila. Myös talven laatu ja pituus, sekä sademäärä vaikuttavat osaltaan tien kuntoon (Simola 1935). Yöpakkaset sekä tuuliset ja aurinkoiset säät nopeuttavat tien pinnan kuivumista ja näin vähentävät pintakelirikon syntyä. Keväisin routa alkaa sulaa sekä routaantuneen maan alapinnasta että tien pinnasta. Roudassa oleva maa-aines estää sulamisvesien ja sadevesien imeytymisen rakenteiden läpi ja siirtymisen sivuojiin tai imeytymisen pohjamaahan, jos tien kerrokset ovat routivia. Tällöin myös häiriintymisherkkä kulutuskerros pehmenee, jos sulamisvedet eivät pääse valumaan sivuojiin. (Liikennevirasto 2014.)



Kuva 2 Pintakelirikkoa (Kuva Henna Vauhkonen 2015).

Sekä tienkäyttäjille että tienpitäjille sorateiden runkokelirikkovauriot ja teille asetetut painorajoitukset aiheuttavat suuria kustannuksia. Parantamalla kelirikko kohteita pystytään vaikuttamaan tieliikennekustannuksiin. Kunnossapito- ja ajokustannukset alenevat huomattavasti, jos kevätolosuhteita parannetaan oikein valituilla kelirikkokorjaustoimenpiteillä. Kelirikon vaikeus riippuu talvesta, pohjavesitilanteesta ja roudan sulamisajankohdan sääolosuhteista. Sorateiden pahimpia ongelmia ovat tien reunojen leviäminen ja heikko kevätkestävyys. Tiehen syntyy savisilmäkkeitä, koska heikon kevätkestävyyden takia hienoainesta saattaa nousta tienpinnan läpi. Soratiet leviävät vuosien mittaan, mikä tukkii sivuoja ja puolestaan pahentaa kelirikkoa, koska kuivatus ei toimi tällöin kunnolla. Syksyllä esiintyvistä kelirikosta käytetään nimitystä syyskelirikko. Kelirikon aiheuttaa tierakenteessa olevan ylimääräisen veden jäätyminen, jolloin maa routii, eli syntyy routanousuja. (Suhonen 2010.)

Keväällä nopeassa sulamisvaiheessa tien rakenteissa ja pohjamaassa sulavista jäälinseistä vapautuva vesi ei ehdi poistua riittävästi rakenteista sivuojiin, haihtua ilmaan eikä imeytyä pohjamaahan. Tie ei enää kestä raskasta liikennettä, koska vesi heikentää routivien kerrosten kantavuuden. Kun tiellä kulkee raskasta liikennettä runkokelirikko vaiheessa, liikenne pumppaa jäälinseistä vapautuvia sulamisvesiä ja niiden mukana hienoaineksia ylöspäin tien pintaan. Tämän takia veden kyllästävät kerrokset eivät pysty sitomaan jäälinseistä sulanutta vettä, joka lisää tien pinnalla olevan veden ja hienoaineksen määrää. (Liikennevirasto 2014.)

Runkokelirikko-ongelmat ilmenevät yleensä lähinnä rakentamattomilla sorateilla, koska niiden rakennekerroksen paksuudet vaihtelevat huomattavasti. Rakentamattomalla soratiellä tarkoitetaan tietä, jossa ei ole varsinaisia rakennekerroksia. Jos pohjamaa on silttiä, savea, moreenia tai hienoa hiekkaa, tai mitä lähempänä pohjavesi on tienpintaa, sitä pahempia ongelmakohdat ovat. Yleensä myös näissä ongelmakohdissa rakennekerrokset ovat sekoittuneet pohjamaahan, jolloin myös tien rakenne

on heikentynyt. Mitä paremmassa kunnossa soratie on, sitä vähemmän kelirikkoa esiintyy kyseisellä tiellä (Suhonen 2010). Kuva 3 Soratien runkokelirikkoa keväällä 2015. (Kuva Henna Vauhkonen 2015). Tielle oli asetettu painorajoitukset ja tie upotti paikoin jopa niin, että siitä oli lähes mahdoton kulkea.



Kuva 3 Soratien runkokelirikkoa keväällä 2015. (Kuva Henna Vauhkonen 2015).



Kuva 4 Runkokelirikkoa lähempää kuvattuna. Tie oli mennyt paikoin niin huonoon kuntoon, ettei siitä meinannut päästä autolla yli. (Kuva Henna Vauhkonen 2015).

Tiessä on routaheittoja, kuoppia, uria ja upottavia tienkohtia kelirikon aikaan. Kelirikko voi ilmetä myös savisilmäkkeinä, mutta pahimmillaan se saa aikaan tielle pehmeikön, jota ei pysty ohittamaan. Tällaisen pehmeikön kuivuminen saattaa kestää pitkälle kevääseen. Teiden painorajoituksia arvioidaan ensimmäisen kerran tammikuun tienoilla ja sitä tarkennetaan maaliskuussa, kun saadaan ennuste kulloisenkin kelirikon vaikeudesta. Kun tien pinta on kuivunut, roudan sulaminen jatkuu sy-

vemmällä tierakenteessa eli seuraa runkokelirikkovaihe. Tällöin päällysrakenteen alaosassa olevan roudan sulaessa maapohja pehmenee. Runkokelirikko seuraa pintakelirikkovaihetta, jos maaperä on routivaa. Silloin tienrungosta ja tienrungossa olevista jääkiteistä vapautuu vettä, joka ei pääse purkautumaan mihinkään pois. (Suhonen 2010.)

2.1 Routiminen

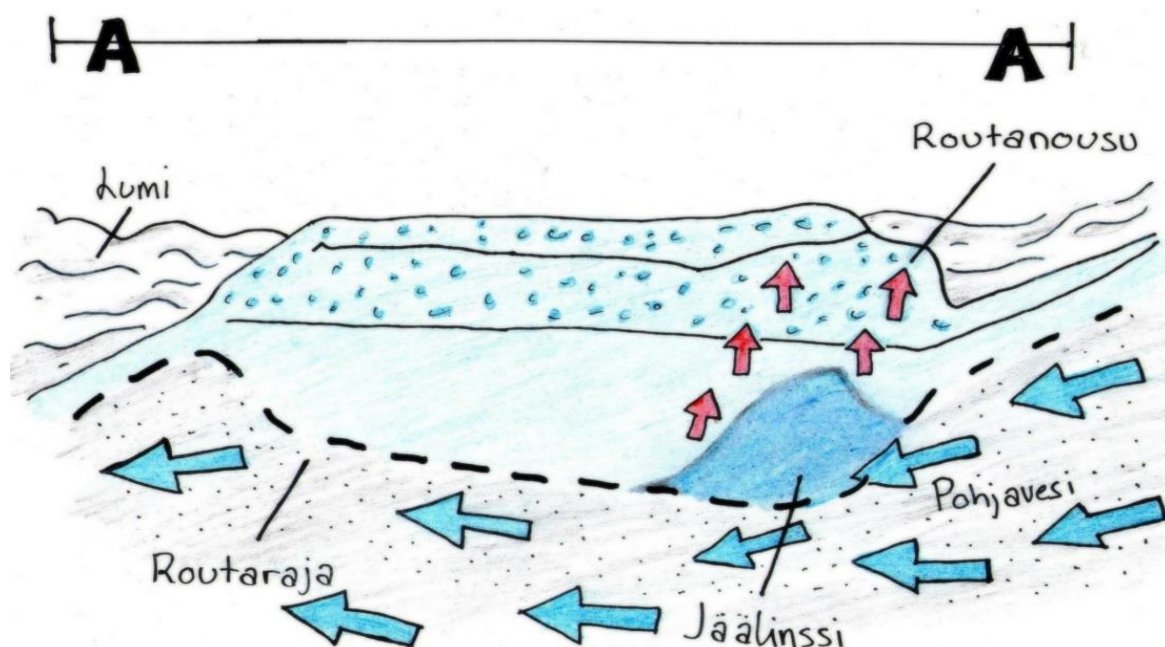
Talvikauden lämpötilojen perusteella lasketaan talven pakkasmäärä, josta roudan syvyys riippuu. Syyssateiden vaikutus maan märkyyteen ennen pakkasten tuloa ja aika ilman tietä peittävää lumi-peitettä vaikuttavat syksyllä routimissyvyyteen (Simola 1935). Kun vuorokauden keskilämpötila nousee maanpinnassa jäätymispisteen yläpuolelle, eli kun ilman lämpötila on luokkaa -2 tai -3 C, tiessä alkaa roudan sulaminen. Maan vesipitoisuus kasvaa kun jäätynyt vesi alkaa sulaa tiessä ja näin ollen maa löyhtyy routimisen vaikutuksesta. Kun tien pintaa kuormitetaan, maan huokospaine kasvaa, jolloin maan jäykkyys pienenee. Huokospaineeseen vaikuttaa myös maan vesipitoisuus ja oma paino, pakkasmäärä, vedenläpäisevyys, jäätymis- ja sulamisnopeus, kuivatusolosuhteet sekä pohjavedenpinnan korkeus. (Suhonen 2010.)

Tierakenteessa ja pohjamassa olevan veden jäätymistä kutsutaan routaantumiseksi. Jos tierakenteen tai pohjamaan routaantuessa sen tilavuus kasvaa, puhutaan silloin routimisesta. Tämä voi tapahtua tasaisesti tai epätasaisesti, riippuen maa-aineksen ominaisuuksista. Savi muun muassa on helposti routaantuva materiaali, koska sen huokoisuus ja vedenläpäisykyky on pieni. Yleensä pahimpia routapaikkoja teillä ovat leikkaukset ja matalat penkereet, sekä pahimpana näiden yhtymäkohdat, joissa vesi tavallisesti pysähtyy (Simola 1935).

Tien routiviin kerroksiin ja pohjamaahan voi syntyä talvella jäälinsskejä, joiden koko voi vaihdella mil-limetreistä jopa kymmeneen sentteihin. Jos tierakenne on epähomogeeninen, tien pinta voi kohota epätasaisesti jäälinssien vaikutuksesta. Rakennetta, jossa jäätynyt maa ja jäälinssit vuorottelevat peräkkäin, kutsutaan kerrosroudaksi. Pelkkä tierakenteen routaantuminen ei välttämättä synnytä jäälinsskejä eikä näin ollen aiheuta epätasaisista routanousua tienpintaan. Jäälinsskejä syntyy, kun jäätymisvyöhykkeessä oleva maa imee kapillaarisesti alla olevasta pohjavedestä tai sulasta pohjamaasta vettä. Tämä vesi jäätyy ohuiksi tai paksuiksi jäälinssiksi. Jotta jäälinsskejä voi syntyä, edellytyksenä on, että pohjamaassa on ja siihen on kulkeutunut riittävästi vettä. Esimerkkinä karkeakerroksinen maakerros estää veden kapillaarisen nousun ja näin ollen estää myös jäälinssien muodostumisen. (Liikennevirasto 2014.)

Kun tien rungon jäätyminen lämpimien ja kylmien sääjaksojen vuorotellessa tapahtuu hitaasti, jäälinsskejä alkaa syntyä jäätymisvyöhykkeeseen koska kapilaarista vettä ehtii nousta pitkään. Jäälinsskejä voi syntyä myös suhteellisen lähelle tien pintaa, koska jäätymisvyöhyke on lähellä tien pintaa pakkaskauden alussa. Routa etenee nopeasti jos talvi alkaa pitkällä kovilla pakkasilla, jolloin vettä ei ehdi kertyä ja jäätyä jäätymisvyöhykkeeseen niin, että jäälinsskejä ei muodostu (Kuva 5 Jäälinssien synnyn periaate). Jäälinssien määrää ja samalla keväisten kelirikkojen syntyä lisää korkealla oleva pohjaveden taso. Lähelle tien pintaa ulottuva pohjavesi aiheuttaa hitaasti routaantuvan maan, joka

muodostaa vuorotellen jääkerroksia ja jäätynyttä maata. Keväällä tällaiset kerrostuneet routapaikat ovat kauan vetisinä ja märkinä, ja sen takia aiheuttavat rikkoutumia tien pintaan (Simola 1935). Rinnemaastot ovat erityisen alttiita epätasaiselle routanousulle, koska vettä kulkeutuu helposti tierakenteen alla olevaan pohjamaahan routaantumissyvyyden alapuolella, vaikka pohjaveden pinta ei olisikaan kovin korkealla. Kapilaarista vedennousua ei voi aina estää edes tien ojituksella. Jos maa materiaali on hieno rakeista silttiä tai silttimoreenia, tai sen luontainen kapilaarikorkeus on suuri, on hankala estää kapilaarista veden nousua. (Liikennevirasto 2014.)



Kuva 5 Jäälinsien synnyn periaate. (Kuva Juha Partanen 2015).

Routiminen vaikuttaa tien rakenteisiin ja kuntoon monella tavalla. Jos tien rakenne ja pohjamaa ovat epähomogeenisia, voi tiehen syntyä epätasaista routanousua ja routaheittoja. Rumpujen kohdille syntyvät routaheitot ovat tyypillisimpiä keväisin. Rumpuheitto syntyy, jos rumpukaivanto on täytetty routimattomalla maa-aineksella ilman siirtymäkiiloja. Tällöin rummun kohta ei nouse routan vaikutuksesta samalla tavalla kuin ympäröivän tien kohdan. Nykyään enimmäkseen käytettävissä muovirummuissa ei ole samaa ongelmaa kuin vanhoissa betonirummuissa, joissa routa voi liikuttaa rumpurenkaita irti toisistaan ja samalla avata saumakohdan, jolloin tien rakennekerrokset valuvat rummun sisään. Näin tiehen syntyy liikenneturvallisuutta vaarantava reikä, joka on syytä korjata saman tien. (Liikennevirasto 2014.)

2.2 Kuivatus

Hyvällä kuivatuksella estetään tien pintaveden ja toisaalta pohjamaan sekä tienrakenteiden sisäisten vesien aiheuttamat haitat liikenteelle, tien rakenteille ja tien ympäristöalueille. Kuivatuksella estetään myös runko- ja pintakelirikon muodostumista. Sadeaikana vesi helposti pehmittää tien pinnan, jolloin

jo pienillä kuormituksilla liikenne voi murtaa tien rikki. Tien pohjan ja tienrungon materiaali, sivuojiin ja rumpujen toimivuus ja osaltaan myös tiessä käytetyn soran laatu ovat tärkeässä roolissa tien kuivana pysymiselle (Simola 1935).

Kasvillisuudesta ja tieltä siirtyneestä materiaalista muodostuneet reunapalteet estävät veden poistumisen sivuojiin, vaikka tien sivukaltevuudet olisivat riittävät. Näin ollen vesi virtaa mäkisessä maastossa tien suunnassa ja samalla aiheuttaa syöpymiä tien reunaan. Sivuojiin tehtävä on juuri estää veden lammikoituminen tien reunoille ja mahdollistaa veden poistumisen tierakenteesta. Sivukaltevassa maastossa ylärinteen puolella sivuojiin toimivuus on erityisen tärkeää, jotta valumavesien virtaaminen tien poikki estyy ja samalla myös veden imeytyminen tierakenteisiin vähenee. (Liikennevirasto 2014.)

Ojassa virtaavan veden kulun tien suunnassa ja tien poikkisuunnassa sivuojiin edelleen laskuosiin mahdollistavat tien rummut ja liittymärummut. Jos rumpujen hoitoa laiminlyödään, se heijastuu nopeasti tien kuntoon koska kuivatus ei toimi kunnolla. Sivuojiin virtaava vesi ja tien pinnalta poistuva vesi saattaa aiheuttaa liikennettä vaarantavia tienreunan sortumisia etenkin kunnostuksen jälkeen, ennen kuin kasvillisuus jälleen sitoo ojan reunalla olevan materiaalin paremmin veden virtausta kestäväksi. Tämän takia ojituksen tehdään yleensä keskikesällä, jotta kasvillisuutta ennättää muodostua ojan reunoille ennen syyssateita (Liikennevirasto 2014). Tien kunnossa pysymiseen vaikuttaa myös suuressa määrin puista paljaaksi raivatun teialueen leveys. Tietä varjostavat puut täten haittaavat auringon kuivattavan vaikutuksen hyväksikäyttöä (Simola 1935).

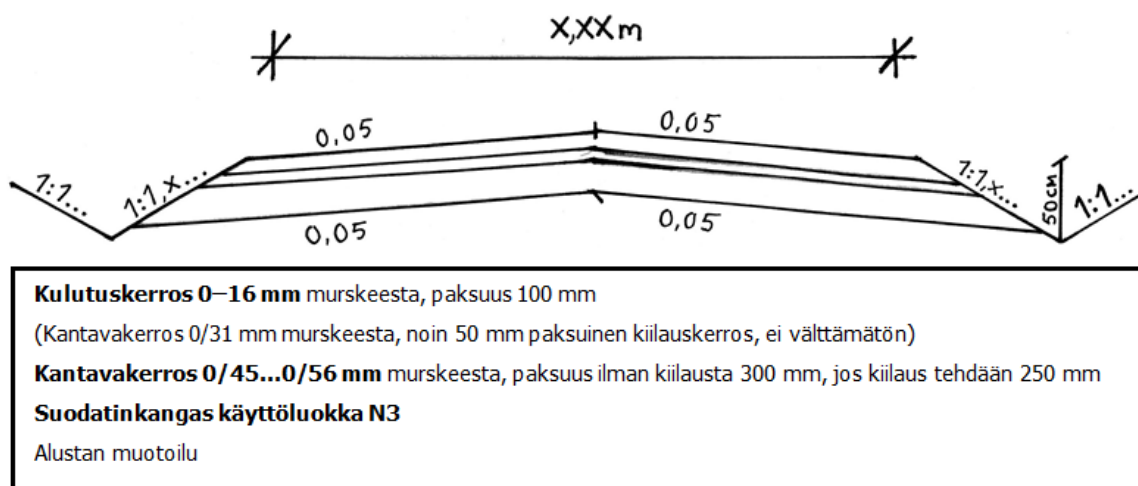
2.3 Soratien rakenteen tavoiteltavat ominaisuudet

Soratien kunto muodostuu pintakunnosta ja rakenteellisesta kunnosta. Soratien ylläpidolla vaikutetaan rakenteelliseen kuntoon, jolla varmistetaan soratien rakenteiden toimivuus ja kulkukelpoisuus. Soratien hoidolla vaikutetaan pintakuntoon, jolla varmistetaan tien päivittäinen liikennöitävyys. Soratien pintakuntoon ja rakenteelliseen kuntoon vaikuttavat tien muoto (geometria, leveys, sivukaltevuudet), kuivatus (rummut, ojat, reunapalteet), tien rakenne ja materiaalit, pohjamaan laatu, liikenne, olosuhteet ja sekä urakoitsijan oma toiminta. (Liikennevirasto 2014.)

Hoidon ja ylläpidon keinoin voidaan vaikuttaa tien muotoon liittyvistä tekijöistä sivukaltevuuteen ja erikseen niin päätettäessä myös leveyteen. Tien geometriaa parannetaan yleensä vain tien parantamishankkeen yhteydessä. Hoidon ja ylläpidon kohteita ovat yleensä vain tien kuivatus ja tien kulkuskerroksen kunnossapito. Keväisin tien liikennekuormituksiin vaikutetaan liikenneajoituksilla, jolla pyritään vähentämään kelirikon vaikeutta. (Liikennevirasto 2014.)

Rakennettujen sorateiden rakenteena ovat yleensä kulutuskerros, kantava kerros, jakava kerros ja suodatinkangas tai suodatinkerros. Yleensä kuitenkin soratiet ovat rakentamattomia, jotka routivat helposti keväisin. Näillä teillä kulutuskerros on pidetty kunnossa lisämurskeilla, jotta tie palvelisi liikennettä mahdollisimman hyvin. (Liikennevirasto 2014.)

Jos soratien kantavuutta on vahvistettu jossakin vaiheessa kantavalla materiaalilla, materiaalit ovat monessa tapauksessa sekoittuneet alla olevan maan kanssa ja muuttuneet vähitellen routiviksi. Kulutuskerroksen kosteustila vaikuttaa suuresti tällaisen soratien pintakuntoon. Kuva 6 Rakenteellinen tyyppipoikkileikkaus (Juha Partanen 2015).on esitetty perinteinen Liikenneviraston runkokelirikko-kohteen korjauksen rakenteellinen tyyppipoikkileikkaus.



Kuva 6 Rakenteellinen tyyppipoikkileikkaus (Juha Partanen 2015).

Ohjeellinen tavoitekantavuus kantavan kerroksen päältä yleisillä sorateilla on 80 MPa (80 Sr). Myös sorateiden runkovaurioiden korjausten suunnittelussa tavoitekantavuudeksi asetetaan tavallisesti 80 MPa (E_2 -arvo). Uudessa soratiessä kulutuskerroksen vähimmäispaksuus on oltava 50 mm. (Tiehallinto 2004). Soratiellä pitää olla myös geometriaan nähden oikeansuuntainen riittävä kaltevuus, joka on suorilla $4\% \pm 1\%$. Yksipuolisessa kaarteessa kaltevuuden tulee olla 3–7 %. **Virhe. Viitteen lähde ei löytnyt.** on esitetty soratien rakenteen minimikerrospaksuudet.

Taulukko 1 Sorateiden rakenteiden paksuusvaatimukset

Tien luonteen kuvaus (ohjeellinen kantavuus kantavan kerroksen päältä)	Rakenne materiaali	Tierakenteen kerrospaksuudet, mm 1)			
		Pohjamaan kuvaus (mitoituskantavuus)			
		A - D routimaton Hk tai karkeampi, (70 Mpa)	uE lievästi routiva SrMr, Hk ja HkMr (50 Mpa)	uF, uH, ul SiMr, Si, siHkMr, siHk ja jäykkä Sa (20 Mpa)	uG pehmeä Sa ja Lj (10 Mpa)
Soratie 80 Sr, yleinen tie, paljon raskaita ajon., tärkeä asema tieverkossa (80 Mpa)	Kulutuskerros	50	50	50	50
	Murske 2), 3), 4)	80	160	200	250
	Hiekka 5), 6)	-	-	320	380
	Paksuus yht.	130	210	570	680

Kuormitusmitoitukset lasketaan yleensä Odemarkin kaavalla.

$$E_p = \frac{E_A}{1 + \frac{1}{\left(\sqrt{1+0,81 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)^2} \right) \frac{E_A}{E} + \frac{1}{\sqrt{1+0,81 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)^2} \left(\frac{E}{E_A}\right)^{\frac{2}{3}}}}} \quad (1)$$

jossa:

E_A on mitoitettavan kerroksen alta saavutettava kantavuus (MPa)

E_p mitoitettavan kerroksen päältä saavutettava kantavuus (MPa)

E mitoitettavan kerroksen materiaalin E-moduuli taulukosta 2 (MPa)

h mitoitettavan kerroksen paksuus (m)

$a = 0,15$

Taulukko 2 Materiaalien E-moduuliarvot.

Materiaali	E-moduuli [MPa]
Suodatinkerros 2-8 mm (hiekk)	70
Kantava kerros 0-55 mm (murske)	280
Kantava kerros 0-32 mm (murske)	200
Kulutuskerros 0-16 mm (murske)	100

3 KELIRIKKOKORJAUSMENETELMÄT

Sorateille kelirikko aiheuttaa kevätkantavuuden heikkenemistä, jota voidaan parantaa routimista rajoittamalla, rakennetta vahvistamalla tai tien kuivatusta parantamalla. Kevätkantavuutta voidaan myös joissakin tapauksissa parantaa näillä kaikilla toimenpiteillä. Jos runkokelirikon aiheuttama tien kantavuuden aleneminen aiheuttaa vaaraa liikenteelle tai tien palvelutaso on liikennemäärään ja tien luokkaan nähden liian alhainen, on soratien kantavuuden parantaminen kelirikkokorjaustoimenpiteillä aiheellinen. Yksinkertaisin ja suhteellisen edullinen korjaustapa on uuden murskeen lisäys vanhan tierakenteen päälle. Sen tuoma hyöty kelirikko-ongelman poistamiseksi on kuitenkin lyhytaikainen ratkaisu. (Suhonen 2010.)

3.1 Perinteinen menetelmä

Nykyään on siirrytty enemmän kelirikkokorjausmenetelmiin, jossa suodatinkangas levitetään vanhan muotoillun tierakenteen päälle. Suodatinkankaan päälle ajetaan uusi 200–300 mm paksu kantava kerros (rakeisuus #0 - 55 mm) ja tämän päälle vielä noin 100 mm paksu kulutuskerros (rakeisuus #0 - 16 mm) (Kuva 7). Suodatinkankaan tehtävä on estää murskeen sekoittuminen vanhaan tierakenteeseen ja pohjamaahan. Tällainen menettely nostaa rakenteen ikää pelkkään murskeratkaisuun verrattuna ja samalla estää myös silmäkkeiden syntymisen tien pintaan. Suodatinkankaan ansiosta myös tien kantavuus lisääntyy, sekä se estää hienoaineksen kulkeutumisen veden mukana. Myös tämä kelirikkokorjausmenetelmä on toteutukseltaan yksinkertainen, mutta samalla kalliimpi kuin pelkkä murskeratkaisu. Mikäli pohjamaa on pahasti pehmennyt, voidaan kantavan kerroksen ja kulutuskerroksen väliin tehdä sidekerros hienojakoisemmasta materiaalista (rakeisuus #0 – 32 mm). Yleisimmin suodatinkangasta käytetään erilaisissa tierakenteissa valtateistä pihateihin, mutta myös rakennusten pohjina, pihoiden ja pysäköintialueilla sekä muun muassa salaojituksissa. Yleisimmin tierakentämisessä käytettävä suodatinkangas on käyttöluokaltaan N3-luokan suodatinkangasta. N3-luokan suodatinkangasta kestävä jo raskaankin liikenteen painon, joten sitä käytetään rakennettaessa myös uusia teitä. Kohteissa jossa käytetään raskaampaa kiviainesta tai jos tehdään tiepohjaa pehmeiköiden yli, tarvitaan N4-luokan suodatinkangasta. N5-luokan suodatinkangasta tarvitaan kaikkein vaativimmissa kohteissa, jossa esimerkiksi pudotetaan raskaita, kalliosta räjäytettyjä kivenlohkareita kankaan päälle.



Kuva 7 Vanhan tierakenteen päälle on levitetty suodatinkangas ja sen päälle tehdään kantava kerros (200 - 300 mm) levittämällä murske kerroksittain (rakeisuus #0 - 55 mm). (Kuva Juha Partanen 2014).

3.2 Geovahvisteet

Kelirikkokorjauksia on tehty myös paljon geovahvisteilla, jotka ovat joko erilaisia lujitekankaita tai verkkoja. Geovahvisteiden ensisijainen tarkoitus on parantaa maarakenteiden lujuusominaisuuksia etenkin silloin, kun maapohjan stabiliteetti ei riitä, tai kun kantavuus on liian alhainen. Geovahvisteiden, eli lujitteiden, onkin tarkoitus ottaa vastaan rakenteessa syntyviä jännityksiä siirtäen ja tasaten niitä laajemmalle alueelle. Kantavuuden parantaminen ja painaumaerojen rajoittaminen on varsin tärkeää pehmeiköille perustettavissa tiepenkereissä, esimerkiksi metsäauto- ja työmaateissä. Yleisimmin geovahvisteita käytetään juuri maapohjan lujittamiseen, mutta myös asfalttipäällysteiden lujittamiseen, sekä putkien perustuksiin. Suomessa yleisimmin käytetty geovahviste on lujiteverkko. Verkot toimivat rakenteessa vain lujitteina, mutta kankaat estävät samalla myös vanhan ja uuden tierakenteen sekoittumisen. Geovahvisteverkkojen yleisimpiä materiaaleja on muun muassa polyesteri (PET), polypropeeni (PP), polyeteeni (PE), sekä aramidi. Näistä valmistetut verkot ovat usein hitsattuja tai kudottuja, toisinaan myös vedettyjä tai näiden valmistustapojen yhdistelmiä (Sara 2012). Geovahvisteet asennetaan vanhan tierakenteen päälle, johon päälle ajetaan uusi 150–200 mm kantavakerros mursketta sekä uusi kulutuskerros. Kantavan kerroksen ei tarvitse olla yhtä iso kuin suodatinkankaita käytettäessä, koska geovahvisteiden lujiteominaisuudet jakavat liikenteestä tulevat voimat isommalle alalle. Maarakentamisessa geovahvisteita on käytetty jo 1960-luvulta lähtien, ja niillä saavutetaankin teknistä ja taloudellista hyötyä. Geovahvisterakenteiden hinnat vaihtelevat suuresti valmistustavasta ja materiaalista riippuen, mutta ne ovat nopeita ja yksinkertaisia toteuttaa.

3.3 Soratie-Remix menetelmä (Huuskosen menetelmä)

Soratie-Remix -menetelmässä tavoitteena on kulutuskerrospaksuuden lisääminen hyödyntämällä soratien pinta- ja reunaosista koottua kivimateriaalia. Lisäksi ylisuuret kivet, jotka ovat tienpinnan läheisyydessä, on mahdollista käsitellä tällä menetelmällä osaksi kulutuskerrosta. Kun nämä kivet saadaan pois, helpottuu tien hoito ja muokkaaminen tavanomaisilla hoitoon tarkoitelluilla laitteilla. Rakeisuuden korjaaminen muualta tuotavan lisäkiviaineksen avulla ohjealueen mukaiseksi on usein tarpeellista. Tällä menetelmällä vaikutetaankin pääasiassa tien pintakuntoon. (Liikennevirasto 2012.)

Aluksi nostetaan soratien pinnassa hyödynnettävissä oleva materiaali tiehöylällä karholle tien keskelle. Karholle nostettavan materiaalin määrä vaihtelee riippuen tiestä ja tien osasta, mutta tavallisesti saadaan nostettua 40–50 mm tiivistettyä kerrosta vastaavaa materiaalimäärää. Kivijyrsimellä käsitellään karholle nostettu materiaali, jonka jälkeen materiaali levitetään takaisin ajoradoille ja tien pinta muotoillaan kaltevuuksiltaan oikeaksi ajokaista kerrallaan. Samalla kulutuskerrosmateriaaliin sekoitetaan mahdollinen lisäkiviaines esimerkiksi lanalla. (Liikennevirasto 2012.)

Menetelmä on käyttökelpoinen sorastukseen rinnastettavana toimenpiteenä, kun tie ei ole kovin keli-rikkoherkkä. Tien pintaosan materiaalin on oltava lähellä kulutuskerroksen ohjealueen rakeisuutta. Tällöin ulkopuolelta tuotavan lisäkiviaineksen määrä säilyy vähäisenä ja menetelmä on taloudellinen. Soratie-Remix -menetelmää ei kuitenkaan suositella käytettäväksi pintakelirikkoalttiilla sorateilla, koska materiaalin rakeisuuden vaihtelut ovat mahdollisia riippuen käsiteltävän kohteen lähtömateriaalista. Soratien kantavuutta ei voida parantaa, koska muokkaus tehdään tien pintaosassa, eikä syvemmällä oleviin kiviin ja rakennekerrokseen pystytä vaikuttamaan. (Liikennevirasto 2012.)

3.4 Sekoitusjyrshintä + karkeutus ja uudet kerrokset

Menetelmällä pyritään edullisempaan korjaustapaan kelirikkoalueissa, jos tien keskellä ja reunoilla on vähemmän materiaalia, mutta ajourien kohdalla sitä on runsaasti. Pahimmissa tapauksissa pohjamaa voi jopa pursuta rakenteesta läpi. Tällöin on tarkoituksena homogenisoida tierakenne poikkeileikkaussuuntaan ja saada se karkean sepelin lisäämisellä tasaisemmin kuormitusta jakavaksi ja vähemmän herkäksi veden vaikutukselle. Kun pohjamaa on homogenisoitu, se tiivistetään ja muotoillaan uudelleen. Tämän jälkeen kerroksen päälle rakennetaan sopiva määrä uusia rakennekerroksia. (Liikennevirasto 2012.)

Tässä menetelmässä hyöty tulee suurimmaksi osaksi vanhasta tierakenteesta. Menetelmässä ei myöskään tieluiskien jyrkkyys kasva yhtä paljon kuin pelkällä suodatinkankaalla ja korotuksilla rakennettaessa. Lisäkustannuksia aiheutuu taas homogenisoinnista ja karkeutuksesta. (Liikennevirasto 2012.)

3.5 Kivijyrsimen käyttö eli Tirkkosen menetelmä

Kivijyrsimen käyttö nk. Tirkkosen menetelmä yhdistää perinteistä tierakenteen kunnostusmenetelmiä kokonaisvaltaisesti. Menetelmä on nimetty Tirkkosen mukaan, joka toi ja kehitti menetelmän Suomeen.

Menetelmässä paikalla oleva materiaali jyrsitään kivijyrsimellä siten, että traktorin perässä on sekoitusmurskain, joka sekoittaa tierakennetta noin 300 mm syvyydestä ja murskaa halkaisijaltaan alle 350 mm kivet maksimiraekokoon 55–65 mm (Kuva 8 PTH-Chrusher -kivijyrsin ja murskattavaa kiviainesta.). Pintakerrosten raekooksi asetetaan 32 mm tai pienimmillään 25 mm. Samanaikaisesti kunnostetaan tien kuivatus. Menetelmä soveltuu parhaiten teihin, joissa pohjamaan kivisyys puskee tien rakennekerrosten läpi aiheuttaen epätasaisista routanousuista aiheutuvia vaurioita. Tiessä on oltava myös riittävästi kiviä, jotta rakennekerros voidaan karheuttaa. Menetelmä ei siis sovellu kohteisiin, joissa tien humuspitoisuus on suuri. (Liikennevirasto 2012.)



Kuva 8 PTH-Chrusher -kivijyrsin ja murskattavaa kiviainesta. (Kuva Juha Kuusjärvi 2010).

Ennen kuin tien kunnostus aloitetaan, mitataan olemassa olevan tien profiili 3D-koordinaatistossa ja tärylevyn avulla mitataan tien kantavuusvaihtelultaan erilaiset alueet. Silmämääräisten havaintojen ja tehtyjen mittausten perusteella tiehen suunnitellaan tarpeelliset leikkaukset ja muutokset. (Liikennevirasto 2012.)

Tien kunnostaminen aloitetaan humusmaan poistamisella harattavilta alueilta ojien penkoista ja tiealueelta. Poistettu humusmaa siirretään tiealueen reunaan. Ennen kunnostusta kaadetaan tarvittaessa puut sekä poistetaan kannot. Tämän jälkeen kunnostettavalta alueelta harataan yleensä yli 300 millimetriset kivet ylös ja siirretään ne tien reunalle odottamaan murskausta. Tiealue harataan yleensä 0,5–1 metrin syvyyteen. Harauksen jälkeen tierakenteen materiaalille tehdään ensimmäinen sekoitus- ja murskaustyö, jonka jälkeen materiaalin suurin raekoko on 55–65 mm. Kivet, jotka ovat nousseet esiin harauksessa, pienennetään maksimiraekokoon 300 mm. (Liikennevirasto 2012.)

Tiehöylällä levitetään maksimikooltaan 300 mm kivet tielle sekoitusmurskaimen levyisesti ja tehtyjen suunnitelmien paksuisina kerroksina toista murskausvaihetta varten. Kivet murskataan maksimiraekokoon ja sekoitetaan 300 millimetrin syvyyteen saakka olemassa olevaan tierakenteeseen sekoitusmurskaimen avulla. Kivilaatu vaikuttaa paljon lopulliseen maksimiraekokoon. Hienoainespitoisuus alkaa kasvaa voimakkaasti, jos maksimiraekokoon pienentyessä alle 32 mm. Karkeutukseen voidaan tuoda kiviainesta myös muualta, jos tiealueella ei ole riittävästi kiviainesta. Tarvittaessa sekoitusmurskaimella voidaan myös tierakenteen yläosan maksimiraekoko ajaa pienempään raekokoon. (Liikennevirasto 2012.)

Tien rakenne tiivistetään sekoitusmurskaimella tehdyn työn jälkeen ensin valssijyrällä riittävän tiiviyn saamiseksi. Rakenne tiivistetään täryjyrällä lopullisesti kun alkutiivistys on riittävä. Tämän jälkeen ojat muotoillaan kuntoon. Ojien reunoille voidaan asettaa myös karkeitä kiviä parantamaan tien reunakantavuutta. Tässä suurin raekoko on yleensä 100–150 mm välillä. Tämän jälkeen tien luiskat tiivistetään lopullisesti. Lopuksi tielinjan asema ja muoto mitataan 3D-koordinaatistossa sekä tärylevyllä mitataan tien kantavuusvaihtelut ja vertaillaan niitä alkuperäisiin mittauksiin. (Liikennevirasto 2012.)

Kivijyrsimellä tehdyssä kelirikkokorjauksessa suurin yksittäinen kustannustekijä on murskaimen kulusosien kustannukset. Murskaimen teriä menee paljon ja ne ovat kalliita. Myös koneiden siirtokustannukset muodostavat suuren kuluerän. Mitä pienempi kunnostettava kohde on, sitä suuremmiksi muodostuvat koneiden siirtokustannukset. Tämä onkin otettava huomioon hankkeita ja kohteita suunniteltaessa. Kivijyrsintään käytettävien koneiden siirto vaatii erityispitkän kuljetusalustan. (Tirkkonen 2008.)

Korjattavan tien esitutkimukseen ja ennakkosuunnitteluun on panostettava. Hyvillä esitutkimuksilla saadaan toimenpiteet kohdennettua tarkasti niille tien kohdille, joille menetelmä on tarkoitettu. Tämän takia korjattava tie olisi hyvä maatutkata ennen kuin kunnostuksiin aletaan. Suunniteltaessa kivijyrsimellä tehtyjä kelirikkokorjauksia, on syytä ottaa huomioon lisäkivimateriaalin saanti työmaalle, jos tienrungon kantava rakenne on heikko. Samalla tulee ottaa huomioon tien rakenteessa olevien isojen kivien maisemointi. (Tirkkonen 2008.)

Pysyvät pitkät sateet tai lyhyt rankkasade korjaustöiden aikana ovat haitaksi korjaustyömaalle. Pieni sade ei haittaa kunnostustöitä, mutta raskas rankkasade voi häiritä työmaata. Tielle jäänyt vesi voi pehmentää tien pinnan ja tehdä siitä liejuisen. Tiestä tulee tällöin liukas ja käyttökelvoton.

Jos korjattavalla tiestöllä on runsaasti raskasta liikennettä, tulee liikennejärjestelyihin kiinnittää erityistä huomiota työn sujuvuuden ja turvallisuuden varmistamiseksi. Tienkäyttäjille on tiedotettava tulevasta työmaasta etukäteen. Kohteena ovat erityisesti puutavara ja linja-autoliikenne. Tiedotukseen voitaisiin käyttää suoraa kontaktia kuljetus- ja linja-autoyrityksiin sekä jaettavat tiedotteet tienvarressa asuville asukkaille sekä ennakkoon lehtijuttu paikallisissa lehdissä.

3.6 Sivutuotteiden käyttö kelirikkokohteissa

Lainsäädäntö ei tunne käsitettä sivutuote tai sivuaine. Uudessa jätelaissa, joka tuli voimaan touko-kuun 1 päivä 2012, on jätteen määritelmää täsmennetty apukäsitteiden avulla, joka tuntee käsitteen sivutuote. Sillä tarkoitetaan teollisuuden sivutuotteena syntyvää materiaalia tai aikaisemmasta käytöstä poistettua hyödyntämiskelpoista materiaalia pois lukien luonnonmateriaalit. Sivutuotteista osa luokitellaan jätteeksi ja siksi niiden käyttö tierakenteisiin edellyttää ympäristölupaa tai ympäristöilmoituksen tekemistä. On kuitenkin olemassa myös sivutuotteita, jotka eivät edellytä ilmoituksen tekemistä. Sivutuotteita on paljon, joten tutkimuksessa keskitytään vain aikaisemmin tehtyjen tutkimusten perusteella potentiaalsiin vaihtoehtoihin, joita ovat

- rauta- ja terästeollisuuden kuonatuotteet
- masuunikuona
- masuunihiekka
- teräskuona
- teräskuonan ja masuunikuonan sekoitus
- lentotuhka
- kivihiihen pohjatuhka.

Raudan- ja teräksenvalmistuksen sivutuotteena syntyy erilaisia kuonia, joista voidaan jalostaa erilaisia ominaisuuksia omaavia maarakennustuotteita. Kuonat sisältävät runsaasti erilaisia metalleja, mutta liukoisuudet ovat yleisesti melko pieniä.

Masuunikuonamursketta (MaKu) syntyy raakauraudan valmistuksen yhteydessä murskattaessa ilmajäähdytettyjä kuonakappaleita. Nykyään yleisempi tapa on vesijäähdytys, jossa materiaaleja syntyy vähemmän. Syntynyt kuona on huokoinen ja särmikäs. Masuunikuonamurske on hitaasti sitoutuva, mutta sitä voidaan kuitenkin nopeuttaa sementillä. Masuunikuonamursketta voidaan käyttää kantavaan ja jakavaan kerrokseen pohjavesialueiden ulkopuolella. Materiaalin laadun vaihtelussa ei ole havaittu ongelmia. On kuitenkin syytä varmistua, että tehdaskohtainen materiaali vastaa ominaisuuksiltaan suunniteltua materiaalia, koska kuonan ominaisuudet riippuvat käytetystä prosessista. (Tiehallinto 2007.)

Masuunihiekka (MaHk) syntyy granuloinnin yhteydessä eli raakauraudan valmistuksessa kuonan vesijäähdytyksessä. Masuunihiekka on kiteytynyttä huokoista lasimaista materiaalia. Materiaali soveltuu hyvin maarakennuskäyttöön pohjavesialueiden ulkopuolella, koska tuotteen haitta-aineiden pitoisuudet ja liukoisuudet ovat niin pieniä. Masuunihiekalla on Tiehallinnon hyväksymät mitoitusparametrit ja se onkin hyvin tunnettu materiaali, josta on myös paljon käyttökokemusta. Masuunihiekka sopii hyvin kantavan kerroksen stabilointiin, mutta myös päällystettävillä teillä jakavaan kerrokseen ja suodatinkerrokseen routaeristeeksi. Materiaalista ei juuri liukene haitallisia aineita. Masuunihiekan sitoutuminen kestää 2–10 kuukautta, mutta sen sitoutumista voidaan nopeuttaa sementillä lisäämällä sitä 0,5–1,5 % rakenteeseen. Stabilointiaineena masuunihiekkaa käytetään yleensä 5–15 % rakenteen painosta. (Tiehallinto 2007.)

LD-teräskuonaa syntyy Rautaruukin Oyj:n Raahen ja Ovako Oy:n Koverharin terästuotannon sivuaineena. Kuona paloitellaan ilmajäähdytyksen jälkeen, murskataan ja siitä poistetaan metallit. Teräskuona on masuunikuonaa ja luonnonkiviainesta painavampaa ja siinä on myös vähemmän huokosia kuin masuunikuonassa. Teräskuonamurske soveltuu päällystekiviaineeksi ja myös kantavaan ja jakavaan kerrokseen päällystettävillä teillä. Tuoreena teräskuona voi paisua jopa 10 %, joten sen takia on huolehdittava, ettei paisuminen aiheuta ongelmia. Kuona ei sisällä haitta-aineita suurina pitoisuuksina ja haitta-aineiden liukoisuudetkin ovat melko pieniä. (Tiehallinto 2007.)

Masuunihiekka-teräskuonaseos ovat terästeollisuuden sivutuotteina syntyviä rakennusmateriaaleja, jotka sisältävät kalsium-, pii- ja magnesiumoksidgeja eri ainemäärä suhteissa. Luonnonkosteassa tilassa nämä aineet sitoutuvat hydraulisesti muodostaen puolijäykän rakenteen, jolla on jopa luonnonkiviaineksia parempi kantavuus. Sitoutuminen on kuitenkin pitkäaikainen prosessi. Rakenteella on kuitenkin itsekorjautumismenetelmä, sillä sen rikkoutuessa rakeiden pinnoille muodostuu uusi rakenne. Tällä tavalla kantavan rakenteen kestoikää voidaan huomattavasti pidentää. Rakenteen paino on myös luonnonkiviin verrattuna hieman kevyempi. Rakenneteoreettinen tilavuuspaino masuunihiekalla vaihtelee välillä 1,4–1,55 tn/m³. Teräskuonan ja masuunihiekan seos sekoitetaan yleensä tien pintakerrokseen, jolloin neliötä kohden tarvittava määrä jää pieneksi. Seos sopiikin hyvin tien sideaineeksi stabilointiin ja pehmeikkörakentamiseen. (Kaakkurivaara ja Uusitalo 2011.)

Lentotuhka on jauhemaista, vedelle herkkää, alhaisen moduulin omaavaa, laadultaan vaihtelevaa ja hieman routivaa materiaalia. Lentotuhkan ominaisuudet riippuvat kuitenkin käytetystä polttoaineesta. Tuhkaa voidaan käyttää päällysteissä täyteaineena ja sideaineen osana. Sementillä stabiloituna lentotuhkaa käytetään myös sorateiden kelirikkokorjauksissa. Hydraulisilla sideaineilla stabiloiduilla rakenteilla lujittumisaika on yleensä vähintään 1 kk. Sitoutumisaikana on varmistettava riittävä välitön kantavuus, jos rakenne on kuormituksen alaisena. Toistuvat jäätymis-sulamissyklit, liiallinen kosteus, suolat ja kuormitus voivat purkaa sidottujen rakenteiden sidoksia. Myös routanousuerot ja suuret routanousut voivat aiheuttaa halkeamia sidottuun materiaaliin. Lentotuhkassa on jonkin verran raskasmetalleja ja siksi haitta-aineiden liukenemisen ja leviämisen ehkäisemisessä on noudatettava ympäristölainsäädäntöä. (Tiehallinto 2007.)

Tierakentamiseen hyvin soveltuvaa materiaalia on myös kivihiilen pohjatuhka, koska sen ympäristöriskit ovat melko pienet. Pohjatuhka on suhteellisen stabiili, sitoutumatonta ja käytettävyydeltään hiekkaa vastaava materiaali. Kivihiilen pohjatuhkaa voidaan käyttää myös suodatinkerrokseen suppealla alueella. Materiaali ei saa kuitenkaan olla kosketuksissa pohjaveden kanssa. Kivihiilen pohjatuhkan routivuus arvioidaan routivuuskokein tai kuten kiviaineksilla rakeisuuskäyrän ja hienoainepitoisuuden perusteella. (Tiehallinto 2007.)

4 KIVIJYRSIMEN KÄYTTÖ KELIRIKKOKORJAUSSISSA

Kivijyrsimen käytöstä kelirikkokorjauksissa on vielä vähän tutkittua tietoa ja menetelmästä on tehty vain muutama raportti. Aiheesta löytyy yksi raportti Pasi Tirkkosen itse tekemästä pilottihankkeesta Raahen lähellä olevalle Kiiluntielle (tie nro. 18583). Toinen aiheesta löytyvä raportti on Northern Periphery-ohjelmaan tehty Roadex-raportti, missä kunnostus on tehty Jyväskylän lähellä olevalle Humalamäentielle (tie nro. 16881).

4.1 Raahen Kiiluntie

Tirkkonen on kunnostanut kivijyrsimellä Raahen Kiiluntien vuonna 2008. Kunnostettavan tien osuuden pituus oli 4,8 kilometriä. Ennen korjaustoimenpiteitä tie on ollut hankala saada oikeaan muotoon. Tiessä on ollut myös varsin ohut kulutuskerros ja paikoin ei ollenkaan kantavaa kerrosta. Kulutuskerroksen muokattavuutta ja muotoilua hankaloitti myös se, että tien runko sisälsi erittäin paljon suuria kiviä. Ylisuuria kiviä on myös maisemoitu upottamalla ojan vastapenkkaan, koska ne ovat olleet liian suuria laitteen murskattavaksi. Tien ojat olivat ennen kunnostusta kohtalaiset, mutta tie oli leventynyt, mikä hankaloitti tien hoitoa. Tien reunoille oli myös muodostunut reunapalteita, mikä taas hankaloitti veden poistumista tieltä. Tiellä seissyt vesi aiheutti reikiintymistä kulutuskerrokseen. Tien alkuosassa oli myös vanha sirotepintausta, johon oli käytetty masuunihiekkaa, joka murskattiin uudelleen runkorakenteeseen kantavaksi materiaaliksi. Tiestä on tehty kantavuustutkimukset ennen työmaan aloittamista. Kantavuustutkimukset on uusittu 2009 kesän aikana, mutta niistä ei ole tuloksia saatavilla. (Tirkkonen 2008.)

Kiiluntielle tierungon murskaus on suoritettu neljässä eri vaiheessa. Ensimmäisenä on murskattu tienrungosta noussut materiaali, toisena ojista nostetun materiaalin murskaus, kolmantena lisämateriaalin murskaus ja viimeisenä kulutuskerroksen murskaus. Ensimmäisessä murskausvaiheessa on murskattu kantava materiaali 35–55 mm murskeeksi ja toisessa murskausvaiheessa 16 mm murskeeksi. Kolmannella murskaus kerralla on murskattu ojista nostettu lisämateriaali kantavaksi materiaaliksi. Samalla kun tiehen on levitetty sidosaines, on tehty neljäs murskaus, jolla tien runko on saatu stabiiliksi. Näin ollen tähän kohteeseen on murskauskertoja tarvittu neljä. Helpommissa kohteissa, jossa ei tarvita lisämateriaalin murskausta, saadaan murskaus kerrat jäämään joko kahteen tai kolmeen (Tirkkonen 2008). Yhteenvedo kohteeseen tehdystä kivijyrsimellä tehdystä työmaasta on:

1. Tiekantin avaaminen ja humuksenpoisto
2. Tienrungon haraus ja isojen kivien poisto
3. Tierungosta saatavan materiaalin murskaus (Murskaus 1)
4. Laitaojien kaivu ja kivisen materiaalin siirto tielle
5. Laitaojamateriaalin murskaus tielle (Murskaus 2)
6. Lisämateriaalin siirto tielle ojien penkoista
7. Lisämateriaalin murskaus (Murskaus 3)
8. Kulutuskerroksen murskaus (Murskaus 4)

9. Ojien viimeistely
10. Tien geometrian muotoilu ja tiivistäminen
11. Sidosaineen levittäminen tienrungolle
12. Sidosaineen sekoittaminen tienrunkoon haraamalla ja murskaamalla
13. Valmis muotoiltu ja tiivistetty tienrunko

Kelirikkokorjauksen jälkeen tiessä oli noin 10 cm kulutuskerrosta ja 30–40 cm kantavaa kerrosta. Toimenpiteiden seurauksena tien geometria parani ja tien kallistukset ovat olleet vähintään noin 5 %. Tien ojat ja rummut on korjattu, joten tien kuivatus on parantunut korjausten jälkeen. Samalla myös ojien takaluiskat ja näkemäalueet on paranneltu. Tien rungossa kunnostuksen jälkeen ei ole enää tienhoitoa ja muokkausta haittaavia kiviä. (Tirkkonen 2008.)

Kiiluntiellä suurimmaksi ongelmaksi kelirikkokorjauksen aikana oli muodostunut runsaat sateet. Normaaleissa olosuhteissa työmaa olisi kestänyt noin 5 viikkoa, mutta sateiden aiheuttamien viivästysten takia työ venyi noin 8 viikon mittaiseksi. Sateet olivat estäneet tienrungon kuivumisen työn edetessä, jonka takia murskauksen pintakarheus on pitänyt jättää 32 mm:n rakeisuuteen. Runsas sade oli aiheuttanut myös lisätöitä hankkeen toteuttamiseen. Tielle oli pitänyt tehdä kuivatushöyläystä, materiaalin ylimääräistä murskausta, ylimääräisen kiviaineksen tuontia tiealueen ulkopuolelta ja laitaajien kokonaan uudelleen kaivu. Lisämateriaalia piti siirtää urakan toisesta kohtaa noin 2000 tonnia. (Tirkkonen 2008.)

Kivijyrsimen käytöstä kelirikkokorjauksiin on suunnittelu tehtävä hyvin ennen korjaustoimenpiteitä. Korjauksen yhteydessä tienrunkoa jouduttiin nostamaan ylös, jotta siihen saatiin riittävän kantava ja kuivavaran omaava runkorakenne. Mikäli tie sisältää runsaasti ylisuuria kiviä, tai runkoa joudutaan levittämään, täytyy se suunnitteluvaiheessa huomioida esim. lisämateriaalin tarpeena.

Jatkossa menetelmän hyödyntäminen on kiinni siitä, ottaako tilaajat huomioon menetelmällä saatavan materiaalin samalla tavalla kuin muualta tuodut materiaalit. Erona tässä menetelmässä on kuitenkin se, että tienrungosta poistetaan isot kivet ja hyödynnetään ne tien rakenteeseen. Tämä tekee kivijyrsinmenetelmästä jopa raskaan menetelmän sorateiden kunnostukseen (Tirkkonen 2008). Kuva 9 Tiivistetty ja muotoiltu tie esitetty valmis ja tiivistetty tie kivijyrsinkorjauksen jälkeen.



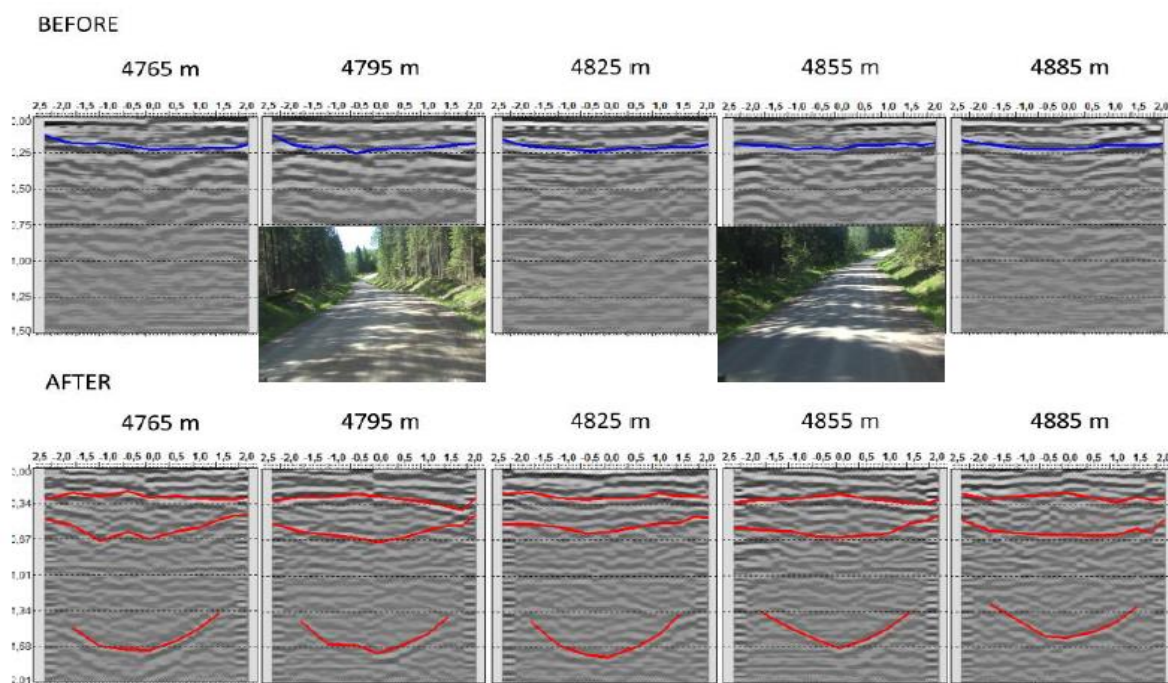
Kuva 9 Tiivistetty ja muotoiltu tie. Kauempana näkyy kivikarhoa, joka tullaan sekoittamaan tienruntoon. (Kuva Juha Kuusjärvi 2010).

4.2 Jyväskylän Humalamäentie

Humalamäentie on 7,1 kilometriä pitkä päällystämätön soratie. Humalamäentien (tie nro. 16881) sijaitsee Keski-Suomessa noin 15 kilometriä Jyväskylästä länteen päin. Tie kulkee Humalamäen kylän läpi ja liikenne tiellä on lähinnä paikallisten asukkaiden liikkumista paikasta toiseen. Tien liikennemäärä on vähäinen ja keskimääräinen päivittäinen liikenne oli korjausten aikaan 134 ajoneuvoa päivässä. Tie oli valittu kunnostukseen pilottihankkeeksi Ely-keskuksen toimesta. Humalamäentie on valittu kunnostettavaksi kohteeksi, koska tienrungossa ja sen ympäristössä oli ollut suuri määrä kiviainesta. Tien kunnostus oli valittu myös kohteeksi Roadex-projektiin, joka on perustettu takaamaan Pohjois-Euroopan syrjäisimpien alueiden teiden turvallisuus ja elintärkeiden palvelujen ja elinkeinojen saatavuus paikallisille asukkaille. Roadex-verkosto kuuluu Suomi, Skotlanti, Norja ja Ruotsi sekä koko Grönlannin, Islannin ja Färsaarten alue. Näiden alueiden ihmiset ovat riippuvaisia käyttökelpoisista ja –varmoista ympärivuotisista liikenneyhteyksistä. Roadexin rooli kohteessa on ollut valvoa tien kunnostustöitä.

Yleiskatsaus tiehen oli tehty kesällä 2010 ja koko tiestä nauhoitettiin video sen päivän tieolosuhteiden tutkinnasta. Tie myös maatutkattiin ennen korjauksia ja korjausten jälkeen. Mittaukset oli tehty kahteen suuntaan kesällä 2010 ja talvella 2012. Tie on enimmäkseen mäkinen. Maasto on enimmäkseen kovaa moreeni maaperää ja useimmat mäet ovat aaltoilevaa kallioperää. Maasto on myös erittäin kivinen ja se onkin tärkein syy, miksi tie valittiin kunnostuksen pilottihankkeeseen. (Hyvönen, Vuorimies ja Kolisoja 2012.)

Maatutkalla tehdyistä 3D-mittauksista oli tehty tien pitkittäisprofileista kuvaajat ennen ja jälkeen korjauksen. GPR-maatutkauksen analyysin mukaan kulutuskerroksen ja kantavan kerroksen paksuus oli enimmäkseen 0,20–0,25 metriä. Rakeisuuden muutokset mitattiin näistä neljästä pisteestä perättäisten jyrkintäjaksojen välissä. Näytteet otti urakoitsija itse. Tien alkuosassa oli kunnostustöiden aikaan muutettu myös hieman tielinjaa, joten paalulukemat eivät ole samat ennen ja jälkeen kivijyr-sinkorjauksen. Tästä syystä poikkileikkaukset eivät ole suoraan verrattavissa toisiinsa. Kuva 10 Poikkileikkaukset tien loppuosasta ennen ja jälkeen esitetty poikkileikkaukset tien loppuosasta ennen ja jälkeen korjauksen. (Hyvönen, Vuorimies ja Kolisoja 2012.)



Kuva 10 Poikkileikkaukset tien loppuosasta ennen ja jälkeen korjauksen (Hyvönen, Vuorimies ja Kolisoja 2012).

Humalamäentien kunnostustyöt oli määrännyt Ely-keskus ja urakoitsijana tässä kohteessa on toiminut Pasi Tirkkonen. Elokuussa työt oli jouduttu keskeyttämään kahdeksi viikoksi rankkasateiden takia. Tiellä oleva vesi stabiloinnin aikana pehmentää tien pinnan ja jos töitä olisi jatkettu, tiestä olisi tullut liukas ja käyttökeltoton. Sateisen elokuun, raskaan louhinnan ja normaalia aikaisemman talven tulon takia työt oli jouduttu keskeyttämään ja jatkamaan loppuun kesäkuussa 2011. (Hyvönen, Vuorimies ja Kolisoja 2012.)

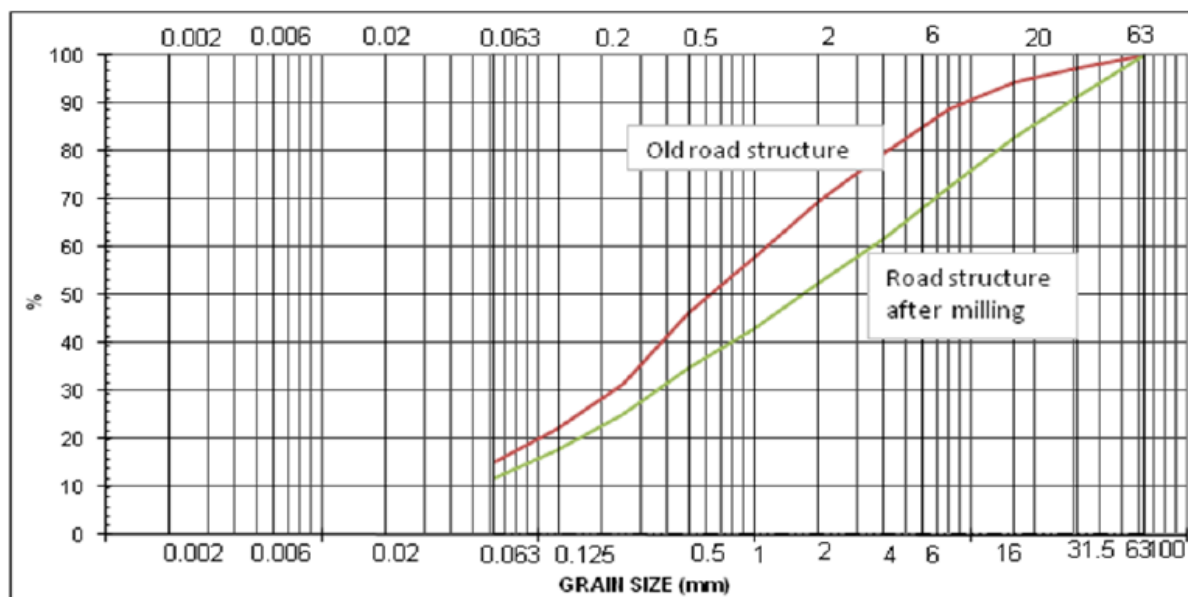
Osana suunnitelmaa oli päätetty myös parantaa tien geometriaa ja näkyvyyttä. Jotkut mutkat oli tarkoitus suoristaa ja poistaa kiviä sisäkaarteesta ja näin parantaa visuaalista näkymää. Töiden edetessä oli päätetty myös louhia yhtä jyrkkää mäkeä, jolla oli tarkoitus vähentää sen kaltevuutta. Samalla tästä on saatu materiaalia käytettäväksi asfaltin valmistukseen. (Hyvönen, Vuorimies ja Kolisoja 2012.)

Kohteen kunnostus oli jaettu maanmittaukseen ja neljään rakentamisvaiheeseen. Vaiheet olivat seuraavat:

- maantutkaus
- humuksen poisto
- kaivinkoneella 300–350 mm kivien poisto rakenteesta murskausta varten
- kivien levitys tielle tiehöylällä ja murskaus
- tien muotoilu ja viimeistely ja ojien kaivu

Lopputuloksena oli valmis ja helppohoitoinen tie.

Maatutkaukset tehtiin ennen kunnostusta ja myöhemmin uudelleen talvella parempien signaalien varmistamiseksi. Mittausten päätavoitteena oli määrittää syvyyskerrokset. Kunnostuksen jälkeen kantavan kerroksen paksuus vaihteli 0,20–0,40 metrin välillä ja kantavan kerroksen keskisyvyys analysointikohtilla oli 0,27–0,35 metriä. Kulutuskerroksen ja kantavan kerroksen syvyys oli tyypillisesti 0,10 metriä paksumpi mitatuissa pisteissä kuin ennen kivijärsinkorjauksia. Korjausten jälkeen tien hienoainepitoisuus oli 3–8 % pienempi kuin ennen. Lisäksi myös rakeisuuskäyrien muoto on parantanut korjausten jälkeen. Kuva 11 Rakeisuuskäyrä paalulta 6850 korjausta ennen ja sen jälkeen on esitetty rakeisuuskäyrät paalulta 6850 ennen ja jälkeen kivijärsinkorjauksen. (Hyvönen, Vuorimies ja Kolisoja 2012.)



Kuva 11 Rakeisuuskäyrä paalulta 6850 korjausta ennen ja sen jälkeen (Hyvönen, Vuorimies ja Kolisoja 2012).

Kantavan kerroksen syvyys on havaittu olevan 0,10 metriä paksumpi korjausten jälkeen kuin ennen sitä. Tien hienoainepitoisuus oli myös 3–8 % vähäisempi kuin ennen korjauksia. Kunnostuksen jälkeen rakeisuuskäyrät olivat huomattavasti paremmat kuin aikaisemmin, joten tien vastustaminen urautumista vastaan on myös huomattavasti parempi. Olisi myös suositeltavaa, että kunnostettu tie

maatutkattaisiin uudelleen vaikka viiden vuoden päästä, jolloin näkisi kuinka paljon tien rakenne on muuttunut korjausten jälkeen. (Hyvönen, Vuorimies ja Kolisoja 2012.)

5 HAASTATTELUTUTKIMUS

Opinnäytetyöhön haastateltiin kivijyrsin työmaiden tilaajia ja hoitourakoitsijoita, jotka ovat olleet mukana edellä kuvatuilla työmailla. Haastatteluja varten on laadittu kyselylomake (liite 1), joka on lähetetty etukäteen sähköpostitse haastateltaville. Haastattelut on tehty puhelimitse pohjautuen etukäteen lähetettyyn kyselylomakkeeseen. Haastatteluosuus osoittautui hankalaksi haastateltavien vähäisen määrän vuoksi, koska oli vaikea löytää työmailla mukana olleita henkilöitä, jotka todella tietävät kyseisestä menetelmästä ja työmaista. Vastaukset on koottu kahden tilaajan ja yhden hoitourakoitsijan vastausten ja kertoman perusteella. Haastateltavien tarkemmat vastaukset on esitetty liitteessä 2. Vastauksista on jätetty pois tarkemmat kysymykset tarkoista tieosuuksista, jotta haastatteluun osallistuneita ei pysty tarkasti tunnistamaan.

Kaikki haastateltavat kertoivat, että korjatun tien hoito on helpottunut kivijyrsimellä tehtyjen korjausten jälkeen. Korjausten myötä tienrungossa ei ole isoja maakiviä hankaloittamassa tien lanaamista ja höyläämistä. Lanatessa tien reunasta saa kulutuskerrosmateriaalia paremmin tielle, kun isoja kiviä ei ole häiritsemässä työtä. Korjausten avulla teihin on saatu oikea poikkileikkaus, kulutuskerrokset ja toimiva kuivatus, jolloin teiden hoitaminen on helppoa. Myös paikoittain suolauskertojen määrää on voitu vähentää ja täten säästää luontoa. Korjausten jälkeen teiden hoito on haastateltavien mielestä helpottunut huomattavasti, vaikkakin tienhoidon määrä on pysynyt suhteellisen vakiona.

Kaikki haastateltavat olivat yksimielisiä siitä, että runkokelirikkoa ei ole esiintynyt kivijyrsin korjausten jälkeen, myös pintakelirikko on vähentynyt. Joistakin yksittäisistä kohteista löytyy toki kelirikkoa, mutta se on enimmäkseen luokiteltu pintakelirikoksi. Haastateltavat kertoivat, että myös ne kohdat, missä kelirikkoa on ollut, ovat hävinneet sekä tien geometria ja muoto on säilynyt. Korjatuissa kohteissa kelirikkoa on esiintynyt huomattavasti enemmän ennen kivijyrsin korjauksia, kuin niiden jälkeen.

Kaikki haastateltavat kertoivat, että pinnan liettyminen oli muodostunut ongelmaksi korjausten jälkeen ja niiden aikana. Tämä johtui osittain siitä, että kaikkien työmaiden aikana satoi runsaasti vettä, joka edesauttaa pinnan liettymistä. Heti korjausten jälkeen tiet olivat upottavia ja tienpinnat olivat olleet liettyneitä. Osassa kohteissa oli korjausten jälkeen jouduttu höyläämään liettynyttä materiaalia ojaluiskaan tiehöylällä, jotta liikenne oli päässyt kulkemaan. Yhdessä kohteessa oli jouduttu korjattu tienpätkä sorastamaan samana syksynä. Kuivuttuaan korjatut tiet ovat kuitenkin asettuneet nopeasti ja niistä oli tullut erittäin hyviä. Sateet haittaavatkin kivijyrsin työmaita suuresti, joten korjaukset olisi hyvä ajoittaa sellaiseen ajankohtaan, jolloin sademäärä olisi vähäinen.

Haastateltavat olivat yksimielisiä siitä, että kivijyrsimillä tehdystä kelirikkokorjauksesta ei ole hyötyä humuspitoisissa ja savisissa paikoissa, vaan perinteinen kelirikkokorjausmenetelmä on paras tällaisiin kohteisiin. Jos humuspitoista maata menee häiritsemään kivijyrsimellä, kestää ennen kuin tie sitoutuu takaisin muotoonsa korjausten jälkeen. Tämä oli aiheuttanut ongelmia yhdessä työmaassa, kun

seuraavana keväänä työmaasta tie oli syöplynyt rinteestä sulamisvesien mukana. Ongelma oli korjautunut kuitenkin tienreunan kiveämisellä. Jotta tällaisilta ongelmilta välttyttäisiin, tulisikin kivijyrsin työmaat tutkia etukäteen, että onko tienrungossa riittävästi kiviainesta murskattavaksi. Korjattavasti työmaista tulisi myös ottaa kantavuusmittaukset ennen ja jälkeen korjausten. Tienrungossa olevan kiven tulisi olla myös oikean kokoista, jotta murskaustyö ei työmaassa muodostuisi kohtuuttomaksi. Tällaisissa tilanteissa tulisikin miettiä kustannustehokkaampaa kelirikkokorjaus vaihtoehtoa. Kaikki haastateltavat olivat myös yksimielisiä siitä, että teollisuuden sivutuotteita tutkimalla ja kehittämällä, niin että niitä voitaisiin käyttää hyödyksi kivijyrsin työmailla, olisi todella markkinakelpoinen tuote.

Haastateltavilta kysyttäessä kuinka hyvin kivijyrsimellä tehty kelirikkokorjaus mielestänne onnistui, kaikki arvioivat sen enemmän positiivisen kuin negatiivisen puolelle. Haastateltavat kertoivat, että kivijyrsin työmaa onnistui niin hyvin kun se voi kyseisissä olosuhteissa onnistua, sillä jokaiselle työmaalle oli sattunut isoja rankkasateita juuri korjausten ajankohdalle. He kertovat kuitenkin, että menetelmässä on kehitettävää ennen kuin se on potentiaalinen vaihtoehto perinteisen menetelmän tilalle. Erityisesti ennakkotutkimuksiin tulisi kiinnittää huomioita, jolla varmistuttaisiin siitä, että tienrungossa on riittävästi kiviainesta murskattavaksi. Yhdessäkin kohteessa oli jouduttu ajamaan lisää kiveä toiselta työmaalta kun tienrungosta ei ollutkaan riittävästi kiviainesta, vaikka ennakkoon näin oli oletus.

Kysyttäessä haastateltavilta kuinka potentiaalisena he näkevät kyseisen menetelmän tulevaisuudessa, he kaikki arvioivat myös sen enemmän positiivisemmän kuin negatiivisen puolelle. Osa kuitenkin sanoo pitävänsä enemmän perinteisestä kelirikkokorjausmenetelmästä, koska se soveltuu kaikkiin kohteisiin, myös humuspitoiseen maaperään. Yksi haastateltavista kertoo, että jos kivijyrsinmenetelmää alettaisiin käyttää enemmän kelirikkokorjauksissa, tulisi siihen saada luottotekijät työmaille, jotta tätä ei tehtäisi hutiloiden. Kaikki haastateltavat pitävätkin kivijyrsinmenetelmää vielä niin täsmäkohteisiin suunnattuna ja toivovat vielä enemmän tutkimista aiheesta ja erityisesti teollisuuden sivutuotteista.

6 TALOUDELLISUUSTARKASTELUT

[Salainen]

[Salainen]

[Salainen]

[Salainen]

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, että onko sorateiden kelirikkokorjauksiin mahdollista käyttää vaihtoehtoista kivijyrsinmenetelmää, jossa hyödynnetään paikalta saatavaa kiviainesta sekä teollisuuden sivutuotteita. Opinnäytetyö toteutettiin kirjallisuustutkimuksella jo tehdyistä työmaista sekä haastatteleamalla kivijyrsin työmaihin osallistuneita henkilöitä.

Mielestäni opinnäytetyöni tulos on asetettujen tavoitteiden mukainen. Työstä teki hankalaa se, että aiheesta ei löydy liialti tietoa ja kivijyrsimellä tehtyjen työmaiden raportointi on ollut vajavaista. Opinnäytetyöstä jäi pois eri sidosaineiden vertailu keskenään ja sopivan sidosainereseptin keksiminen ajanpuutteen vuoksi, mutta muuten asetettuihin tavoitteisiin päästiin. Haastattelututkimuksesta teki hankalaa sopivien haastateltavien löytyminen. Sainkin haastateltua vain kolmea eri henkilöä, kahta tilaajaa ja yhtä hoitourakoitsijaa opinnäytetyöhön, joten haastattelujen otos jäi vähäiseksi. Jos aikataulu ei olisi ollut niin tiukka, olisin yrittänyt löytää enemmän haastateltavia, jolloin olisi saanut laajemman näkökulman jo tehdyistä työmaista. Haastattelututkimukseen tehty kyselylomake oli mielestäni onnistunut kokonaisuus, jolla sai kattavasti tietoa jo toteutuneista työmaista. Uskonkin, että haastattelulomakkeesta on hyötyä jatkossa, jos joku haluaa jatkaa tämän asian selvittämistä ja etsiä lisää haastateltavia, jotka tietävät kivijyrsinmenetelmästä jotakin. Vaikka opinnäytetyöni osoittautui hankalammaksi kuin olin aiemmin luullut, selviydyin työstäni mielestäni tyydyttävästi.

Tilaaja on tarkoitus teettää ensi kesänä muutamia koeosuuksia kyseisellä menetelmällä ja testailta eri sideainepitoisuuksilla työmaiden onnistumista, jolloin aiheesta selviää enemmän. Samalla myös selviää tarvitseeko tehdä joitakin lisätutkimuksia aiheesta. Tilaaja aikoo ottaa myös kyseisiltä työmailta kantavuudet ennen ja jälkeen korjausten, jolloin myös selviää miten sivutuotteet sideaineena vaikuttaa tienrungon kantavuuteen ja niitä pääsee vertailemaan perinteiseen kelirikkokorjausmenetelmään. Tarkemmat tulokset selviävät kuitenkin vasta seuraavana keväänä, jolloin pääsee vertailemaan kevätkantavuuksia ennen ja jälkeen korjausten. Koeosuuksilla on myös tarkoitus testata erilaisia sideaineseoksia, jolloin selviää millä saadaan parhain hyöty irti. Koeosuus kokeiden jälkeen selviää myös, että tarvitseeko teollisuuden sivutuotteita tutkia enemmän, jotta löytyisi sopiva sideaineresepti tienrunkoon tarvittavien kantavuuksien saamiseksi.

Perinteinen kelirikkokorjausmenetelmä soveltuu kaikkiin kohteisiin, myös humuspitoiseen maaperään, mutta se ei ole kovin kustannustehokas varsinkin pitemmillä ajomatkoilla. Kivijyrsin työmaa on kustannustehokkaampi vaikka teollisuuden sivutuotteet ajettaisiin pidemmältäkin. Kivijyrsin työmaan etuja on myös että samalla tienrungosta saadaan pois kivet, jotka ovat hankaloittamassa soratien hoitoa. Opinnäytetyöhön tehdyt haastattelut osoittivat, että kivijyrsin kelirikkokorjausmenetelmä on potentiaalinen vaihtoehto perinteisten kelirikkokorjausmenetelmien rinnalle. Kivijyrsin työmaat olisi kuitenkin hyvä ajoittaa sateettomalle ajankohdalle, jolloin välttyttäisiin pahemmilta tienpinnan liejuuntumiselta. Korjausten jälkeen teiden hoito on helpottunut ja haastateltavat näkevät menetelmän kannattavana myös silloin, kun sidosaineena käytetään teollisuuden sivutuotteita. Taloudellisuuslaskelmien perusteella nähtiin, että kivijyrsimen käyttö tulee myös edullisemmaksi kuin perinteinen suodatinkangas + uudet rakennekerrokset - menetelmä.

LÄHDELUETTELO

AHO, Saara, SAARENKETO, Timo ja KOLISOJA, Pauli 2005. Kelirikkokorjausten suunnittelu ja rakentaminen. [Viitattu 2015-04-22] Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200978-vs14-kelirikkokorjausten_suunnitt_ ja_rakent.pdf

Euroopan komissio – Aluepolitiikka – Hankkeet - ROADEX:in ansiosta kaukainen ei tar-koita rajoitettua. [Viitattu 2015-03-31] Saatavissa:

http://ec.europa.eu/regional_policy/index.cfm/fi/projects/finland/remote-need-not-mean-restricted-thanks-to-roadex

HYVÖNEN, Iikka, VUORIMIES, Nuutti ja KOLISOJA, Pauli 2012. Road 16881 Humalamäki. Coarsening the base/sub-base course layers using only local stones. Demonstration Project Report. [Viitattu 2015-02-26]

KAAKKURIVAARA, Tomi ja UUSITALO, Jori 2011. Kelirikkoaikaisen puunkuljetuksen haasteet. Ratkaisuja metsäteiden kuljetuskelpoisuuden ongelmiin sekä metsäteiden kantavuuden mittaukseen ja kunnostamiseen. Metlan työraportteja. [Viitattu 2015-02-21] Saatavissa:

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp200.pdf>

Liikennevirasto 2011. Soratien runkokelirikkohteiden korjaaminen. Viiteaineistomoniste 31.1.2011 [Viitattu 2015-03-13] Saatavissa:

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/ohje_2011_soratien_runkokelirikko.pdf

Liikennevirasto 2012. Esiselvitys soratien kunnostusmenetelmien kilpailusta edistävien toimenpi- teiden suuntaamisesta. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä [Viitattu 2015-02-11] Saatavissa:

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2012-14_esiselvitys_soratien_web.pdf

Liikennevirasto 2014. Sorateiden kunnossapito. Liikenneviraston ohjeita [Viitattu 2015-02-09]

Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-01_sorateiden_kunnossapito_web.pdf

Liikennevirasto 2014. Sorateiden kunnossapito. Liikenneviraston ohjeita. [Viitattu 2015-03-13]

Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-01_sorateiden_kunnossapito_web.pdf

MAIJALA, Aino 2005. Vaikutusten arviointi. [Viitattu 2015-04-28] Saatavissa:

http://projektit.ramboll.fi/luopioinen/life/pdf/julkaisut/LIFE02_ENV_FIN_329_VaikArv%2080305%209.pdf

Pakarinen, Juha 2015. Päätoiminen tuntiopettaja. Savonia AMK. Kuopio 23.1.2014. Opinnäyte- työn aloituspalaveri

Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 1996. Kunnossapidon ohjaus. Helsinki: Oy Edita Ab.

SARA, Harri 2012. Geovahvisteet. Lujitteen ja maan yhteistoiminta ja mitoituslujuus. [Viitattu 2015-04-28] Saatavissa:

<http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/uutiset/koulutukset/geolujite/Sara%20Lujitteen%20ja%20maan%20yhteistoiminta%20ViaPipe%20HS%20130312.pdf>

SIMOLA, Erkki J 1935. Teiden rakentamisesta ja kunnossapidosta. [Viitattu 2015-04-28] Saatavis- sa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/13900/039_11.pdf?sequence=1

SUHONEN, Kati 2010. Sorateiden kelirikkokorjaukset ja niiden onnistuminen vuonna 2008. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2015-02-05] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201004216727>

Tiehallinto 2004. Tierakenteen suunnittelu. Päälysrakenteen mitoitus. [Viitattu 2015-03-13] Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100029-v-04tierakenteensuunn.pdf>

Tiehallinto 2007. Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa. Suunnitteluvaiheen ohjaus. [Viitattu 2015-02-21] Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100041-v-07-sivutuoteohje.pdf>

Tilaajia ja hoitourakoitsijoita. Helmi- ja maaliskuu 2015. [Haastattelut.] Destia Oy, Ely-keskus

TIRKKONEN, Pasi 2008. Tienrungon murskaus -pilotti mt 18583 työaika 20.9.2008 – 15.11.2008. [Viitattu 2015-02-26]

TIRKKONEN, Pasi 2015. Tienrungon perusparannus ja murskaus. [Viitattu 2015-01-14.] Saatavissa:

<http://personal.inet.fi/yritys/agroforest/images/Tienrungon%20perusparannus%20ja%20murskaus.pdf>

LIITE 1: HAASTATTELULOMAKE

Haastattelukysymykset:**Yleiset:**

1. Millä tavalla olet ollut mukana kivijyrsimellä tehdyissä kelirikkokorjauksissa?
2. Kelirikkokorjattu tie:
 - a) Missä tie sijaitsee
 - b) Tien numero ja sen tierekisteriosoite
 - c) Tien hoitoluokka
 - d) Kuinka pitkä korjattu tienpätkä oli
 - e) Milloin työmaa oli ja kauanko se kesti?
3. Asetetaanko tielle painorajoitukset keväisin?
 Kyllä Ei
 - jos kyllä, asetettaanko ne kivijyrsimellä korjatulle osuudelle vai muulle tienosuudelle ja millaiset painorajoitukset asetettiin?
4. Millainen korjatun tien kunto oli ennen korjauksia (esim. esiintyikö paljon runkokelirikkoa, jäikö tielle vettä, oliko tiessä paljon reikäisiä kohtia, oliko paljon maakiviä, miten kuivatus toimi tiellä ennen korjauksia jne.)?
5. Miten arvio on tehty kelirikon pituudesta?
6. Mitkä tekijät vaikuttivat eniten kelirikon muodostumiseen korjatussa kohteessa (pohjamaan laatu, ohuet rakennekerrokset, puutteellinen kuivatus vai pohjaveden korkeus)?
7. Onko kyseisellä tiellä paljon raskasta liikennettä? (Puutavaran kuljetus, maatalous jne.)
 Kyllä Ei

Kelirikkokorjauksesta:

8. Miten päädyttiin kivijyrsinkorjaukseen ja miten se toteutettiin?
9. Onko korjatulla tiellä esiintynyt runkokelirikkoa korjausten jälkeen?
 Kyllä Ei
 - Jos on, onko se ollut vähäisempää verrattuna ennen korjauksia olevaan tiehen?
10. Mitattiinko tien rakenteen kantavuuksia ennen korjauksia ja korjausten jälkeen?
 Kyllä Ei
 - Jos mitattiin, niin millä menetelmällä ja millaisia tuloksia saatiin?
11. Käytettiinkö korjauksissa lisämurskeita?
 Kyllä Ei

- Jos käytettiin, millaisia ne olivat ja kuinka paljon?

12. Muodostuiko pinnan liettyminen ongelmaksi heti korjausten jälkeen?

Kyllä Ei

- Jos muodostui, kuinka merkittävä se oli?

13. Tuliko tiestä paljon Liito-viestiä ennen kelirikkokorjauksia?

Kyllä Ei

- Onko määrä tippunut korjausten jälkeen?

14. Käytettiinkö kivijyrsinkorjauksessa sideaineita?

Kyllä Ei

- Jos käytettiin, niin millaisia ja kuinka paljon?

15. Parannettiin tie kuivatusta kivijyrsinkorjausten yhteydessä?

Kyllä Ei

- Jos parannettiin, kuinka hyvin kuivatus toimii?

Korjausten jälkeen

16. Onko esiintynyt runkokelirikkoo korjausten jälkeen?

Kyllä Ei

- Jos on, niin onko tien muoto tai geometria muuttunut?

17. Onko tiehen muodostunut reunapalteleita korjausten jälkeen?

Kyllä Ei

- Jos kyllä, onko reunapalteleista aiheutunut ongelmia?

18. Onko tien leveys muuttunut korjausten jälkeen?

Kyllä Ei

- Jos ei, miten se on muuttunut ja mistä luulet sen johtuvan?

19. Onko kelirikkoo esiintynyt muilla kyseisen tien korjaamattomilla osilla korjausten jälkeen?

Kyllä Ei

- Jos on, miten vaikea se on ollut ja miten yleistä se on ollut?

20. Onko tielle tehty lisää parannuksia kelirikkokorjausten jälkeen?

Kyllä Ei

- Jos on, ovatko ne tehty kivimurskaimella kunnostetulle osuudelle vai muille tien osuuksille?

21. Oliko kivijyrsimellä tehty kelirikkokorjaus mielestänne onnistuneempi kuin jos korjaus olisi tehty perinteisellä suodatinkangas menetelmällä?

Kyllä Ei

- Perustele miksi?

22. Onko korjatun tien hoito mielestänne helpottunut kivijyrsimellä tehtyjen korjausten jälkeen?

Kyllä Ei

- Jos ei, perustele miksi?

23. Onko tien lanaustarve kesäisin vähentynyt?

Kyllä Ei

24. Kuinka hyvin kivijyrsimellä tehty kelirikkokorjaus mielestänne onnistui? (Asteikolla 1-5 ; 1 = Huonoin, 5 = Paras)

25. Kuinka potentiaalisena näette kyseisen korjausmenetelmän tulevaisuudessa? (Asteikolla 1-5 ; 1 = Huonoin, 5 = Paras)

- Perustele miksi on/miksi ei ole?

26. Millä perusteilla päädyttiin kivijyrsinkorjaukseen kyseisessä kohteessa?

- Näkyikö se jotenkin kelirikkovaurioissa, että kivimurskaus olisi paras vaihtoehto kohteeseen?

27. Oma mielipide kivijyrsimen käytöstä kelirikkokorjauksiin?

LIITE 2: HAASTATTELUJEN VASTAUKSET

Kysymys 1: Millä tavalla olet ollut mukana kivijyrsimellä tehdyissä kelirikkorjauksissa?

- Haastateltava 1: "Olen ollut valvomassa yhtä työmaata, missä on käytetty Tirkkosen menetelmää."
- Haastateltava 2: "Olen ollut valvomassa kivijyrsintyömaata."
- Haastateltava 3: "Alueurakan työmaapäällikkönä en ole varsinaisesti ollut mukana työmaassa, vaan kävin pari kertaa katsomassa työmaata korjausten aikana."

Kysymys 2: Asetetaanko tielle painorajoitukset keväisin?

- Haastateltava 1: "Painorajoituksia ei ole asennettu ennen korjauksia eikä korjausten jälkeen"
- Haastateltava 2: "Tielle ei tarvitse asettaa painorajoituksia keväisin."
- Haastateltava 3: "Tien raskasliikenne on niin vähäistä, että tielle ei aseteta painorajoituksia keväisin."

Kysymys 3: Millainen korjatun tien kunto oli ennen korjauksia (esim. esiintyikö paljon runkokelirikkoa, jäikö tielle vettä, oliko tiessä paljon reikäisiä kohtia, oliko paljon maakiviä, miten kuivatus toimi tiellä ennen korjauksia jne.)?

- Haastateltava 1: "Inventoitua runkokelirikkoa oli parissa kohdassa noin 20 metriä pitkiä pätkiä. Tie kaivettiin auki 6,5 metriin asti ennen korjauksia, jolloin huomattiin, että soratien runko oli leventynyt eikä kulutuskerros mursketta ollut niin että tien olisi saanut muotoonsa. Ojat olivat myös melkein tukossa. Kantavan kerroksen murske ja kulutuskerroksen murske oli tehty kivijyrsimen avulla. Murskauskertoja oli näin ollen tullut kaiken kaikkiaan neljä (pohja, kaksi kertaa kantava kerros ja yhdesti kulutuskerros)."
- Haastateltava 2: "Tiessä esiintyi runkokelirikkoa parissa kohdassa, tien rungossa oli isoja kiviä ja kuivatus toimi heikosti."
- Haastateltava 3: "Ennen korjausta tiellä oli hirmu huonot ojat, tienrungossa oli paljon maakiviä ja varsinkin muutamassa kohdassa pehmeämpää paikkaa."

Kysymys 4: Mitkä tekijät vaikuttivat eniten kelirikon muodostumiseen korjatussa kohteessa (pohjamaan laatu, ohuet rakennekerrokset, puutteellinen kuivatus vai pohjaveden korkeus)?

- Haastateltava 1: "Kelirikon muodostumiseen kohteessa vaikuttivat eniten ohuet rakennekerrokset ja puutteellinen kuivatus."
- Haastateltava 2: "Kaikki nämä yhdessä sekä lisäksi se, että rakennekerrokset olivat sekoittuneet keskenään ja tien alla oli turve sekä muu epähomogeeninen kerros. Tie oli rakentamaton soratie."
- Haastateltava 3: "Puutteellinen kuivatus"

Kysymys 5: Onko kyseisellä tiellä paljon raskasta liikennettä? (Puutavaran kuljetus, maatalous jne.)

- Haastateltava 1: "Tiellä esiintyy läpiajaja ja raskasta liikennettä esiintyy päivittäin."
- Haastateltava 2: "Tien varrella on maitotila, missä käy maitoauto, joka toinen päivä sekä ennen oli kaatopaikka, mikä on nykyään suljettu. Nykyään tien varrella on kompostointialue, minne ajetaan vesilaitokselta kompostoivaa tavaraa, joten raskasta liikennettä on päivittäin."
- Haastateltava 3: "Tien varrella ei ole mittavasti maataloutta eikä isoja hakkuualueita, joten maatalousliikenne ja puutavaran kuljetus on vähäistä. Myös rakentaminen tien varrella on vähäistä. Tie on päätyvä tie, joten läpiajaja ei tiellä esiinny."

Kysymys 6: Miten päädyttiin kivijyrsinkorjaukseen ja miten se toteutettiin?

- Haastateltava 1: "Korjaus oli tehty urakan alussa, jolloin hoitourakoitsija oli pyrkinyt tekemään soratiet siihen kuntoon, että niitä on mahdollista hoitaa."
- Haastateltava 2: "Pasi Tirkkonen itse kyseli sopivia työmaita pilottihankkeeksi ja haastateltava oli ehdottanut kyseistä tietä kohteeksi."
- Haastateltava 3: "Ely-keskus oli tilannut työmaan suoraan itse Pasi Tirkkoselta."

Kysymys 7: Mitattiinko tien rakenteen kantavuuksia ennen korjauksia ja korjausten jälkeen?

- Haastateltava 1: "Korjauksesta oli tehty raportti silloisen työmaapäällikön toimesta, jossa oli myös kantavuusmittaus tuloksia."
- Haastateltava 2: "Kyllä."
- Haastateltava 3: "Ei."

Kysymys 8: Käytettiinkö korjauksissa lisämurskeita?

- Haastateltava 1: ”Kyllä. Lisämurskeita jouduttiin ajamaan pari kuormaa rankkojen vesisateiden jälkeen, jotta liikenne saatiin kulkemaan tiellä, koska tien pinta oli niin liettynyt. Tämän suhteen korjausten ajankohta sattui huonoon aikaan.”
- Haastateltava 2: ” Korjausten yhteydessä ei käytetty lisämurskeita, mutta seuraavana keväänä tie sorastettiin. Soraa ajettiin noin 100 tonnia koko soratien alueelle. Korjausten yhteydessä oli kuitenkin jouduttu ajamaan lisäksi kiveä ja vanhaa asfalttia muualta, kun tienrungossa oleva kivi ei ollut riittänyt. Samalla ojapenkoista harattiin kaikki sopivat kivet ja nosteltiin ne tielle.”
- Haastateltava 3: ”Korjausten yhteydessä käytetyistä lisämurskeista ei ole varmaa tietoa. Tie kuitenkin sorastettiin samana syksynä kivijyrsinkorjausten jälkeen.”

Kysymys 9: Muodostuiko pinnan liettyminen ongelmaksi heti korjausten jälkeen?

- Haastateltava 1: ”Kyllä. Korjausviikon aikana oli satanut noin 50 mm vettä. Tie oli todella liejuna ja se oli häirinnyt työmaata sekä liikennettä. Tie upotti niin paljon, kun käsitellyn kerroksen paksuus oli.”
- Haastateltava 2: ” Pinnan liettyminen muodostui ongelmaksi korjausten jälkeen sateisen syksyn takia ja tien pehmeää pintaan jouduttiin työntämään tiehöylällä ojaluiskaan. Tielle ei kuitenkaan sinä syksynä ajettu mitään lisämurskeita vaan se asettui itsestään ja kun pakkaset tuli, tien pinnasta tuli erittäin hyvä.”
- Haastateltava 3: ” Korjausten jälkeen tienpinta oli karun näköinen ja liettynyt, mutta se kuivahti ja korjaantui nopeasti. Korjausten aikana esiintyi myös runsaita sateita, jotka tekivät hankkeesta hankalaa kun tienpinta liettyi. Tienpinta oli pahannäköinen korjausten aikaan, mutta se ei ollut kuitenkaan upottanut pohjaan asti.”

Kysymys 10: Tuliko tiestä paljon Liito-viestiä ennen kelirikkorjauksia?

- Haastateltava 1: ”Ei.”
- Haastateltava 2: ”Kyllä. Tiestä tuli paljon viestiä ennen korjauksia, mutta viestien määrä on tippunut huomattavasti korjausten jälkeen.”
- Haastateltava 3: ”Ei. Tiestä tuli Liito-viestiä perinteisen normaalin soratiestön tapaan.”

Kysymys 11: Käytettiinkö kivijyrsinkorjauksessa sideaineita?

- Haastateltava 1: ”Korjauksessa ei käytetty sideaineita.”
- Haastateltava 2: ”Kyllä. Korjauksessa käytettiin masuunihiekkaa ja teräshiekkaa, mutta määristä ei ole muistikuvaa. Sideainetta ei käytetty koko tienpätkälle vaan tien alkuosaan kaatopaikan päähän. Sideaine sekoitettiin tienrunkoon murskaimella.”
- Haastateltava 3: ” Korjausten yhteydessä yhteen pieneen pätkään käytettiin tuhkaa sidosaineena (noin 100 metriä), koska kiviaines siinä kohdalla ei riittänyt.”

Kysymys 12: Parannettiinko tien kuivatusta kivijyrsinkorjausten yhteydessä?

- Haastateltava 1: ”Kyllä. Ojat kaivettiin korjausten yhteydessä ja rumpujen toiminta varmistettiin samalla.”
- Haastateltava 2: ” Sivuojat kaivettiin korjausten yhteydessä sekä rumpujen toiminta varmistettiin. 2–3 rumpua uusittiin korjausten yhteydessä.”
- Haastateltava 3: ”Sivuojat kaivettiin korjausten yhteydessä ja huonot rumpuputket oli uusittu samalla. Ojitus on tehty korjausten jälkeen itse loppuun tien loppuosassa, joten kuivatuspuoli on nyt paremmassa kunnossa.”

Kysymys 13: Onko esiintynyt runkokelirikkoa korjausten jälkeen?

- Haastateltava 1: ”Ei. Tien geometria eikä muoto ole muuttunut korjausten jälkeen ja tie on säilyttänyt hyvin ryhtinsä. Haastateltavan mielestä tie on edelleen siinä kunnossa, että sille ei tarvitse tehdä vielä uusia korjauksia.”
- Haastateltava 2: ”Ei ole esiintynyt runkokelirikkoa enää korjausten jälkeen ja ne kohdat, missä aikaisemmin oli ollut kelirikkoa, ovat hävinneet. Tiellä ei esiinny enää oikeastaan pintakelirikkoakaan nyt korjausten jälkeen.”
- Haastateltava 3: ” Ennen korjauksia ja korjausten jälkeen runkokelirikkoa ei ole esiintynyt. Yksittäisistä kohteista voi runkokelirikkoa hieman löytyä, mutta enemmäksin se on luokiteltu pintakelirikoksi. Kelirikot ovat kuitenkin vähentyneet korjausten jälkeen.”

Kysymys 14: Onko tiehen muodostunut reunapaltea korjausten jälkeen?

- Haastateltava 1: ”Ei ole muodostunut.”
- Haastateltava 2: ”Ei ole muodostunut.”
- Haastateltava 3: ” Tiellä ei ole muodostunut sen kummempia reunapaltea kun muillakaan perinteisillä sorateilla.”

Kysymys 15: Onko tien leveys muuttunut korjausten jälkeen?

- Haastateltava 1: "Tien leveys on pysynyt hyvänä korjausten jälkeen."
- Haastateltava 2: "Tien leveys on pysynyt hyvänä korjausten jälkeen eikä tienrunko ole lässähtänyt vaikka korjauksesta on jo yli viisi vuotta."
- Haastateltava 3: "Tien leveys oli ollut korjausten jälkeen hyvä, mutta jossain kohdissa sitä oli jouduttu jopa hieman leventämään korjausten jälkeisenä syksynä. Nyt kuitenkin tien muoto on alkanut leventyä. Haastateltavan mukaan se johtuu siitä kun tiessä ei ole varsinaisia rakennekerroksia niin muoto on ruvennut lässähtämään, jolloin se ei pysy kuosissaan, Hänen mukaansa perinteisellä suodatinkangas menetelmällä muoto pysyy paremmin, koska silloin tiehen syntyy rakennekerrokset, jotka eivät lässähdä."

Kysymys 16: Onko kelirikkoa esiintynyt muilla kyseisen tien korjaamattomilla osilla korjausten jälkeen?

- Haastateltava 1: "Kyllä. Vaaramaisemissa maalaji muuttuu notkojen savikoista lähes kallioon, joka tekee tiehen vettä läpäiseviä kerroksia, jolloin syntyy kelirikkoa. Tieltä löytyy myös lähdekohtia. Pahoja ongelmia tiellä ei ole kuitenkaan esiintynyt kelirikon suhteen paria kohtaa lukuun ottamatta."
- Haastateltava 2: "Ei ole, koska koko tien sorapätkän osuus korjattiin kerralla."
- Haastateltava 3: "Tiellä ei esiinny mittavia ja tavanomaisuudesta poikkeavaa kelirikkoa missään kohdin. Tiellä onkin enemmän pintakelirikoon luokiteltavaa perinteistä uraisuutta ja liettymistä. Tie säästyy isommilta kelirikoilta, koska tiellä ei ole paljon raskasta liikennettä."

Kysymys 17: Onko tielle tehty lisää parannuksia kelirikkokorjausten jälkeen?

- Haastateltava 1: "Ei ole tehty lisäparannuksia kivijyrsinkorjaus jälkeen."
- Haastateltava 2: "Korjausten jälkeisenä keväänä sorastus koko tielle, mutta sen jälkeen ei ole tehty lisäparannuksia."
- Haastateltava 3: "Tie on sorastettiin samana syksynä korjausten jälkeen ja ojitukset tehty koko tielle."

Kysymys 18: Oliko kivijyrsimellä tehty kelirikkokorjaus mielestänne onnistuneempi kuin jos korjaus olisi tehty perinteisellä suodatinkangas menetelmällä?

- Haastateltava 1: "Haastateltavan mielestä tätä on hankala sanoa. Hänen mielestään molemmilla korjausmenetelmillä olisi ollut sama lopputulos. Haastateltava oli pohtinut Tirkkosen kanssa, että tässä työmaassa olisi päässyt helpommalla jos olisi ajanut uudet rakennekerrokset, koska murskattava materiaali oli niin iso. Positiivista tässä menetelmässä on kuitenkin se, että jos korjaus olisi tehty niin, että ajetaan uudet kiviainekset materiaalit jostain muualta, niin niissä hienoaines materiaali on pieni. Hänen mielestä materiaalit saisivat olla moreenipitoisempia koska ajetut materiaalit ovat niin puhtaita. Jos hienoainesta olisi enemmän, tiestä saataisiin napakampia. Keväisin nämä olisivat kuitenkin liejuisempia, mutta kokonaisuus pysyisi paremmin läjässä."
- Haastateltava 2: "Haastateltava pitää tätä onnistuneempiana korjauksena kun perinteistä menetelmää. Hän sanoo, että kun tässä tulee kaikki kerralla kuntoon ja kantavuus parani samalla. Samoin kun routiminen on paremmin hallussa ja isot kivet ovat pois tienrungosta hankaloittamassa tienhöyläämistä ja lanaamista."
- Haastateltava 3: "Perinteisellä menetelmällä muoto säilyy kuitenkin paremmin ja suodatinkankaat estävät pursuamisen. Toki onhan perinteinen suodatinkangas menetelmä kalliimpikin. Työmaapäällikön mukaan siinä tulee paremmin kantavuutta ja ei tule ongelmia sitoutumisen kanssa niin kuin kyseisessä kohteessa tuli seuraavana keväänä."

Kysymys 19: Onko korjatun tien hoito mielestänne helpottunut kivijyrsimellä tehtyjen korjausten jälkeen?

- Haastateltava 1: "On, koska tiehen on saatu nyt oikea poikkileikkaus, kulutuskerros ja kuivatus toimivat. Haastateltava sanookin, että kun tiessä on kunnan kulutuskerros, tien hoitaminen on helppoa."
- Haastateltava 2: "Kyllä on."
- Haastateltava 3: "Kyllä on. Tien hoito on helpottunut kun tienrungossa ei ole isoja maakiviä hankaloittamassa lanausta ja höyläystä. Myös tien reunasta saa tavaraa paremmin tielle, koska siellä ei ole kiviä estämässä tätä. Tienhoito määrä on kuitenkin pysynyt vakiona."

Kysymys 20: Onko tien lanaustarve kesäisin vähentynyt?

- Haastateltava 1: "Kyllä. Kun tien poikkileikkaus on kunnossa, lanausta ei tarvita niin usein koska tie kuivaa paremmin ja reikiä ei synny."
- Haastateltava 2: "On."
- Haastateltava 3: "Tien lanaustarve ei ole kuitenkaan muuttunut korjausten jälkeen."

Kysymys 21: Kuinka hyvin kivijyrsimellä tehty kelirikkokorjaus mielestänne onnistui? (Asteikolla 1-5 ; 1 = Huonoin, 5 = Paras)

- Haastateltava 1: ” 4. Haastateltavan mielestä korjaus onnistui niin hyvin kun niissä olosuhteissa voi onnistua koska työmaa sattui saateiselle ajankohdalle. Hän olisi antanut jopa vitosen, mutta käytetyt panokset olivat tähän työmaahan jopa kohtuuttomat ja hänen mielestä olisi kannattanut miettiä kustannustehokkaampaa vaihtoehtoa. Kustannukset olivat karanneet tässä työmaassa kohtuuttomat koska murskattava materiaali oli ollut niin järkyttävän iso, jolloin polttoainetta oli kulunut jopa 200 litraa tunnissa. Työmaa oli kuitenkin kokeilu ja kokeiluista aina opitaan hänen mielestä.”
- Haastateltava 2: ” 4+. Haastateltava on tosi tyytyväinen tähän korjausmenetelmään.”
- Haastateltava 3: ”3. Korjaus ei vaikuttanut haastateltavan mielestä hirveästi tienrunkoon, joten korjausmenetelmää ei kyseisessä kohteessa pysty hirveästi kehumaan. Hänellä on kuitenkin kokemusta vain tästä yhdestä korjauksesta. Erityisesti ojituksiin oli pannottu ja niissä Tirkkonen oli tehnyt siistin jäljen. Korjausten jälkeen tie oli ollut siistin näköinen ja siitä oli jäänyt positiivinen vaikutelma tilaajalle, vaikka itse tien rakennetta ei olekaan tutkittu ollenkaan.”

Kysymys 22: Kuinka potentiaalisena näette kyseisen korjausmenetelmän tulevaisuudessa? (Asteikolla 1-5 ; 1 = Huonoin, 5 = Paras)

- Haastateltava 1: ” 4. Haastateltava pitää tätä korjausmenetelmää potentiaalisena juttuna tulevaisuudessa.”
- Haastateltava 2: ” 3,5. Haastateltava arvioi tämän menetelmän kumminkin paremman puolelle. Menetelmässä on kuitenkin kehittämistä vielä, että siitä tulee potentiaalinen vaihtoehto nykyisten menetelmien tilalle. Hän sanoo, että tiet pitäisi tutkia etukäteen, jotta tiessä varmasti riittää kiviaines, joten tämä on tällä hetkellä täsmäkohteisiin sopiva menetelmä.”
- Haastateltava 3: ”3. Haastateltavan mielestä tämä korjausmenetelmä ei sovellu kaikkialle, vaan kohteet täytyy olla hyvin valitut. Hän pitää kuitenkin tätä menetelmää markkinakelpoisena tuotteena jos vaan kohteet valitaan oikein. Hän pitää kuitenkin perinteistä suodatinkangas menetelmää parempana, koska se sopii kaikkiin kohteisiin.”

Kysymys 23: Millä perusteilla päädyttiin kivijyrsinkorjaukseen kyseisessä kohteessa?

- Haastateltava 1: ” Kohteessa oli paljon kiviä ja urakoitsija oli itse kysynyt että olisiko tällaista kohdetta johon tätä menetelmää voisi käyttää.”
- Haastateltava 2: ”Pasi Tirkkonen etsi sopivaa pilottikohdetta ja haastateltava oli ehdottanut kyseistä tietä kivisyytensä puolesta. Kiviä ei ollut kuitenkaan tarpeeksi tienrungossa vaan sitä jouduttiin ajamaan lisää muualta.”
- Haastateltava 3: ”Ely-keskus oli tilannut tämän työmaan suoraan Pasi Tirkkoselta.”

Kysymys 24: Kerro oma mielipide kivijyrsimen käytöstä kelirikkokorjauksiin?

- Haastateltava 1: ” Haastateltava näkee tämän tosi potentiaalisena, jos vain pohjaolosuhteet ovat sopivat tälle menetelmälle niin että rungossa on kiviainesta, jota voi murskata. Hänen mielestään tätä menetelmää ei kannata käyttää sellaisiin kohteisiin, jossa kiviainesta ei ole, koska silloin tienrunkoa vain häiritäisiin. Hänen mielestään työmaat pitää myös tutkia etukäteen, jotta varmistutaan siitä, että rungossa on varmasti kiviainesta tarpeeksi. Myös kevätkantavuus mittauksia tulisi tehdä tällaisissa kohteissa ennen ja jälkeen korjausten.”
- Haastateltava 2: ” Kivijyrsinkorjauksesta jäi haastateltavalle tosi positiivinen vaikutelma. Hänen mielestään tämä korjaus on myös hinnan ja laadun suhteen erittäin hyvä menetelmä. Kiiluntie on pysynyt myös vielä kuosissaan, eikä sille ole tarvinnut tehdä lisäkorjauksia vaan ainoastaan perinteistä soratien hoitoa.
- Haastateltava 3: ” Haastateltavan mukaan kivijyrsimellä tehdystä kelirikkokorjauksesta ei ole hyötyä humuspitoisissa ja savikoissa paikoissa vaan paras korjausmenetelmä on perinteinen suodatinkangas. Hyvää kivijyrsimessä on kun kohteista saa maakivet pois, jolloin tien hoito helpottuu. Jos kivijyrsin menetelmään lisätään sorastus, hänen mielestä se on toimiva korjausmenetelmä. Haastateltavan mielestä kivijyrsin menetelmä on tietyin edellytyksin aivan hyvä menetelmä. Varsinkin tuhkastabilointi kehittämällä, niin että niitä voisi käyttää enemmän tällaisissa kohteissa.”

LIITE 3: KUSTANNUSLASKELMAT

Matka 50 km			Matka 120 km		
Sideaineprosentti	Käsitellyn kerroksen massa (m)	€/km	Sideaineprosentti	Käsitellyn kerroksen massa (m)	€/km
5 %	0,2	39671	5 %	0,2	40427
	0,3	40647		0,3	41781
	0,4	41624		0,4	43136
10 %	0,2	41624	10 %	0,2	43136
	0,3	43577		0,3	45845
	0,4	45530		0,4	48554
12 %	0,2	42405	12 %	0,2	44219
	0,3	44748		0,3	47470
	0,4	47092		0,4	50721

Matka 230 km			Matka 310 km		
Sideaineprosentti	Käsitellyn kerroksen massa (m)	€/km	Sideaineprosentti	Käsitellyn kerroksen massa (m)	€/km
5 %	0,2	41561	5 %	0,2	42254
	0,3	43482		0,3	44522
	0,4	45404		0,4	46790
10 %	0,2	45404	10 %	0,2	46790
	0,3	49247		0,3	51326
	0,4	53090		0,4	55862
12 %	0,2	46941	12 %	0,2	48604
	0,3	51552		0,3	54047
	0,4	56164		0,4	59490