

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Yhdyskuntarakentaminen

Opinnäytetyö

Kati Suhonen

SORATEIDEN KELIRIKKOKORJAUKSET JA NIIDEN ONNISTUMINEN
VUONNA 2008

Työn ohjaaja

DI Hannele Kulmala

Työn teettäjä

Destia Oy, hoito- ja kunnossapitopalvelut,
valvojana DI Rauno Kuusela

Tampere 4/2010

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

Yhdyskuntarakentaminen

Tekijä

Suhonen, Kati

Työn nimi

Sorateiden kelirikkokorjaukset ja niiden onnistuminen vuonna 2008

Sivumäärä

40 sivua

Valmistumisaika

6.4.2010

Työn ohjaaja

Hannele Kulmala

Työn teettäjä

Destia Oy, hoito- ja kunnossapitopalvelut, valvojana Rauno Kuusela

TIIVISTELMÄ

Kelirikko syntyy roudan sulaessa tai runsaiden sateiden yhteydessä ja on lähinnä keväinen ongelma. Heikosti kantavilla teillä, missä kuivatus on puutteellinen, sitä saattaa kuitenkin esiintyä myös syksyllä.

Sorateilla esiintyy sekä pinta- että runkokelirikkoo, ja syksyllä esiintyvistä kelirikosta käytetään nimitystä syyskelirikko. Suomessa vain runkokelirikkoiset tiet inventoidaan. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on syventää tietoa kelirikosta ja sen aiheuttamien ongelmien korjaamisesta sekä seurata kesällä 2008 tehtyjen kelirikkokorjauskohteiden käyttäytymistä ja onnistumista.

Opinnäytetyössä kerrotaan myös eri kelirikkokorjaustoimenpiteistä, mutta pääasiassa keskitytään perinteisiin ja yleisesti käytettyihin kelirikkokorjauksiin, joissa korjauskohtaan levitetään suodatinkangas ja murskekerros sekä tarvittava kuluskerros. Lisäksi opinnäytetyössä käsitellään sitä, miten runkokelirikkoiset tiet inventoidaan.

Kesällä 2008 tehtyjen kelirikkokorjausten onnistumisen ja käyttäytymisen seuranta suoritettiin kevään ja kesän 2009 aikana. Kelirikkokorjauskohteiden käyttäytymisen pohjalta mietittiin myös sitä, eroavatko tien hoitotoimenpiteet muun tien hoidosta.

Writer	Suhonen, Kati
Thesis	Restoration of the frost damages on gravel road and their success in 2008
Pages	40 pages
Graduation time	6.4.2010
Thesis Supervisor	Hannele Kulmala
Co-operating Company	Destia Oy, hoito- ja kunnossapitopalvelut, valvojana Rauno Kuusela

ABSTRACT

This final project is about damages of the gravel roads which occurs when the ground frost melts or when it rains a lot. This kind of problem is more likely to happen in the spring but sometimes it happens also in the fall. The problems happen because of the improper drainage.

There are two types of damages in this field on gravel road. These are damages which start in the ground or in the surface. Only the damages which start in the ground are counted in Finland. This final project is made to get more information of this problem and what needs to be done to fix the damages that it makes. There is also text about some roads that has been fixed because of this problem in the summer of 2008. This final project tells how those fixed roads work after one year.

The author tells also about different ways to fix roads which are damaged by melting ground frost. Mainly the final project is about traditional methods that are usually used. In those methods there are a textile rolled out to cover damaged section of the road to work as a filter. On the top of the textile the gravel subbase is spread and after that the wearing surface can be made. There is also text in this final project about how the damages are counted.

Alkusanat

Haluan kiittää kaikkia, jotka ovat edesauttaneet opinnäytetyöni valmistumista. Työnantajan puolelta kiitän diplomi-insinööri Rauno Kuusela, insinööri Annukka Suonpää sekä kaikkia muita, jotka ovat auttaneet opinnäytetyöni valmistumisessa. Koulun puolelta haluan kiittää työn ohjaajaa diplomi-insinööri Hannele Kulmalaa. Lisäksi erityiskiitokset haluan antaa perheelleni ja sukulaisilleni, jotka ovat tukeneet minua niin opinnäytetyön tekemisessä kuin koko opiskeluni aikana.

Tampereella huhtikuussa 2010

Kati Suhonen

Sisällysluettelo

1	Johdanto	8
1.1	Työn tausta	8
1.2	Tavoitteet	9
1.3	Rajaukset	9
2	Kelirikko	10
3	Kelirikkokorjaukset	14
3.1	Yleistä kelirikkokorjauksista	14
3.2	Eri korjaustoimenpiteet	14
3.3	Korjaustoimenpiteen valinta	16
3.4	Korjaustoimenpiteen ajoitus	17
3.5	Korjaustyön eteneminen	17
4	Laadunvarmistus	20
4.1	Laadunvarmistustoimenpiteitä	20
4.2	Koemittaukset	20
5	Runkokelirikkoinventoinnit	22
6	Runkokelirikkovaurioiden korjausten tärkeysjärjestys	25
7	Tien rakenne	26
7.1	Rakenteen mitoituksessa tarvittavat lähtötiedot	26
7.2	Suodatinkangasrakenne	27
7.3	Suodatinhiekkarakenne	28
7.4	Korvaavat materiaalit ja niiden vaikutus kerrospaksuuteen	29
8	Tehtyjen kelirikkokorjausten seuranta	31
8.1	Onnistuminen	31
8.2	Korjauspaikat	32
8.3	Korjauskohtien käyttäytyminen	32
9	Korjauskohteiden kunnossapito- ja hoitotoimenpiteet	34
10	Pitkien ja lyhyiden korjauskohteiden vertailua	35

11	Johtopäätökset	36
11.1	Kelirikkokorjauskohteiden käyttäytyminen	36
11.2	Korjausjaksojen pituus ja paikat	36
11.3	Rakenne	36
11.4	Jatkotoimenpiteet	37
	Lähteet	38
	Liitteet	39

SANASTO

Huokospaine	Maan rakeiden välissä huokostiloissa vallitseva paine
Massanvaihto	Pohjanvahvistusmenetelmä, jossa huonosti kantava tai koonpuristuva pohjamaa vaihdetaan kantavaan ja routimattomaan materiaaliin.
Nimismiehen kihara	Soratiessä olevat peräkkäiset kuopat, jotka syntyvät, kun auto toisensa jälkeen sutii tietä samasta kohdasta.
Paikkaus	Tiehen tulleet reiät poistetaan täyttämällä ne kulutuskerrosmateriaalilla.
Perusmuotoilu	Tien pinta tasataan ja muotoillaan uusiksi.
Rakentamaton tie	Sorapintaisia teitä, jotka ovat syntyneet vähitellen. Rakenne on yleensä routivaa materiaalia.
Routa	Maan huokosissa olevan veden jäätyminen johdosta jäänyt maakerros.
Routiminen	Ilmiö, jossa maakerroksen jäätyessä maan tilavuus kasvaa.
Routaantuminen	Maassa olevan veden jäätyminen.
Sorastus	Korvataan soratien kulutuskerroksesta kulunut materiaali ajamalla tarvittava määrä soraa vanhan höylätyn kulutuskerroksen päälle.
Stabilointi	Sekoitetaan sopiva määrä sidosainetta (kalkki ja/tai sementti) maa-aineksen kanssa. Käytetään pehmeiden maakerrosten lujittamiseen ja painumien vähentämiseen.
Tasaus	Tie tasataan lanaamalla, jonka tarkoitus on sekoittaa tien pintamateriaalit ja tasata tien pinnan pienet epätasaisuudet.
Tieliikennekustannukset	Koostuu tiekustannuksista (tien rakentaminen, tien kunnossapito) sekä ajokustannuksista (ajoneuvo-, aika-, onnettomuus- sekä ympäristökustannukset)

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Suomen tieverkosta noin 30 000 km on sorateitä (Saarelainen 1999, 11). Lisäksi koko Suomen tieverkon liikennesuoritteesta noin 6 % tapahtuu sorateilla (Sorateiden kelirikkovaurioiden korjaaminen 2000, 9). Sorateiden ongelmana on keväinen ja osin myös syksyinen kelirikko. On arvioitu, että noin puolet Suomen sora-tiestöstä on kelirikkoriskin alaisia ja vuosittain noin kolmasosalle asetetaan keväisin painorajoituksia. (Kelirikko ja painorajoitukset 2009.) Runkokelirikkokorjauksia tehdään vuosittain noin 10 M€:n arvosta (Valkeisenmäki 2006, 4).

Vaikka soratieverkoston vuosittainen liikennesuorite on pieni verrattuna koko maan liikennesuoritteeseen, on tärkeää pitää sora-tiet kunnossa, koska merkittävä osa puutavarakuljetuksista ja maatalouskuljetuksista tapahtuu sorateilla. Myös sorateiden varrella asuvilla pitää olla oikeus päästä kulkemaan hyviä teitä pitkin ja heidän yleinen turvallisuutensa on turvattava. (Karhula 1996, 7.)

Kelirikko syntyy roudan sulaessa tai runsaiden sateiden seurauksena, jolloin tien kantavuus heikkenee (Yksityisten teiden kunnossapito 1999, 9). Kelirikkovauriot aiheuttavat sekä tienpitäjille että tienkäyttäjille vuosittain suuria kustannuksia. Sopivilla korjaustoimenpiteillä voidaan parantaa tien laatua ja näin ollen pystytään vaikuttamaan merkittävästi myös tieliikennekustannuksiin. (Belt, Lämsä, Ehrrola & Ernvall 1999, 69.) Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan lähemmin vuonna 2008 Hämeen tiepiirissä tehtyjä kelirikkokorjauksia, missä korjauskohtaan levitetään suodatinkangas ja sen päälle ajetaan mursketta.

Tämän opinnäytetyön tekijä oli kesällä 2008 työharjoittelussa Destia Oy:n hoito- ja kunnossapitopalvelussa, ja sai olla itse mukana tekemässä toimenpiteitä kelirikon välttämiseksi ja korjaamiseksi. Soratiet olivat paikka paikoin erittäin huonossa kunnossa ja autolla oli vaikea ylittää kelirikosta kärsivää tienkohtaa. Tällöin tämän opinnäytetyön tekijä kiinnostui kelirikosta, sen aiheuttamista ongelmista ja niiden korjauksista.

Keväällä 2009 tarkasteltiin muutamia teitä, joissa kelirikkovaurioita oli aikaisemmin ollut ja joille korjauksia oli tehty. Ero edellisvuoteen oli huomattava ja tienkäyttäjät pystyi ylittämään tienkohdan vauhtia hidastamatta.

1.2 Tavoitteet

Työn tavoitteena on syventää tietoa kelirikkovaurioiden aiheuttamien ongelmien korjaamisesta sekä ennaltaehkäisemisestä. Hyvillä kelirikkokorjausmenetelmillä sekä vaurioiden ennaltaehkäisemisellä varmistettaisiin tien ympärivuotinen liikennöitävyys myös sorateilla.

Tässä opinnäytetyössä mietitään pitkien ja lyhyiden korjausjaksojen etuja ja haittoja sekä niiden vaikutusta kustannuslaskentaan ja työn lopputulokseen. Kohteiden toteutus rakenteen kannalta on yksi keskeinen osa tätä opinnäytetyötä. Tavoitteena on miettiä, minkälaisella rakenteella saavutetaan paras ja edullisin lopputulos työn tilaajan, urakoitsijan ja tienkäyttäjän kannalta. Rakennerratkaisun pitäisi olla paitsi taloudellinen, myös helppo toteuttaa.

Tärkeää on myös saada selville kelirikkokorjauskohteiden käyttäytyminen. Muun muassa kesällä teiden pölyävyyttä verrataan sorateihin, joilla kelirikkokorjausta ei ole tehty. Tarkoitus on miettiä, tarvitseeko korjausjaksoille tehdä joitakin lisätoimenpiteitä ja miten kelirikkokorjauskohteet vaikuttavat tien hoitoon ja kunnossapitoon.

1.3 Rajaukset

Tässä opinnäytetyössä kerrotaan lyhyesti, mikä kelirikko on ja miten niiden aiheuttamia haittoja korjataan sekä kerrotaan runkokelirikkokorjausten inventoinnista. Lisäksi tutkitaan kelirikkokorjausten rakennetta ja valmiiden korjauskohteiden käyttäytymistä, kuten jo tavoitteissa kerrottiin.

Opinnäytetyössä kerrotaan lyhyesti eri korjaustoimenpiteistä, mutta keskitytään syvämmmin runkokelirikkokorjauksiin, joissa korjauskohtaan levitetään suodatinkangas ja tämän päälle ajetaan 200–300 mm paksu kantava kerros sekä noin 100 mm paksu kulutuskerros.

2 Kelirikko

Sorateiden kelirikko on pääosin keväinen ongelma, mutta heikosti kantavilla teillä, joilla kuivatus on puutteellinen, kelirikkoa saattaa esiintyä runsaiden ja pitkäaikaisten sateiden takia myös syksyllä. Yleensä kelirikkokausi alkaa maaliskuun loppupuolella ja se päättyy juhannukseen mennessä. (Kelirikko ja painorajoitukset 2009.)

Kelirikon vaikeus riippuu talvesta, roudan sulamisajankohdan sääolosuhteista sekä pohjavesitilanteesta, ja se vaihtelee suuresti eri vuosien välillä (Tien rakenteen parantaminen; suunnitteluohje 1980, 10). Roudan sulamisesta johtuvaa kelirikkoa esiintyy lähinnä rakentamattomilla sorateilla, joiden osuus kaikista Suomen sorateista on huomattava (Belt ym. 1999, 9).

Sorateiden pahimpia ongelmia ovat heikko kevätkantavuus sekä tien reunojen leviäminen. Heikon kevätkantavuuden takia hienoainesta saattaa nousta tien pinnan läpi, eli tiehen syntyy savisilmäkkeitä. Tien reunojen leviäminen tukkii sivuojia, mikä puolestaan pahentaa entisestään kelirikkoa. (Belt ym. 1999, 69.)

Sorateilla esiintyy sekä pinta- että runkokelirikkoa. Syksyllä esiintyvistä kelirikoista käytetään nimitystä syyskelirikko. Kelirikon aiheuttaa yleensä tierakenteessa olevan ylimääräisen veden routaantuminen, jolloin maan tilavuus kasvaa, eli syntyy routanousuja. (Yksityisten teiden kunnossapito 1999, 9-10.)

Runkokelirikko-ongelmat ilmenevät lähinnä rakentamattomilla sorateilla, koska niiden rakennekerrosten paksuudet vaihtelevat huomattavasti. Pahimmat ongelmakohdat sijaitsevat yleensä paikoissa, missä pohjavesi on lähellä tien pintaa tai pohjamaa on savea, silttiä, moreenia tai hienoa hiekkaa. Ongelmakohtien rakennekerrokset ovat hyvin usein sekoittuneet pohjamaahan, jolloin rakenne on heikentynyt. (Belt ym. 1999, 69.)

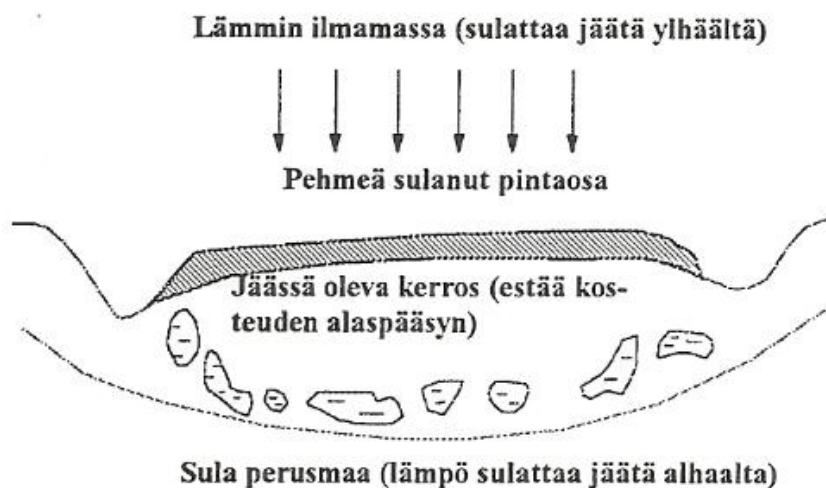
Soratien kunto vaikuttaa ratkaisevasti kelirikkojen määrään: mitä paremmassa kunnossa tiet ovat, sitä vähemmän kelirikkoa esiintyy. Myös sääolosuhteet ja lii-

kennemäärät vaikuttavat soratien kuntoon ja hoidon tarpeeseen. Niinpä tarvittaessa pahimpana kelirikkokautena kelirikkoisten teiden liikennettä rajoitetaan. Etenkin raskasta liikennettä on syytä rajoittaa painorajoituksin runkokelirikon päättymiseen asti, jotta tien runko ei pääse vaurioitumaan. (Yksityisten teiden kunnossapito 1999, 9-10.)

Kelirikko aiheutuu puutteellisesta pinta- tai syväkuivatuksesta, liian ohuista rakennekerroksista, rakennekerrosten materiaalien puutteista, pohjamaan sekoittumisesta rakennekerrokseen sekä tien liiasta kuormituksesta (Yksityisteiden kelirikkohteiden korjaus, n.d). Teillä, joilla kelirikkoa esiintyy, on routaheittoja, kuoppia, uria ja upottavia tienkohtia. Nämä vaikeuttavat liikkumista, ja keväisin pahasti kelirikkoisille teille asetetaan painorajoituksia, jotta säästyttäisiin isomilta vaurioilta, niin tien kuin siinä kulkevan ajoneuvonkin osalta. Painorajoitusten tarvetta arvioidaan ensimmäisen kerran tammikuun tienoilla, mutta sitä tarkennetaan maaliskuussa, kun saadaan ennuste kulloisenkin kelirikon vaikeudesta. (Kelirikko ja painorajoitukset 2009.)

Kelirikko voi ilmetä tiessä pienenä savisilmäkkeenä, jonka autoilija ohi ajaessaan voi helposti kiertää, mutta pahimmillaan kelirikko saa aikaan tielle pehmeikön, jota ei pysty ohittamaan. Tällaisen pehmeikön kuivuminen saattaa kestää pitkälle kevääseen. (Karhula 1999, 7.)

Kun tien kantavuus alenee keväällä rakenteen, pohjamaan tai niiden molempien vaikutuksesta, puhutaan pintakelirikosta (Saarelainen 1999, 11). Kuviossa 1 on esitetty pintakelirikon syntyminen. Kun routa tien pinnalta alkaa sulaa, tierakenteeseen vapautuu vettä, joka ei pääse poistumaan tien reunoissa ja syvemmällä olevan roudan takia. Tällöin tien pintakerrokset pehmenevät ja puhutaan pintakelirikosta. Tämä aiheuttaa liikenteelle välitöntä haittaa. Pintakelirikko ulottuu noin 15 cm:n syvyyteen, ja se kestää keväällä noin kahden viikon ajan säästä riippuen. Sateisena syksynä pintakelirikkoa saattaa ilmetä, jos tiet ensin jäätyvät ja sitten taas sulavat. (Perco-asemien mittaustiedot apuna painorajoitusten asettamisessa 2006.) Kuviossa 2 näkyy, miten pintakelirikko esiintyy luonnossa.



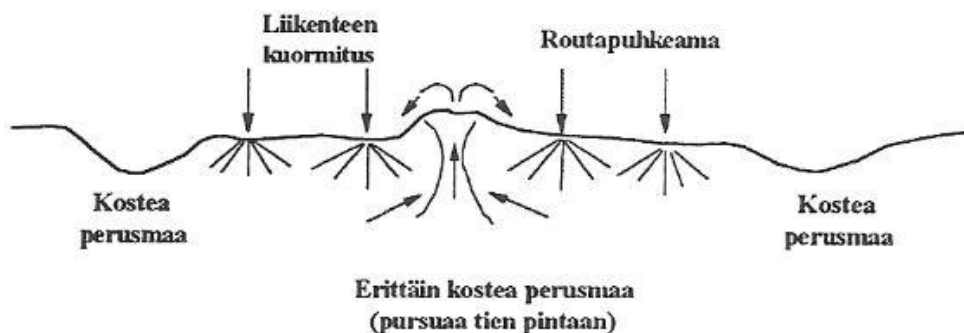
Kuvio 1: Pintakelirikon periaatekuvaus (Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 1996, 8)



Kuvio 2: Pintakelirikon esiintyminen (Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 1996, 8)

Kun tien pinta on kuivunut, on pintakelirikkovaihe ohi ja roudan sulaminen jatkuu syvemmällä tierakenteessa, eli seuraa runkokelirikkovaihe. Tällöin tien pinnalta mitattuna 15 cm:n alapuolella ja päällysrakenteen alaosassa olevan roudan sulaessa maapohja pehmenee. Runkokelirikkovaihe seuraa pintakelirikkovaihetta usein varsinkin silloin, jos maaperä on routivaa. Silloin tienrungosta ja tienrungossa olevista jäälinseistä vapautuu vettä, joka ei pääse purkautumaan pois. Ylimääräinen vesi tien rungossa yhdessä liikennekuormituksen kanssa alentaa kantavuutta

ja näin ollen aiheuttaa kelirikkoa (kuvio 3). Tällöin myös liikennöitävyys heikkenee huomattavasti. Runkokelirikko kestää tavallisesti keväällä useamman viikon ajan. Runkokelirikkoa saattaa ilmetä myös runsassateisena syksynä, jolloin tierakenne pehmenee tierungossa olevan ylimääräisen veden takia. (Perco-asemien mittaustiedot apuna painorajoitusten asettamisessa 2006.)



Kuvio 3: Runkokelirikon periaatekuvaus (Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 1996, 9)

Runsaiden sateiden vaikutuksesta tierungon vesipitoisuus kasvaa ja pohjaveden pinta nousee, mikä saattaa alentaa tien kantavuutta sekä rajoittaa raskaan liikenteen liikkumista. Tätä kelirikkovauriotyyppiä kutsutaan syyskelirikoksi, koska sen esiintymisajankohta on yleensä syksyllä (Kelirikkoteiden liikenteen rajoittaminen 2007, 9.)

Roudan syvyys riippuu talven pakkasmäärästä, joka lasketaan talven ilman lämpötilojen perusteella. Roudan sulaminen tiessä alkaa yleensä silloin, kun ilman lämpötila on luokkaa -2 tai -3°C eli silloin, kun vuorokauden keskilämpötila nousee maanpinnassa jäätympisteen yläpuolelle. Kun jäätynyt vesi alkaa sulaa, maan vesipitoisuus kasvaa, ja näin ollen maa löyhtyy routimisen vaikutuksesta. Kun maata kuormitetaan, maan huokospaine kasvaa, jolloin maan jäykkyys pienenee. Huokospaineeseen vaikuttavat maan vesipitoisuus ja oma paino, vedenläpäisevyys, pakkasmäärä, jäätymis- ja sulamisnopeus, kuivatusolosuhteet sekä pohjavedenpinnan korkeus. (Hentilä, Slunga & Palolahti, 1994, 13.)

3 Kelirikkokorjaukset

3.1 Yleistä kelirikkokorjauksista

Sorateiden runkokelirikkovauriot ja teille asetettavat painorajoitukset aiheuttavat sekä tienpitäjälle että tienkäyttäjille joka vuosi suuria kustannuksia. Kelirikkokoh- teita parantamalla pystytään vaikuttamaan tieliikennekustannuksiin. Oikein vali- tuilla korjaustoimenpiteillä voidaan parantaa tien kevätolosuhteita niin, että ajo- kustannukset ja kunnossapitokustannukset alenevat huomattavasti. (Belt ym. 1999, 69.)

3.2 Eri korjaustoimenpiteet

Kelirikko aiheuttaa sorateille kevätkantavuuden heikkenemistä, jota voidaan pa- rantaa rakennetta vahvistamalla, routimista rajoittamalla tai maapohjan sula- misominaisuuksia muuttamalla. Joissakin tapauksissa kevätkantavuutta paranne- taan näiden kaikkien korjaustoimenpiteiden avulla. (Saarelainen 1999, 11.)

Sorateiden kantavuuden parantaminen kelirikkokorjauksien avulla on aiheellista silloin, kun runkokelirikon aiheuttama tien kantavuuden aleneminen aiheuttaa lii- aksi vaaraa liikenteelle tai jos tien palvelutaso on liikennemäärään ja tien luok- kaan nähden liian alhainen (Saarenketo, Lähde, Peltoniemi & Rantanen 2002, 42).

Perinteinen runkokelirikkovaurioiden korjaustapa on murskeen lisäys vanhan tie- rakenteen päälle, mutta sen tuomaa hyötyä kelirikko-ongelman poistamiseksi pi- detään lyhytaikaisena ratkaisuna. Toimenpide on yksinkertainen ja suhteellisen edullinen toteuttaa. (Belt ym. 1999, 72.)

Viime aikoina kelirikkokorjauksia on tehty levittämällä suodatinkangas vanhan muotoillun tierakenteen päälle. Suodatinkankaan päälle on ajettu uusi 200–300 mm paksu kantava kerros sekä noin 100 mm paksu kulutuskerros. Suodatinkan- kaan tarkoitus on estää murskeen sekoittuminen vanhaan tierakenteeseen ja poh- jamaahan, mikä nostaa rakenteen kestoikää pelkkään murskeratkaisuun verrattu- na. Tämä toimenpide estää myös silmäkkeiden syntymisen tien pintaan. Tämä ratkaisu on toteutukseltaan yksinkertainen ja vain hieman kalliimpi kuin pelkkä

murskeratkaisu. (Belt ym. 1999, 72.) Mikäli pohjamaa on pahasti pehmennyt, voidaan kantavan kerroksen ja kulutuskerroksen väliin tehdä sidekerros hienoainespitoisemmasta materiaalista, joka on rakeisuudeltaan 0–32 mm (Rakenteen parantaminen 1991, 20).

Kelirikkokorjauksia on tehty paljon myös geovahvisteilla, jotka ovat joko erilaisia kankaita tai verkkoja. Geovahvisteiden tarkoitus on ottaa vastaan rakenteessa syntyviä jännityksiä. Kankaat estävät samalla myös vanhan ja uuden tierakenteen sekoittumisen, mutta verkot toimivat pelkästään lujitteina. Geovahvisteet asetetaan vanhan muotoillun tierakenteen päälle, jonka päälle tulee noin 150 – 200 mm kantavaa mursketta sekä uusi kulutuskerros. Geovahvisteiden lujitevaikutuksen ansiosta kantavan kerroksen murskekorkeuden ei tarvitse olla yhtä iso kuin suodatin-kankaita käytettäessä. Geovahvisterakenteet ovat nopeita ja yksinkertaisia toteuttaa, ja niiden hinnat vaihtelevat suuresti valmistustavasta ja materiaaleista riippuen. (Belt ym. 1999, 73.)

Stabilointi mahdollistaa vanhan tierakennemateriaalin uusiokäytön ja sideaineena siinä käytetään esimerkiksi sementtiä, kalkkia tai bitumia. Stabilointipaksuus on yleensä noin 150 – 200 mm ja stabiloinnin päälle tarvitaan vain ohut 50 mm paksu murskekerros sekä uusi kulutuskerros. Stabilointeja kelirikkokohteiden korjaamisessa ei ole paljoa vielä tehty, joten kustannusten esittäminen ei ole mahdollista. (Belt ym. 1999, 73.)

Kelirikkovaurioiden korjaamiseen voidaan käyttää myös voimalaitoksilla syntyvää lentotuhkaa. Tuhka tiivistyy hyvin ja muodostaa kovan laattamaisen rakenteen. Tämä parantaa tien kantavuutta ja toimii samalla myös lämmön eristeenä. Tuhkarakenteessa vanhan muotoillun pinnan päälle tulee tarvittaessa suodatin-kangas ja 200 mm tuhkaa. Tuhkakerroksen päälle tulee vielä 20 – 100 mm mursketta ja uusi kulutuskerros. Tuhkarakenteeseen käytettävät materiaalmäärät ovat melko isoja. Tuhkarakenne on potentiaalinen ratkaisu oikeastaan vain voimalaitosten läheisyydessä. (Belt ym. 1999, 73.)

Runkokelirikkovauriot voidaan korjata joissakin tapauksissa myös pelkästään hoitamalla vauriokohdan kuivatus kuntoon.

3.3 Korjaustoimenpiteen valinta

Korjaustoimenpiteillä runkokelirikosta kärsivä tien kohta tehdään pysyvästi samanlaiseen kuntoon muuhun tiehen verrattuna (Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 1996, 13). Kun kelirikkovaurioita lähdetään ehkäisemään ja kunnostamaan, on erityisen tärkeää huolehtia tien kuivatuksesta (Yksityisten teiden kunnossapito 1999, 38). Vesihän on kuitenkin pääsyy kelirikkovaurioiden ilmenemiseen. Tavallisia keinoja parantaa kuivatusta ovat sivuojien ja laskuojien puhdistaminen sekä päätie- ja sivuojarumpujen uusiminen ja kunnostaminen. Kuivatuksen lisäksi pieniä kelirikkovaurioita voidaan hoitaa myös perusmuotoilulla, paikkauksilla, tasauksilla ja sorastamalla. (Saarenketo ym. 2002, 42.) Näiden lisäksi suurempia korjauksia tehdään suodatinkankaita tai geovahvistemattoja käyttämällä, jolloin estetään routivan pohjamaan sekoittuminen tien päällysrakenteeseen. Tällöin tien kantavuus säilyy eikä tierakenteeseen synny enää routapuhkeamia. Suodatinkankaan tai geovahvistematon käyttämistä suositellaan etenkin silloin, kun rakentamattomien teiden kantavuutta halutaan parantaa. (Yksityisten teiden kunnossapito 1999, 38.)

Korjaustoimenpiteet jaetaan kolmeen ryhmään: Raskaaseen, keskiraskaaseen ja kevyeen toimenpiteeseen.

Korjaustapa A on raskas toimenpide, jossa vanhaa tierakennetta ei voida juurikaan hyödyntää tietä korjattaessa ja tien tasausviivan nosto ei ympäristösyistä ole mahdollista. Vaihtoehtoja korjata tien vauriot ovat massanvaihto, jossa rakenteen yläosaan tarvitaan lisäksi murskatusta materiaalista tehty kantava kerros sekä normaali kulutuskerros. Jos tien tasausviivaa voidaan nostaa, on mahdollista tehdä korjaustoimenpide levittämällä suodatinkankaan päälle noin 400 mm paksu murskekerros sekä normaali kulutuskerros. Tämän korjaustoimenpiteen yhteydessä myös kuivatus on saatettava riittävän hyvään kuntoon. (Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 1996, 13.)

Korjaustapa B on keskiraskas toimenpide, jossa suodatinkangas, geotekstiili tai joissakin tapauksissa suodatinhiekkä asetetaan vanhan tien päälle ja sen päälle ajetaan 200-300 mm mursketta sekä kulutuskerros. Toimenpiteen yhteydessä myös kuivatus on hoidettava kuntoon. (Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 1996, 13.) Tätä korjaustapaa B on Suomessa käytetty paljon edullisuutensa ja hyvien tulostensa takia. Menetelmä soveltuu parhaiten tasaisille tiejaksoille, joissa on tasaisesti pehmeneviä kelirikkohteita. Keskivaikeissa ja vaikeissa olosuhteissa, kaltevassa maastossa menetelmää ei juurikaan kannata käyttää, koska tällöin sillä saavutetaan melko lyhytaikaisia ratkaisuja. (Saarenketo ym. 2002, 42.)

Korjaustapa C on kevyt toimenpide, jossa tien kuivatus hoidetaan hyvään kuntoon esimerkiksi luiskia loiventamalla tai ojia perkaamalla (Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 1996, 13).

Tässä opinnäytetyössä käsitellään nimenomaan kelirikkokorjauksia, joissa käytetään suodatinkankaita tai vaihtoehtoisesti suodatinhiekkää murskeen tai luonnon-soran sekä kulutuskerroksen alla (korjaustapa B).

3.4 Korjaustoimenpiteen ajoitus

Runkokelirikkovaurioita korjataan sorateilla ympäri Suomea joka kesä kelirikko-kauden päätyttyä. Runkokelirikkovauriot inventoidaan keväällä pahimpaan kelirikko-aikaan ja niiden korjaustoimenpiteet tehdään saman kesän aikana, kun maa on kunnolla sulanut.

3.5 Korjaustyön eteneminen

Runkokelirikkokorjaukset eivät yleensä kuulu hoidon alueurakkaan vaan ne inventoidaan joka kevät erikseen ja kilpailutetaan urakoitsijoilla.

Ennen varsinaisen työn aloittamista käydään merkitsemässä kelirikkokorjausten aloitus- ja lopetuskohdat suunnitelmien mukaisesti, jotta työ saadaan joustavasti etenemään eikä väärinkäsityksiä tapahtuisi. Tämän jälkeen rakentamisessa käytettävät suodatinkankaat jaetaan merkityille aloituspaaluille tien varsille. Suodatin-

kankaan leveys määräytyy tien leveyden mukaan ja se katsotaan kussakin tapauksessa erikseen.

Kun suodatinkankaat on jaettu paikoilleen, voidaan itse korjaustyö aloittaa muotoilemalla vanha tien pinta ja levittämällä sopivan kokoinen suodatinkangas tasoitettun vanhan tierakenteen päälle (kuvio 4). Mikäli mattoja täytyy limittää, tien pituussuunnassa limitys on 0,5 m ja poikkisuunnassa 2 m. Kankaan levittäminen kannattaa ajoittaa juuri ennen mursketta kuljettavan kaluston saapumista, jotta paljaan suodatinkankaan päällä ei kulje tarpeetonta liikennettä ja että tuuli ei heitä suodatinkangasta pois tieltä. Yleensä suodatinkankaan päälle lapioidaan pieniä hiekkakasoja, jotta tuuli ei veisi kangasta mukanaan.



Kuvio 4: Suodatinkankaan levitys

Suodatinkankaan päälle tehdään 200–300 mm paksu kantava kerros rakeisuudeltaan 0–55 mm:n murskeesta. Lisäksi kantavan kerroksen päälle tehdään vielä 100 mm paksu kulutuskerros. Murskeet ajetaan korjauspaikoille kuorma-autoilla tai kasettirekoilla riippuen kiviainesvaraston ja korjauskohteen välisestä matkasta. Kuvio 5 näyttää, miten murskeet levitetään suodatinkankaan päälle. Korjauskohteen kiviainekset levitetään ja tasoitetaan joko tiehöylällä tai kuviossa 6 nähtävällä traktorilla, joka vetää perässään lanaa. Viimeistelyvaiheessa tien luiskat siivotaan ja muotoillaan huomioiden tiealue, ympäristön asutus sekä pihat. Myös

kuivatus hoidetaan kuntoon tarpeen mukaan esimerkiksi ojia perkaamalla. Tällainen kelirikkokorjaustoimenpide on melko helppo toteuttaa ja saavutetut tulokset ovat vuosien varrella osoittautuneet hyviksi.



Kuvio 5: Murskeen ajo suodatinkankaan päälle



Kuvio 6: Murskeen levitys ja tasoitus

4 Laadunvarmistus

4.1 Laadunvarmistustoimenpiteitä

Urakoitsijalla on velvollisuus osoittaa tekemänsä työn laatu kelvolliseksi. Laadunvarmistuksessa osoitetaan korjauskohteen oikea sijainti, rakennusmateriaalien laatu sekä korjausrakenteiden toteutuneet kerrospaksuudet. (Valkeisenmäki 2006, 21.)

Korjauskohteiden oikea sijainti voidaan todeta esimerkiksi maatumkaluotaimella kerrospaksuuksien toteamisen yhteydessä. Tämän lisäksi on tarkistettava tierekisterin tietojen oikeellisuus sekä inventoijan, suunnittelijan ja urakoitsijan yhdenmukainen paikannustapa. (Valkeisenmäki 2006, 21.)

Rakennusmateriaalin laatu todetaan rakeisuuskäyrien perusteella, joka kertoo materiaalin raekokojakauman. Korjausrakenteiden toteutuneet kerrospaksuudet tarkistetaan maatumkaluotaimen avulla tai koemittauksilla. (Valkeisenmäki 2006, 21.)

4.2 Koemittaukset

Tämän opinnäytetyön tekijä pääsi itse tekemään koemittauksia, joissa kelirikko-korjauskohteiden toteutuneet kerrospaksuudet osoitettiin koekuoppien avulla. Koekuoppien kohdat valittiin satunnaisesti ja jokaisessa laadunvarmistukseen valitussa tienkohdassa kaivettiin kolme koekuoppaa, tien reunoihin sekä keskelle (kuvio 7). Tämän jälkeen mitattiin mittatikkua apuna käyttäen rakenteen kerrospaksuudet (kuvio 8). Kerrospaksuudet kirjattiin ylös ja toimitettiin työn tilaajalle.



Kuvio 7: Koekuopat kaivetaan sekä tien reunoille, että tien keskelle



Kuvio 8: Kerrospaksuuksien mittaus mittatikun avulla

5 Runkokelirikkoinventoinnit

Soratieverkostolle tehdään joka vuosi runkokelirikkoinventoinnit, joilla saadaan tietoa runkokelirikon aiheuttamista haitoista ja niiden määrästä tienkäyttäjille. Kelirikkoinventointi ei kuitenkaan kerro kelirikon syistä ja syiden selvittämiseen tarvitaan muita menetelmiä. Runkokelirikkoinventoinnit ovat tärkeä tietolähde valittaessa teitä, jotka kulloinkin otetaan korjausohjelmaan. (Saarenketo ym. 2002, 9.) Aikaisempien vuosien kelirikkovaurioiden vakavuuden, määrän ja toistuvuuden perusteella määritellään aluksi sorateiden alttius kärsiä kelirikon aiheuttamista vahingoista. Jokavuotiset runkokelirikkoinventoinnit tehdään lopullisesti touko- ja kesäkuun aikana, eli pahimpaan kelirikkoaikaan, jolloin kunkin kevään runkokelirikkopaikat ovat tiedossa ja pintakelirikko suurilta osin ohitettu. (Perco-asemien mittaustiedot apuna painorajoitusten asettamisessa 2006.) Ongelmana kuitenkin on se, että kelirikkoa ei välttämättä esiinny koko tieosuudella samaan aikaan, vaan kelirikkoajankohta saattaa vaihdella. Tämän takia inventointiajankohta on mietittävä tarkkaan, jotta saadaan mahdollisimman hyviä tuloksia pahimmista kelirikkopaikoista. Tällä hetkellä kuitenkin ainoastaan jatkuvalla silmämääräisellä seurannalla saadaan luotettavia tuloksia korjausta vaativista kohteista. (Saarenketo ym. 2002, 9.)

Suomessa vain runkokelirikkoiset tiet inventoidaan. Pintakelirikkoa sekä routimista, joka aiheuttaa epätasaisuuksia tiehen ei inventoida. (Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 1996, 15). Runkokelirikkoisten teiden tunnistaminen ja erottaminen pintakelirikkokohteista vaatii kokeneen ja koulutetun henkilöstön, mutta kelirikkokohteiden vaurioiden vaikeusasteen selvittäminen voi olla toisinaan vaikeaa myös kokeneelle asiantuntijalle (Saarenketo ym. 2002, 9).

Sorateiden kelirikkoisuutta mitataan runkokelirikkoisten sekä painorajoitettujen teiden määrällä, ja runkokelirikon arviointi tapahtuu silmämääräisesti (Paavilainen 2004, 7). Kelirikkovaurion alkamis- ja päättymiskohta merkitään 10 metrin tarkkuudella, ja yhden vauriokohteen sisällä saa olla enintään 50 metriä pitkä vaurioton tiejakso. (Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 1996, 15.) Sorateiden rakenteellisia kuntopuutteita arvioitaessa tärkeitä seikkoja ovat rakenteen kuiva-

tus, kulutuskerroksen paksuus ja laatu, pehmeiköt ja kantavuuspuutteet, maakivet, sekä muut vauriot ja ongelmat (Paavilainen 2004, 7). Runkokelirikkoja inventoitaessa vauriopaikat, vaurioluokat ja toimenpideluokka merkitään valmiille runkokelirikon inventointilomakkeelle (liite 1) (Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 2004, 14).

Runkokelirikon esiintyminen jaetaan kolmeen vaurioluokkaan, joissa vaurioluokka 1 on tien ja autoilijan kannalta kaikkein pahin ja vaurioluokka 3 ei juurikaan haittaa liikennettä ja tie on melko hyvässä kunnossa.

Vaurioluokan 1 teillä tien runko on pahasti sekaisin ja autoilijan on vaikea ohittaa kelirikkoinen tienkohta (kuvio 9). Lisäksi hän joutuu melkein täysin pysäyttämään vauhtinsa ja arvioimaan, onko vauriokohta mahdollista ylittää. Ajoinja on tällöin valittava erittäin tarkkaan, mutta silti auton pohjapanssari saattaa koskettaa tietä. (Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 1996, 10.)



Kuvio 9: Runkokelirikon esiintyminen vaurioluokassa 1 (Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 1996, 10)

Vaurioluokan 2 teillä tien pinnassa on pursuilua ja reikiä, mitkä aiheuttavat sen, että ajonopeutta joudutaan selvästi hiljentämään ja ajoinjaa hieman arvioimaan. Vauriokohdan 2 tien pääsee kuitenkin hyvin ylittämään. (Sorateiden runkokeliri-

kon inventointiohje 1996, 11.) Kuviossa 10 on esitetty vaurioluokkaan 2 kuuluvan runkokelirikon esiintyminen.



Kuvio 10: Runkokelirikon esiintyminen vaurioluokassa 2 (Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 1996, 11)

Vaurioluokan 3 tiet ovat pääosin kantavia, niin kuin kuvion 11 runkokelirikkovauriokohdasta voi nähdä. Lievää rungon pehmenemistä ja reunasortumia on kuitenkin havaittavissa. Autoilija, joka ohittaa vaurioluokan 3 tienkohdan, joutuu hie-man laskemaan nopeuttaan ja väistelemään reunasortumia. (Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 1996, 12.)



Kuvio 11: Runkokelirikon esiintyminen vaurioluokassa 3 (Sorateiden runkokelirikon inventointiohje 1996, 12)

6 Runkokelirikkovaurioiden korjausten tärkeysjärjestys

Runkokelirikkovaurioiden korjaustoiminnan tärkeysjärjestykseen asettamisen tavoite on tehostaa toimintaa sekä säästää kustannuksissa. Tärkeysjärjestystä voidaan tarkastella koko maan tai yksittäisen tiepiirin kannalta. Koko maan kannalta tarkasteltaessa tulisi määrittää yksittäisten tiepiirien runkokelirikkovaurioiden korjaustarve, korjaamisen tärkeysjärjestys, kustannukset sekä korjauksista koituvat hyödyt. Näiden perusteella pystyttäisiin arvioimaan rahoitustarpeet valtakunnallisesti sekä alueellisesti. Tiepiirien kannalta tärkeysjärjestystä tarkasteltaessa tulisi selvittää korjausta tarvitsevien teiden kiireellisyysjärjestys. (Belt ym. 1999, 78.)

Runkokelirikkovaurioiden alueellisessa korjaustoiminnan tärkeysjärjestykseen asettamisessa tavoitteena ovat mahdollisimman suuri hyöty/kustannus -suhde sekä alueellinen tasapainoisuus. Myös yksilön yleinen turvallisuus eli hälytysajoneuvojen kulku pitää ottaa huomioon tärkeysjärjestystä mietittäessä. Kiteytettynä tämä tarkoittaa sitä, että vakavat vaurioluokkaan 1 kuuluvat runkokelirikkovaurioiset tiet tulisi korjata mahdollisimman pikaisesti. Vasta tämän jälkeen alettaisiin korjata vaurioluokkiin 2 ja 3 kuuluvia teitä. (Belt ym. 1999, 78.)

Tiekohtainen tärkeysjärjestykseen asettaminen tehdään tiepiireissä. Tämä kannattaisi toteuttaa kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa seulottaisiin esille potentiaaliset korjausta vaativat runkokelirikkoiset sora-tiet. Tämä tehtäisiin liikennemääriä, väestö- ja elinkeinorakennetta sekä teiden liikenteellistä palvelutasoa tarkastellen. Toisessa vaiheessa tehtäisiin ensimmäisessä vaiheessa valituille sora-teille tarkempi analyysi runkokelirikkokorjauksen tarpeellisuudesta. Tässä vaiheessa kannattaa hyödyntää myös paikkatietorekisteriä. Korjaustoimenpiteen valinnan yhteydessä tulee selvittää myös, korjataanko ainoastaan pahimmat kelirikkokohdat vai tehdäänkö korjaus koko tielle tai tieosalle. (Belt ym. 1999, 78.)

7 Tien rakenne

7.1 Rakenteen mitoituksessa tarvittavat lähtötiedot

Ennen tien rakenteen suunnittelua on selvittävä olemassa olevan tien tai pohjamaan maalajien kantavuus- ja routivuusominaisuudet. Ne riippuvat maalajien rakeisuudesta sekä vesipitoisuudesta. Ratkaisevinta tien rakennetta mitoittaessa on tietää olemassa olevan tien tai pohjamaan heikoin kantavuus eli useimmissa tapauksissa kevätkantavuus, jolloin routa sulaa tiekerroksissa. (Yksityiset tiet; osa I suunnitteluohjeet 1984, 34.)

Keväällä runkokelirikon esiintymisen aikaan tie saattaa olla pehmennyt lähes ajokelvottomaksi. Kelirikkokorjauskohteiden uuden rakenteen kantavuuksia ja rakennepaksuuksia laskettaessa tulee valita pehmenneiden kohtien lähtökantavuudeksi 35 MPa, vaikka kantavuusmittausten perusteella saataisiinkin suurempi tulos. (Rakenteen parantaminen 1991, 19.)

Yleisten sorateiden ohjeellinen tavoitekantavuus on 80 MPa kantavan kerroksen päältä, ja soratien kulutuskerroksen vähimmäispaksuuden uudella tiellä tulee olla 50 mm (Tierakenteen suunnittelu 2004, 56). Kuormitusmitoitus tehdään tavallisesti Odemarkin kaavalla (kaava 1).

Mitoitettavan kerroksen päältä saavutettava kantavuus on

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

jossa:

E_A on mitoitettavan kerroksen alta saavutettava kantavuus (MPa)

E on mitoitettavan kerroksen materiaalin E-moduuli (MPa)

h on mitoitettavan kerroksen paksuus (m)

$a = 150$

Odemarkin kaavaan tarvitaan kunkin materiaalin E-moduuliarvot. Taulukkoon 1 on kerätty tässä opinnäytetyössä tarvittavien materiaalien E-moduuliarvot.

Taulukko 1: Materiaalien E-moduuliarvot (Tietoa tiesuunnitteluun nro 71D 2005)

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

7.2 Suodatinkangasrakenne

Kun kelirikkokorjauksia tehdään suodatinkangasrakennetta käyttäen, estetään vanhan tierakenteen ja uuden korjausrakenteen sekoittuminen keskenään. Suodatinkangasrakenne parantaa samalla myös tien kantavuutta ja tasaa epätasaisia rou-tanousuja.

Suodatinkangasrakenteessa vanhan tien päälle levitetään suodatinkangas, jonka päälle tulee 200–300 mm paksu kerros mursketta (0–55 mm) sekä 100 mm paksu kulutuskerros. Tässä rakennetyypissä suodatinkangas jää kunnolla rakennekerroksien peittoon, joten kunnossapidon kannalta ei erityistä varovaisuutta tarvitse noudattaa esimerkiksi teitä tasoitettaessa sekä auratessa.

Kelirikkokorjauksia tehtäessä voidaan myös suodatinkankaan reunat kääntää, jolloin saadaan rakenne, joka tukee tien reunoja paremmin (kuvio 12). Käännettyjen reunojen päälle tulee ajaa vähintään 10 cm paksu murskekerros, jotta suodatinkangas ei ajan kuluessa tule esille tierakenteesta ja revi rakennetta rikki. Tällainen rakenne kannattaa tehdä etenkin silloin, kun tien reunojen heikko kantavuus ja sortuminen saattavat hyvin todennäköisesti muodostua ongelmaksi. Tämä rakenne vaatii kunnossapitäjiltä hieman enemmän varovaisuutta tietä hoidettaessa, sillä

tien reunoissa suodatinkangas on niin lähellä tien pintaa (noin 10 cm), että esimerkiksi kuorma-auton alusterä saattaa tietä hoidettaessa huomaamatta repiä suodatinkangasta ja rikkoa näin ollen rakenteen. (Lahtinen ja Jyrävä 2006, 13.) Lähenteessä puhuttiin geovahvisteista, mutta sama pätee myös suodatinkankaille.



Kuvio 12: Reunavahvisteisen rakenteen periaate (Lahtinen ja Jyrävä 2006, 14)

7.3 Suodatinhiekkarakenne

Suodatinhiekkarakenteessa suodatinkangas korvataan suodatinhiekkalla. Tällaisia rakenneratkaisuja kelirikkokorjauksissa tehtiin ennen suodatinkankaiden yleistyttyä (Mäki 6.11.2006). Seuraavana on laskettu esimerkki rakennekerrosten paksuuksista suodatinhiekkarakenteessa. Esimerkki on laskettu Odemarkin kaavaa käyttämällä.

Suodatinkerroksen päältä saavutettava kantavuus on

$$E_p = \frac{35 \text{ MPa}}{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{100 \text{ mm}}{150}\right)^2}}\right) \frac{35 \text{ MPa}}{70 \text{ MPa}} + \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{100 \text{ mm}}{150}\right)^2 \left(\frac{70 \text{ MPa}}{35 \text{ MPa}}\right)^2}}} = 40 \text{ MPa}$$

Kantavan kerroksen päältä saavutettava kantavuus on

$$E_P = \frac{40 \text{ MPa}}{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+0,81 \cdot \left(\frac{200 \text{ mm}}{150}\right)^2}}\right) \frac{40 \text{ MPa}}{280 \text{ MPa}} + \frac{1}{\sqrt{1+0,81 \cdot \left(\frac{100 \text{ mm}}{150}\right)^2} \left(\frac{280 \text{ MPa}}{40 \text{ MPa}}\right)^{\frac{2}{3}}}} = 84 \text{ MPa}$$

Laskuista todetaan, että kantavan kerroksen päältä saavutettavaksi paksuudeksi saadaan 84 MPa, kun suodatinkerroksen paksuus on 100 mm ja kantavan kerroksen paksuus on 200 mm. Kun rakenteeseen lisätään vielä 100 mm:n kulutuskerros, jota laskuissa ei tarvitse ottaa huomioon, rakenteesta tulee 400 mm paksu. Tämä paksuus on vielä hyväksyttävä kelirikkokorjausjaksoille, joten voidaan todeta, että suodatinhiekkarakennetta voidaan joissakin tapauksissa käyttää rakenneratkaisuna suodatinkankaan sijaan.

7.4 Korvaavat materiaalit ja niiden vaikutus kerrospaksuuteen

Opinnäytetyössä lasketaan, sopiiko rakeisuudeltaan 0-32 mm murske kelirikkokorjauksien kantavaan kerrokseen vai tuleeko rakenteesta liian korkea tätä mursketta käyttämällä. Laskuista saadut rakennepaksuudet on saatava selville ja sen jälkeen mietittävä, voidaanko rakennetta tällä kiviaineksella tehdä.

Kantavan kerroksen päältä saavutettava kantavuus on

$$E_P = \frac{35 \text{ MPa}}{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+0,81 \cdot \left(\frac{250 \text{ mm}}{150}\right)^2}}\right) \frac{35 \text{ MPa}}{200 \text{ MPa}} + \frac{1}{\sqrt{1+0,81 \cdot \left(\frac{100 \text{ mm}}{150}\right)^2} \left(\frac{200 \text{ MPa}}{35 \text{ MPa}}\right)^{\frac{2}{3}}}} = 82 \text{ MPa}$$

Laskusta voidaan todeta, että rakeisuudeltaan 0-32 mm:n mursketta voidaan käyttää kelirikkokorjauksissa rakenneratkaisuna, sillä 250 mm:n murskekerros riittää tarvittavan kantavuuden saavuttamiseen. Laskennallisesti rakenteen kantavuus kantavan kerroksen päältä on vain hieman pienempi, kuin rakeisuudeltaan 0-55 mm:n murskeella. Tämä johtuu siitä, että sitomattoman kerroksen käyttökelpoinen E-moduuli arvo saa olla korkeintaan $6 \cdot E_A$ (Tietoa tiesuunnitteluun nro 73 2004, 8).

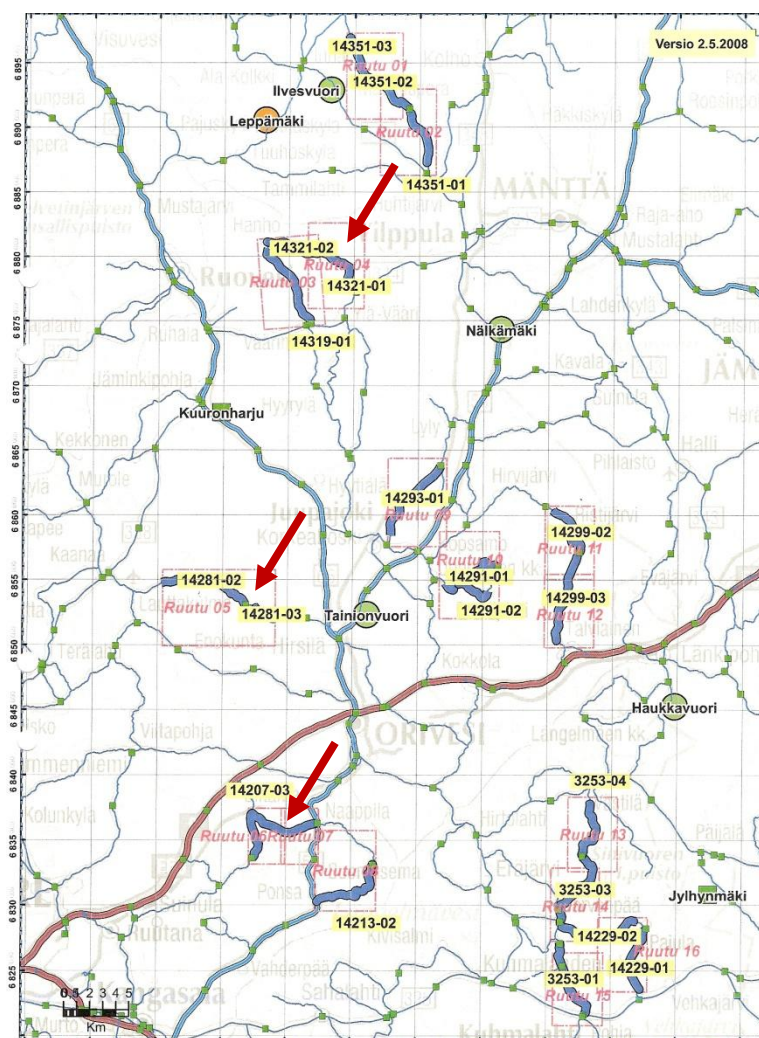
Rakeisuudeltaan 0-32 mm mursketta käytettäisiin 0-55 mm:n murskeen sijasta, jos tätä materiaalia olisi helpommin saatavilla. Tavoitteena on saada hyvä rakenneratkaisu mahdollisimman edullisesti sekä tilaajan että urakoitsijan kannalta.

Materiaalin käyttökelpoisuutta mietittäessä tulisi kiinnittää huomiota tekniseen toteutettavuuteen, saavutettavaan kantavuuden paranemiseen, vaikutusta routavaurioihin sekä kustannuksiin (Saarelainen 1999, 89).

8 Tehtyjen kelirikkokorjausten seuranta

8.1 Onnistuminen

Tämän opinnäytetyön tekijä seurasi kevään ja kesän 2009 aikana vuoden takaisia kelirikkokorjauskohteita ja niiden onnistumista. Korjauskohteita seurattiin muutamalla kesän aikana tehdyllä tarkastuskierroksella. Tarkasteltavat tiet valittiin satunnaisesti ja tarkasteluun otetut tiet ovat Oriveden kaupungissa sijaitsevat Siitaman tie 14207 ja Lauttakulman tie 14281 sekä Ruoveden kunnassa sijaitseva Syrjän sekä Hanhon läpi kulkeva tie 14321. Kuviossa 13 on kartta kyseisten korjauskohteiden paikoista. Kartassa näkyy sinisellä kaikki tällä alueella tehdyt kelirikkokorjaukset vuonna 2008.



Kuvio 13: Kelirikkokorjauskohteet (nuolet kertovat tässä opinnäytetyössä seurattujen teiden sijainnin).

Pahin kelirikkoaika oli ohi ennen ensimmäistä tarkastuskierrosta, joten omia havaintoja siltä ajalta ei ole saatavissa. Haastattelujen perusteella kuitenkin selvisi, että kelirikkokorjauskohteet onnistuivat hyvin ja ne olivat parempia sekä kuivempia verrattuna edelliseen kevääseen ennen kelirikkokorjausten tekoa. Lisäksi reiät ja muut vauriot oltiin korjausten avulla saatu minimoitua. Näin ollen pahimpaan kelirikkoaikaan ei ongelmia korjauskohdissa juurikaan ilmennyt. Pahimmat runkokelirikkovaurioit saatiin kuriin ja tiet olivat asettumisensa jälkeen selvästi paremmassa kunnossa kuin keväällä 2008. (Mäki ja Taipale 6.11.2009.) Pahimman kelirikon jälkeen teitä tarkasteltaessa huomattiin, että kelirikkokorjauskohteet eivät huomattavasti erottuneet muusta maastosta ja kantavuusongelmat olivat korjauskohteissa hävinneet.

8.2 Korjauspaikat

Kesällä 2008 Hämeen tiepiirissä tehdyt kelirikkokorjaukset sijoitettiin paikoilleen valmiiden suunnitelmien perusteella. Korjauskohteiden paikat onnistuttiin valitsemaan pääosin melko hyvin, joten suurin osa monivuotisista ongelmakohdista saatiin kuriin niiden avulla. Toivottavaa kuitenkin olisi vielä paremman lopputuloksen aikaansaamiseksi keskustella korjauspaikoista alueen urakoitsijan sekä paikallisten asukkaiden kanssa, sillä pitkäaikainen ja jatkuva kokemus kyseisistä teistä on eduksi korjauskohteita valittaessa. (Mäki 6.11.2009). Kelirikkokorjauskohteiden pituudet olisivat saaneet olla hieman pidempiä varsinkin silloin, jos lyhyiden korjauskohteiden etäisyys toisistaan oli pieni.

8.3 Korjauskohtien käyttäytyminen

Suodatinkangas katkaisee kapillaarisen veden nousun ja näin ollen kelirikkokorjauskohteet kuivuvat tavallisesti hieman nopeammin. Tämä aiheuttaa sen, että korjauskohteet pölyävät hieman enemmän muuhun tiehen verrattuna. Etenkin aukeilla paikoilla, jossa aurinko pääsee kuivattamaan tietä, pölyäminen on runsasta ja korjauskohteet saattavat tarvita näin ollen enemmän kunnossapitotoimenpiteitä. Aukeiden paikkojen korjauskohdissa, joissa liikennettä on enemmän, näkyy myös olevan selvästi enemmän irtokiviä sekä ”nimismiehen kiharaa” ja muutamalla korjauskohteella olivat selvästi pehmenneet reunat. Suojaisille paikoille tehdyt kelirikkokorjaukset olivat onnistuneet hyvin ja niissä tien pinta oli melko kiinteä ja

reikiä ei juurikaan ollut havaittavissa. Ne eivät myöskään pölynneet samalla tavalla kuin aukeiden paikkojen kelirikkokorjauskohteet, koska tien kuivuminen oli hitaampaa. Joitakin irtokiviä korjatuilla osuuksilla oli kuitenkin enemmän kuin muilla tieosuuksilla.

9 Korjauskohteiden kunnossapito- ja hoitotoimenpiteet

Hoito- ja kunnossapitourakoitsijoiden on hyvä tietää kelirikkokorjauskohteiden paikat, sillä korjauskohteiden hoito eroaa hieman muun tien hoidosta. Korjauskohteet pölyävät enemmän muuhun tiehen verrattuna ja näin ollen niille tulee levittää hieman enemmän suolaa. Kokemus on osoittanut, että korjauskohteet tarvitsevat noin 20 % enemmän suolaa, jotta se saavuttaa samanarvoisen aseman muuhun tiehen verrattuna. Lisäksi korjauskohteita höylätään hieman kevyemmin, jotta suodatinkangas pysyy paikoillaan eikä hoito- ja kunnossapitokoneet repisi sitä mukaansa höylätessä. Tosin kelirikkokorjauskohteet eivät kaipaa höyläämistä yhtä paljon kuin muu tie, koska se reikiintyy hieman vähemmän. (Taipale 6.11.2009.)

10 Pitkien ja lyhyiden korjauskohteiden vertailua

Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus selvittää myös monen lyhyen korjausjakson etuja ja haittoja muutamaa pitkään korjausjaksoon verrattuna.

Lyhyitä korjausjaksoja on hieman hankalampi tehdä kuin pitkiä korjausjaksoja, sillä mattojen pilkkomiseen ja siirtelyyn menee paljon työaika. Myös tavaraa kuuluu enemmän tehtäessä monta lyhyttä korjauspätkää, sillä silloin tulee myös enemmän siirtymäkiiloja, joihin kuluu paljon materiaalia. (Mäki 6.11.2009.)

Jos kelirikkokorjauskohteet ovat hyvin lyhyitä, niiden oikeiden kohtien löytäminen voi olla välillä haastavaa. Jos lyhyet korjausjaksot ovat niin lähellä toisiaan, että niiden kiilaukset menevät päällekkäin, olisi järkevämpää toteuttamisen ja lopputuloksen kannalta tehdä yksi hieman pidempi korjausjakso, koska materiaalikustannuksiin se ei merkittävästi vaikuta.

Koska kelirikkokorjausta tehtäessä tien pinta nousee noin 35 cm, niin lyhyet korjaukset erottuvat maastosta ja niistä tulee helposti ”hyppyreitää” (Taipale 6.11.2009). Lyhyiden korjausjaksojen haittapuolena on myös se että hoito- ja kunnossapitotyöt hankaloituvat, sillä ne ovat esimerkiksi tietä tasattaessa huonoja (Mäki 6.11.2009). Pidempiä korjausjaksoja on helpompi hoitaa kuin lyhyitä korjausjaksoja (Murtola 6.11.2009).

Lyhyitä korjausjaksoja tehtäessä korjauskohteen paikka pitäisi olla lähes täsmälleen oikealla paikalla ja jos ne onnistutaan sijoittelemaan oikein, ne ovat hyviä (Taipale 6.11.2009). Jos lyhyet korjausjaksot menevät vähänkin sivuun, voi käydä niin, että oikea ongelmakohta voi jäädä kokonaan korjaamatta. Näin ollen lyhyitä korjausjaksoja tehtäessä tulee kiinnittää niiden sijoitteluun erityistä huomiota ja normaalisti sallittu 10 m:n heittokin saattaa jo aiheuttaa ongelmia.

11 Johtopäätökset

11.1 Kelirikkokorjauskohteiden käyttäytyminen

Suodatinkangas + murske -rakenne on helppo toteuttaa ja se on pitkäaikaisempi ratkaisu pelkkään murske kerrokseen verrattuna. Tällaisella rakenteella toteutetut korjauskohteet kuivuvat nopeammin, sillä suodatinkangas estää kapillaarisen veden nousun uuteen rakenteeseen. Tästä seuraa, että korjauskohde pölyää hieman enemmän muuhun tiehen verrattuna. Pölyäminen on kuitenkin tiedossa ja korjauskohteille osataan levittää tarvittava määrä suolaa. Nopean kuivumisen takia korjauskohteet menevät herkemmin ”nimismiehen kiharalle”, mutta muuten niissä on paljon vähemmän reikiä ja muita ongelmia muuhun tiehen verrattuna.

11.2 Korjausjaksojen pituus ja paikat

Tällä hetkellä ainoa luotettava tapa saada selville kelirikkopaikat on jatkuva silmäääräinen seuraaminen. Jotta kelirikkokohteet osataan valita oikein, on ehdottoman tärkeää haastatella tien kunnossapitäjää ja paikallisia asukkaita korjauskohteita valittaessa. Kunnossapitäjällä ja asukkailla on usein hyvin tiedossa vuosien takaa vanhan tien käyttäytyminen: mitkä kohdat routivat joka kevät ja mitkä ovat ne pahimmat kelirikkopaikat.

Kelirikkokorjausjaksoista kannattaa tehdä mieluummin hieman pidempiä kuin lyhyitä, sillä näin kelirikkokorjaukset saadaan varmimmin oikeille paikoille, työaika menee vähemmän hukkaan sekä siirtymäkiiloihin käytettävä materiaali saadaan minimoitua. Yhden kelirikkokorjausjakson sisällä saa olla kuitenkin korkeintaan 50 m pitkä vaurioton osuus.

11.3 Rakenne

Runkokelirikkokorjauksia tehdään paljon tavalla, jossa vanhan tien päälle levitetään suodatinkangas ja tämän päälle ajetaan 0-55 mm:n mursketta. Tässä opinnäytetyössä mietittiin vaihtoehtoisena rakenneratkaisuna sitä, että kantavan kerroksen 0-55 mm murske korvattaisiin 0-32 mm murskeella ja laskennallisesti edellä käsitelty rakenneratkaisu sopii hyvin kelirikkokorjauskohteisiin. Näin ollen 0-32 mm

mursketta kannattaa kokeilla rakenneratkaisuna, mikäli yleensä käytettyjä materiaaleja ei ole helposti saatavilla.

11.4 Jatkotoimenpiteet

Kelirikkokorjauksia kannattaa jatkossa tehdä hyväksi todetulla suodatinkangas + murske -ratkaisulla. Korjauspaikkoja valittaessa kannattaa haastatella tien kunnossapitäjää sekä paikallisia asukkaita tien todellisista ongelmakohdista. Näin korjaukset saadaan kohdistettua sinne, missä suurimmat ongelmat todellisuudessa ovat. Kannattaa myös kokeilla vaihtoehtoisia ratkaisuja ja vertailla eri menetelmiä toisiinsa. Saattaa olla, että jonain päivänä löytyy hinta-laatusuhteeltaan vielä nykyistä rakennetta parempi ratkaisu.

Lähteet

Belt, Jouko; Lämsä, Veli Pekka; Ehrola, Esko & Ernvall, Timo 1999. Soratiestön runkokelirikko. Luonnosmoniste.

Hentilä, Veikko; Slunga, Eero & Palolahti, Anton 1994. Roudan vaikutusten mallintaminen. Tielaitoksen selvityksiä 8/1994. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Karhula, Jyrki 1996. Soratiestön kelirikko ja keväiset liikennerajoitukset 1995-1996. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 56/1996. Helsinki: Oy Edita Ab.

Kelirikko ja painorajoitukset 2009. [online] [viitattu 3.2.2010]. www.tiehallinto.fi

Kelirikkoteiden liikenteen rajoittaminen, toteuttamisvaiheen ohjaus 2007. Helsinki: Verkkojulkaisu pdf, www.tiehallinto.fi/julkaisut.

Lahtinen, Pentti & Jyrävä, Harri 2006. Vahvisterakenteet. Loppuraportti.

Murtola, Janne, kuorma-autonkuljettaja. Haastattelu 6.11.2009. Destia Oy.

Mäki, Jukka, kuorma-autonkuljettaja. Haastattelu 6.11.2009. Destia Oy.

Perco-asemien mittaustiedot apuna painorajoitusten asettamisessa 2006. [online] [viitattu 3.2.2010]. www.tiehallinto.fi

Rakenteen parantaminen, Luonnos koekäyttöön, Teiden suunnittelu IV, Tien rakenne 7, 1991. Tielaitos, Tiehallitus, Helsinki 1991.

Saarelainen, Seppo 1999. Kelirikkaisen soratien kantavuuden parantamismenetelmiä: Bitumistabilointi ja raudoitettu murske, Loppuraportti. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 6/1999. Helsinki: Oy Edita Ab.

Saarenketo, Timo; Lähde, Arvo; Peltoniemi, Hannu & Rantanen, Taina 2002. Vaasan sorateiden korjaussuunnittelun kehittäminen. Tutkimusraportti. Rovaniemi: Roadscanners Oy.

Sorateiden kelirikkovaurioiden korjaaminen: Koerakenteiden pitkäaikaiskäyttäytyminen ja taloudellisuus 2000. Tielaitoksen selvityksiä 10/2000, Helsinki: Oy Edita Ab.

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

Taipale, Pauli, kuorma-autonkuljettaja. Haastattelu 6.11.2009. Destia Oy.

Tien rakenteen parantaminen: Suunnitteluohje 1980. Tie- ja vesirakennushallitus, Tiensuunnittelutoimisto, Maatutkimustoimisto. TVH 722336.

Tierakenteen suunnittelu, suunnitteluvaiheen ohjaus 2004. Helsinki: Edita Prima Oy.

Tietoa tiesuunnitteluun nro 71D, 2005. Tiehallinto, tie- ja geotekniikka 2005.

Tietoa tiesuunnitteluun nro 73, 2004. Tiehallinto, Tekniset palvelut.

Valkeisenmäki, Aarno 2006. Kelirikkokorjausten suunnittelu ja toteuttaminen. [online] [viitattu 3.2.2010]. http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200978-vs14-kelirikkokorjausten_suunnitt_ ja_rakent.pdf

Yksityiset tiet, osa I suunnitteluohje 1984. Tie- ja vesirakennushallitus. TVH 722504. Helsinki.

Yksityisteiden kelirikkokohteiden korjaus. Suomen tieyhdistys.[online] [viitattu 3.2.2010]. www.tieyhdistys.fi/yksityistiet/Yksityisteiden_kelirikko.ppt

Yksityisten teiden kunnossapito 1999. Kunnossapidon ohjaus. Oulu: Kalevan kirjapaino.

Liitteet

Liite 1: Runkokelirikon inventointilomake

