



ROADEX III
NORTHERN PERIPHERY



Saara Aho, Timo Saarenketo

KELIRIKKOTEIDEN

KORJAUSSUUNNITELMAT JA KUNNOSTUS

Tiivistelmä

Kelirikkoteiden korjaussuunnitelmat ja kunnostus
TIIVISTELMÄ
Maaliskuu 2006

Saara Aho
Roadscanners Oy

Timo Saarenketo
Roadscanners Oy

ESIPUHE

Tämä raportti on yhteenveto vuoden 2005 ROADEX II –raportista ” Managing Spring Thaw Weakening On Low Volume Roads - Problem Description, Load Restriction Policies, Monitoring And Rehabilitation”, jonka ovat kirjoittaneet Timo Saarenketo ja Saara Aho Roadscanners Oy:stä.

Raportin tavoitteena on toimia työohjeena, jossa keskitytään niihin menetelmiin ja käytäntöihin, joita voidaan soveltaa vuodenaikojen vaihtelusta – ja erityisesti kelirikosta - kärsivien vähäliikenteisten teiden kunnostustöiden yhteydessä.

Tarkoituksena ei kuitenkaan ole korvata monia aiheeseen liittyviä hakuteoksia ja oppikirjoja, vaan tekijöiden toiveena on, että yhteenvedot saavat lukijan ymmärtämään paremmin tämän kausittain toistuvan ongelman pääkohdat ja niiden ratkaisut.

Raportin ovat kirjoittaneet Saara Aho ja Timo Saarenketo Roadscanners Oy:stä Suomesta. Raportin englanninkielisen alkuperäisversion kieliasun on tarkastanut Roadex III -hankkeen projektipäällikkö Ron Munro. Mika Pyhähuhta Laboratorio Uleåborgista on suunnitellut ulkoasun. Suomenkielisen käännöksen on tehnyt Sanni Pitkäranta Tampereen teknillisestä yliopistosta.

Tekijät haluavat kiittää ROADEX III –hankkeen johtoryhmää kannustuksesta ja opastuksesta tässä työssä.

Tekijänoikeudet © 2006 Roadex III -hanke

Kaikki oikeudet pidätetään.

Roadex III -pääyhteistyökumppani: Ruotsin tiehallinto, Region Norr, Box 809, S-971 25 Luleå. Projektinjohtaja: Krister Palo.

SISÄLLYSLUETTELO

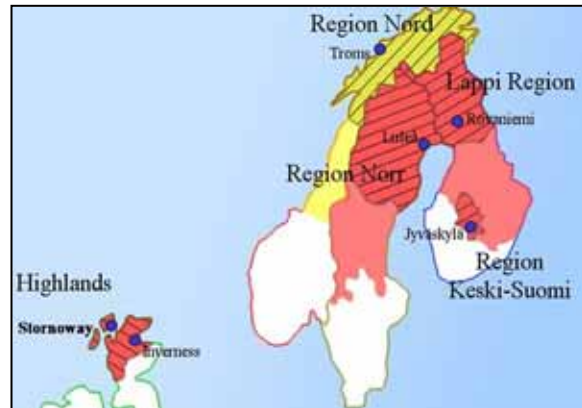
ESIPUHE	3
1.1 ROADEX -PROJEKTI.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
1.2 KELIRIKKOTEIDEN KORJAUSSUUNNITELMAT JA KUNNOSTUS	6
2.1 KELIRIKKOON VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	8
2.2 KELIRIKON VAIHEET.....	9
2.3 KELIRIKKOKOHOITEIDEN LUOKITTELU	10
4.1 VÄHÄLIIKENTEISTEN TEIDEN TUTKIMUSMENETELMÄT	14
4.2 TUTKIMUSAINESTON INTEGROITU ANALYYSI.....	16
4.3 TOIMINTAMALLI KELIRIKKOTEIDEN TUTKIMISEEN JA ANALYYSOINTIIN.....	17
5.1 YLEISTÄ.....	23
5.2 KORJAUSRAKENTEIDEN KÄYTTÖIKÄKUSTANNUKSET	23
5.3 SORATEIDEN KORJAUSRAKENTEET	24
5.4 PÄÄLLYSTETTYJEN TEIDEN KORJAUSRAKENTEET	29
5.4.1 Yleistä.....	29
5.4.2 Ohutpäällysteiset tiet – päällysteen paksuus 20–100mm	29
5.4.3 Paksupäällysteiset tiet – päällysteen paksuus > 100 mm.....	34
SORATEIDEN KELIRIKKOKORJAUSMENETELMIEN RAKENNEKORTIT.....	37

Kappale 1. JOHDANTO

1.1 ROADEX -PROJEKTI

Roadex on pohjoiseurooppalaisten tie- ja kuljetusalan toimijoiden teknistä yhteistyötä hyödyntävä hanke, joka tähtää vähäliikenteisiin teihin liittyvän tutkimustiedon keräämiseen ja jakamiseen yhteistyötahojen välillä.

Hanke aloitettiin vuonna 1998 kolmen vuoden pilottiprojektina, jossa yhteistyötahoina oli tiepiirit Suomen Lapista, Tromssan alueelta Norjasta, Pohjois-Ruotsista sekä Highland Councilin alueelta Skotlannista. Hanketta jatkettiin myöhemmin toisella projektilla, ROADEX II:lla, vuosina 2002-2005.



Kuva 1: Pohjoisen Periferian alue ja Roadex II -yhteistyökumppanit

ROADEX II –projektin yhteistyökumppaneina olivat Pohjoisen Periferian alueiden tiehallinnot, metsätalousjärjestöt, metsäyhtiöt ja kuljetusorganisaatiot. Näitä olivat The Highland Council, The Western Isles Council (Highlandin ja The Western Islesin aluehallinto) ja Forest Enterprise (valtiojohtoinen, mm. metsäautoteistä vastaava laitos) Skotlannista, Norjan tiehallinnon pohjoinen tiepiiri ja Norjan tiekuljetusliitto, Ruotsin tiehallinnon pohjoinen tiepiiri sekä Suomen tiehallinnon Lapin ja Keski-Suomen tiepiirit. Edellisten lisäksi hankkeessa on Suomesta ollut mukana Metsähallitus, Lapin metsäkeskus, Metsäliitto sekä Stora-Enso.

Hankkeen päämääränä oli ideoida ja kehittää uusia työkaluja interaktiiviselle ja innovatiiviselle vähäliikenteisten teiden ylläpidolle, jotka kuitenkin ottavat samalla huomioon paikallisen teollisuuden, yhteiskunnan ja tiejärjestöjen tarpeet. Hankkeen tuloksena syntyi kahdeksan virallista raporttia ja DVD. Kopiot kaikista raporteista on ladattavissa ROADEX:in Internet-sivuilta osoitteessa www.roadex.org.

Tämä yhteenvetoraportti on yksi kahdeksasta lyhennelmästä, jotka on laadittu ROADEX III –projektin puitteissa. ROADEX III (2006-2007) on uusi projekti, johon aiemmin mainittujen tahojen lisäksi uusiksi Pohjoisen Periferian yhteistyökumppaneiksi ovat liittyneet Sisimiutin kunta Grönlannista, Islannin tiehallinto ja Suomen tiehallinnon Savo-Karjalan tiepiiri.

1.2 KELIRIKKOTEIDEN KORJAUSSUUNNITELMAT JA KUNNOSTUS

Vuodenaikaisvaihtelut, routaantumisen ja sulamisen vuorottelu ja niiden aiheuttamat ongelmat ovat merkittävimpiä kylmien ilmastoalueiden tieverkkoihin vaikuttavia tekijöitä Euroopassa, Aasiassa ja Pohjois-Amerikassa. Routimis-sulamisprosessit aiheuttavat myös suuria ongelmia korkeilla ylängöillä lämpimämmän ilmaston maissa. Yhdysvalloissa tiejärjestö AASHO (American Association of State Highway Officials) tutki päällystevaurioiden esiintymistä eri vuodenaikoina (White and Coree 1990), ja tulosten mukaan 60% vaurioista syntyi keväällä, jolloin liikenteen suhteellinen määrä oli 24%. Kesällä uusien päällystevaurioiden suhteellinen määrä oli vain 2%, kun taas suhteellinen liikenteen määrä oli 30%.

Routavauriot näkyvät tiessä epätasaisina routanousuina sekä pitkittäisinä ja poikittaisina halkeamina, mutta ennen kaikkea tierakenteen pehmenemisenä ja pysyvinä muodonmuutoksina sulamisjakson aikana. Pahimmassa tapauksessa nämä tiet ovat kulkukelvottomia. Yleensä kelirikkovahingot aiheuttavat eniten ongelmia "rakentamattomilla" sorateilla, mutta niitä esiintyy myös erityisesti soratiepintauksella päällystetyillä teillä.

Kelirikon vaikeudesta ja laajuudesta riippuen tieverkon kunnan varmistamiseksi on olemassa useita eri käytäntöjä ja menettelytapoja. Yleisesti ottaen kelirikkopolitiikka voidaan luokitella seuraavasti:

- 1) erilaiset kunnossapitotekniikat kelirikon vaikutusten vähentämiseksi
- 2) painorajoitusten asettaminen sekä erilaiset keinot rajoitusten aiheuttamien ongelmien pienentämiseksi
- 3) kelirikkoteiden vahvistaminen sellaiselle tasolle, että painorajoitukset voidaan poistaa tai niiden käyttöä voidaan harventaa vain äärimmäisten olosuhteiden ajalle, sekä
- 4) yhteistyö raskaita ajoneuvoja käyttävien kuljetusorganisaatioiden kanssa.

Perinteisesti tiehallintoviranomaiset ovat pyrkineet estämään kelirikkovahinkoja painorajoituksilla tai jopa teiden sulkemisilla. Kevääksi asetettavat painorajoitukset pidentävät päällysteen käyttöikä, mutta samalla painorajoitustoimenpiteet aiheuttavat merkittäviä lisäkustannuksia raskaita kuljetusajoneuvoja käyttäville teollisuudenaloille. Esimerkiksi Suomessa metsäteollisuudelle kelirikosta aiheutuvien lisäkulojen on laskettu olevan 100M€, joista 65M€ aiheutuu julkisista teistä (Pennanen ja Mäkelä 2003).

Näin ollen paras ja kestävin ratkaisu kelirikko-ongelmiin on heikkojen tieosuuksien vahvistaminen ja kunnostus. Kuitenkin näin voidaan, ja pitäisi, toimia vain jos tiepiirillä on tarpeeksi resursseja asianmukaisiin ja pitkävaikutteisiin toimenpiteisiin. Suuria virheitä on tehty käytettäessä teiden vahvistamisessa liian heikkoja rakenteita. Nämä ongelmat tulevat näkyviin erityisesti, jos tällainen tie päällystetään.

Tässä raportissa keskitytään esittelemään heikkojen tieosuuksien vahvistusprosesseja ja –menetelmiä perustuen tutkimustyöhön, jota on tehty ROADEx II -osaprojekteissa “Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads” (Saarenketo ja Aho 2005) ja “Permanent Deformation” (Dawson ja Kolisoja 2005) sekä Tielaitokselle laadittuun raporttiin “Kelirikkokorjausten suunnittelu ja rakentaminen” (Aho et al. 2005b). Tämä raportti on tehty mm. paikallisten tieinsinöörien ja –suunnittelijoiden tarpeisiin, ja sen tavoitteena on olla käytännöllinen opas, jossa esitellään yksityiskohtaisesti kelirikkoteiden korjausten suunnittelumenetelmiä ja kunnostustekniikoita. Raportissa esitellään kelirikkoisten tieosuuksien luokittelumenetelmä sekä kelirikon perusteoriaa, siten että ongelmien takana olevat prosessit olisivat helpommin ymmärrettävissä. Tekstissä tehdään myös lyhyt katsaus korjausrakenteisiin ja niiden soveltuvuuteen erilaisten vaurioiden korjaamisessa. Lopuksi raportissa käsitellään yleisesti kunnostettujen teiden laadunvarmistusta ja toimivuuden seurantaa.

Lisää käytäntöjä ja menettelytapoja käydään läpi ROADEx II –projektin raportissa “Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads” (Saarenketo ja Aho 2005).

Kappale 2. Kelirikko – lyhyt määritelmä

2.1 KELIRIKKOON VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Termillä ‘kelirikko’ on eri merkitys eri kielissä. Yleisesti ottaen kelirikolla tarkoitetaan tien kantavuuden alenemista tiessä tai pohjamaassa olevien jäätyneiden kerrosten sulassa keväällä. Launonen et al. (1995) luettelevat seuraavat tekijät edellytyksiksi kelirikon ilmaantumiseksi:

- tierakenne ja/tai pohjamaa jäätyvät
- materiaali on routivaa
- routaantuvassa kerroksessa on tarpeeksi vettä
- sulamisjakson aikana sulavasta jäästä suotautuva vesi jää tierakenteeseen tai pohjamaahan heikentäen siten rakennetta
- tiehen kohdistuu kuormitusta sulamisjakson aikana.

Jos joku näistä tekijöistä puuttuu, kelirikkovaurioiden riskiä ei ole. Lämpimämmän ilmastossa maissa (kuten Skotlannissa) kelirikko liittyy yleensä päivittäisiin jäätymissulamissykleihin. Kelirikon taustalla olevia prosesseja on kuvailtu yksityiskohtaisemmin ROADDEX II -hankkeen raportissa “Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads” (Saarenketo ja Aho 2005).

Kelirikon kehittymiseen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa toisaalta liikenne- ja ympäristökuormitukseen sekä toisaalta kohteen olosuhteisiin liittyviin tekijöihin, joita on esitetty taulukossa 2.1. Suunnittelunäkökohtia ovat tien sijaintiin ja ympäristöön liittyvät alueelliset tekijät, jotka vaikuttavat routimisprosessiin, routanousun määrään sekä sulaneen veden poistumiseen. Kaikilla taulukossa 2.1 esitetyillä tekijöillä on oma vaikutuksensa, ja yhdessä muiden tekijöiden kanssa vaikutukset ovat suurempia. Tien reunojen kantavuus ja niihin kohdistuvat kunnossapitotoimenpiteet voivat myös vaikuttaa kelirikon vaikeusasteeseen.

Taulukko 2.1. Kelirikon syntyyn vaikuttavat tekijät. (muokattu Aho 2004)

LIIKENNEKUORMITUS	YMPÄRISTÖKUORMITUS	KOHTIEN OLOSUHDETEKIJÄT
Raskaan liikenteen määrä	Sää ja hydrologiset tekijät	Kuivatusolosuhteet
Akselikuorman suuruus	- Lämpötila	- Tien ympäristön topografia
Rengaspaineen suuruus	- Pohjaveden pinnankorkeus	- Kuivatusrakenteet
Kuormitusten välisen ajan pituus	- Sadanta	Tierakenne
	- Routa (jäälinsit)	- Paksuus, laatu ja sekoittuneisuus
		Pohjamaa
		- Pohjamaalaji ja sen routivuus

2.2 KELIRIKON VAIHEET

ROADEX II –projektin kelirikkotutkimuksen tulokset osoittivat kelirikon jakaantuvan neljään eri vaiheeseen, joilla on omat erillistä luokittelua vaativat tunnuspiirteensä. Vaiheet esiintyvät kronologisessa järjestyksessä ja esimerkiksi painorajoitustarve riippuu vahvasti tien mahdollisesta kosteuspitaisuuden kasvusta ja kantavuuden alenemisesta edellisen jakson aikana. Nämä neljä vaihetta ovat:

- 1) jäätymis-sulamissykleihin liittyvä pehmeneminen,
- 2) pintakelirikko,
- 3) rakennekilirikko sekä
- 4) pohjamaan kelirikko.

Kaikille vaiheille yhteinen tekijä on jäätymisimupaine. Mahdollinen viides luokka olisi samankaltaisten kantavuusongelmien perusteella voimakkaastiin sateisiin liittyvä syyskelirikko, vaikka tänä aikana jäätymis-sulamissyklit eivät ole heikkenemiseen vaikuttava tekijä. Skotlannissa ja muissa lämpimämmän ilmaston maissa suurin ongelma ei ole roudan sulamisesta johtuva kelirikko, vaan talvella päivittäin toistuvat jäätymis-sulamissyklit. Tällaisilla alueilla jäätymis-sulamispehmeneminen on ainoa ongelma.

Kelirikon neljää vaihetta käsitellään yksityiskohtaisemmin ROADEX II -raportissa "Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads" (Saarenketo ja Aho 2005). Niitä voidaan käyttää monitoroinnin ja tiedonvälityksen terminologiana kuvailemaan kelirikon tilaa ja ne voivat olla myös painorajoitusten asettamista tai poistamista koskevan päätöksenteon tukena. Kunnostussuunnitelmassa ja ongelmanalyysissä on myös tärkeää tunnistaa, mitkä kelirikon vaiheet ovat ongelmien takana ja niiden tunnistaminen auttaa sopivien korjausmenetelmien määrittelyssä.

2.3 KELIRIKKOKOHOEIDEN LUOKITTELU

ROADEX II -raportissa "Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads" (Saarenketo ja Aho 2005) esitellään kelirikkovauriokohteille ja vaurioiden syille luokittelujärjestelmä, jonka perusteina ovat kohteen topografia ja pohjamaan ominaisuudet sekä vaurioiden vaikeus. Kriteereinä luokituksessa ovat:

- pohjamaan maalaji
- tien ja sen ympäristön topografia
- vaurioiden vakavuus
- vaurioiden toistuvuus

Jokainen luokka on jaoteltu vielä kolmeen (I-III) alaluokkaan kelirikon toistuvuuden ja vakavuuden perusteella. Nämä alaluokat ovat:

- I. Lievät ongelmat, joissa kelirikko-ongelmat eivät ole vakavia eivätkä toistu vuosittain
- II. Keskivaikeat ongelmat, joissa lieviä tai keskivaikeita kelirikko-ongelmia on havaittavissa melkein joka kevät
- III. Vakavat ongelmat, joissa keskivaikeita tai vaikeita rakennekelirikko-ongelmia on todettu joka vuosi

Tätä järjestelmää käyttämällä kelirikkovauriot voidaan jakaa yhteensä 27 vahinkoluokkaan, jotka on esitetty taulukossa 2.2. Jokaisesta ongelmakohteesta on annettu yleinen esittely ROADEX II -raportissa "Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads" (Saarenketo ja Aho 2005). Tätä luokittelujärjestelmää suositellaan käytettäväksi keskeisen ongelman määrittämisessä ja optimaalisen kunnostusmenetelmän valinnassa.

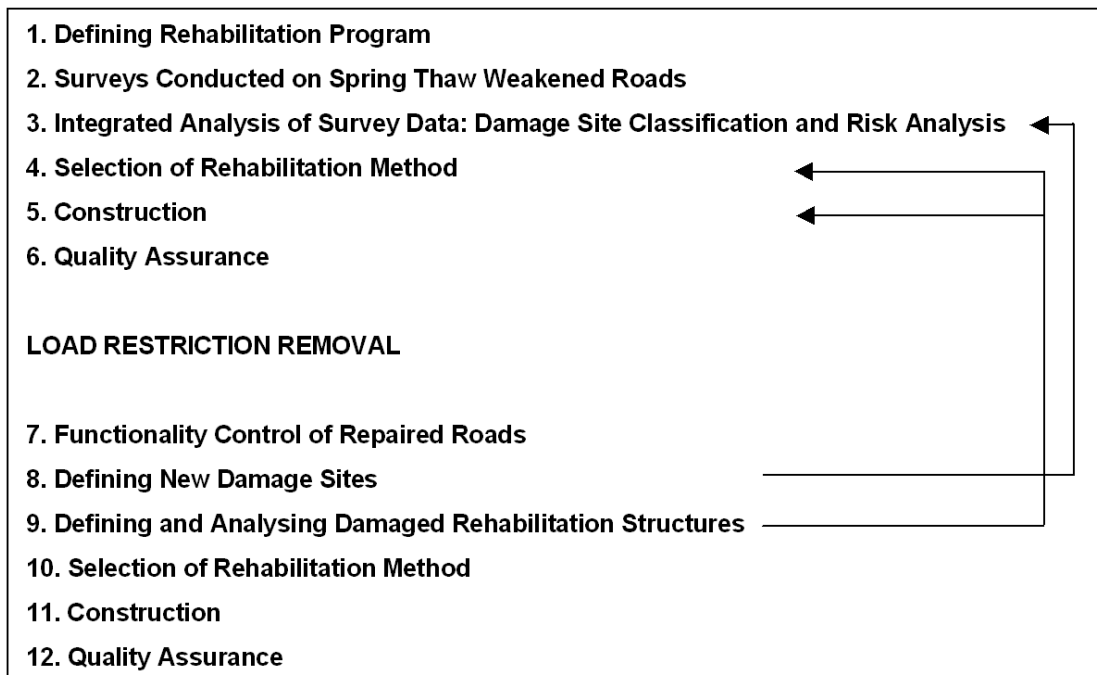
Taulukko 2.2. Kelirikkokohteiden vaurioluokitus.

POHJAMAAL	TIEN TOPOGRAFIA	VAHINKOJEN MERKITTÄVYYS	VAURIO-LUOKKA
moreeni	rinne	Lievä	A.I
		Keskivaikea	A.II
		Vaikea	A.III
	tasainen ja alava maasto	Lievä	B.I
		Keskivaikea	B.II
		Vaikea	B.III
	kumpare	Lievä	C.I
		Keskivaikea	C.II
		Vaikea	C.III
savi ja siltti	rinne	Lievä	D.I
		Keskivaikea	D.II
		Vaikea	D.III
	tasainen ja alava maasto	Lievä	E.I
		Keskivaikea	E.II
		Vaikea	E.III
	kosteaa notkelmaa	Lievä	F.I
		Keskivaikea	F.II
		Vaikea	F.III
turve	sijaitsevat pääasiassa tasaisessa ja alavassa maastossa tai kosteassa notkelmassa	Lievä	G.I
		Keskivaikea	G.II
		Vaikea	G.III
kallio	sijaitsevat pääosin rinteessä	Lievä	H.I
		Keskivaikea	H.II
		Vaikea	H.III
	Kohteet, joissa kelirikkoon vaikuttavat muut tekijät kuin pohjamaalaji	Lievä	I.I
		Keskivaikea	I.II
		Vaikea	I.III

Kappale 3. Kunnostusprosessi

Suurin ongelma vähäliikenteisten teiden vahvistamiseen ja/tai niiden toiminnallisen kunnan parantamiseen liittyvissä hankkeissa on ollut se, että rakenneratkaisut on valittu lähinnä sattumanvaraisesti ja valintaan on vaikuttanut ainoastaan paikallisten suunnittelijoiden kokemus. Usein tämä on johtanut siihen, että kaikissa keliriksoon liittyvissä ongelmissa suositetaan yhtä tiettyä rakenteellista ratkaisua, joka joissakin tapauksissa toimii ja toisissa ei. Ongelmana on kuitenkin se, että kelirikkomekanismit ovat monimutkaisia ja erilaiset kelirikkohteet vaativat erilaisia kunnostusratkaisuja. Tämän takia tulisi aina kohdentaa riittävästi resursseja vaurioituneiden teiden taustalla olevien ongelmien tunnistamiseen.

Kelirikkoiteiden korjausten suunnittelun ja kunnostamisen tulisi olla 2-4 vuotta kestävä prosessi (ks. kuva 3.1). Prosessi ei pääty ensimmäisten kunnostusrakenteiden toteuttamiseen eikä edes niiden laadunvarmistukseen, vaan kunnostustoimenpiteitä tulisi seurata kunnostettujen teiden suunnitelmallinen tarkkailu ja monitorointi yhdistettynä mahdollisten uusien vaurioiden ja kunnostustoimenpiteiden ongelmanmääritykseen ja korjaukseen.



Kuva 3.1. Kelirikkoiteiden suunnittelu- ja korjausprosessi.

Osana kunnostusprosessia on jokaisen tien kohdalla tärkeää arvioida tien vaurioitumisriski. Tämä tulisi tehdä, jotta voidaan tunnistaa ne alueet, jotka eivät ole vaurioituneet, mutta joissa riski vaurioitumiselle kasvaa, mikäli painorajoitukset poistetaan. Tässä riskianalysissä tie jaetaan erillisiin osioihin niiden vaurioitumisriskin perusteella. Hyvä esimerkki riskianalysistä löytyy ROADDEX II -raportista "Monitoring, Communication and Information Systems & Tools for Focusing Actions" (Saarenketo 2005). Tämä analyysi on tehty tielle B871, joka kulkee Kinbracen ja Syren välillä Skotlannissa.

Kun toteutetaan kuvan 3.1 mukainen kunnostusprosessi, tulisi muistaa, että kerran tieverkostosta kerättyä tietoa voidaan hyödyntää monta vuotta - ei ainoastaan kelirikkoiteiden kunnostuksessa ja sen suunnittelussa, vaan myös korjattujen teiden kunnan seurannassa. On erityisen tärkeää kerätä luotettavaa seurantatietoa, jotta opittaisiin tunnistamaan sellaiset tiekohteet, joihin pian kunnostamisen jälkeen ja painorajoitusten poistamisen myötä tulee vaurioita. Tällaiset tiekohteet voidaan siten tulevaisuudessa ennakoivasti vahvistaa seuraavan kunnostusvaiheen aikana. Lisäksi seuranta antaa tärkeää tietoa eri korjausmenetelmien käyttöiästä ja niiden soveltuvuudesta eri vaurioluokille.

Kappale 4. Kelirikkoteiden tutkiminen ja analysointi

4.1 VÄHÄLIIKENTEISTEN TEIDEN TUTKIMUSMENETELMÄT

Ensimmäinen vaihe optimaalista rakenneratkaisua valitessa on kerätä riittävästi luotettavaa tietoa tiestä, sen kunnosta ja rakenteesta sekä alueen geologisista ja kuivatusolosuhteista. Tehtävään voidaan käyttää useaa eri menetelmää, kuten DCP-laitetta (dynamic cone penetrometer), kantavuusmittauksia, maatulkuutausta (GPR), tasaisuusmittauksia, kuivatusolosuhteiden silmämääräistä arviointia ja näytteenottoja tien rakennekerroksista tai pohjamaasta. Silmämääräinen vahinkoarviointi sekä muu täydentävä tieto, esim. videokuva, tiestä voi olla hyödyllistä. Kaikki ominaisuustiedot tulisi kerätä siten, että niiden täsmällinen sijainti tiellä tunnetaan.

Taulukossa 4.1 on esitetty vähäliikenteisille teille soveltuvia tutkimusmenetelmiä sekä mitä tietoa menetelmä tarjoaa ja menetelmälle sopivin toteutusajankohta. Tutkimusten ajoitus on tärkeää luotettavan ja edustavan tiedon saamisen kannalta. Lisätietoja näistä tekniikoista on annettu ROADDEX II –projektin raporteissa “Dealing with Bearing Capacity Problems on Low Volume Roads Constructed on Peat” (Munro 2004), “Monitoring, Communication and Information Systems & Tools for Focusing Actions” (Saarenketo 2005) sekä “Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads” (Saarenketo ja Aho 2005).

Taulukko 4.1. Vähäliikenteisten teiden tutkimusmenetelmät.

TUTKIMUSMENETELMÄT	TIEDOT	TOTEUTUSAJANKOHTA
Maatulkuutausta	Routarajan syvyys Jäälinsit Rakennekerrokset – paksuus ja sekoittuneisuus Kallion ja turpeen sijainti Routaantuvan maan / epätasaisten routanousujen sijainti	Talvella – maa jäässä
	Päällysteen ja kulutuskerroksen paksuus Rakennekerrokset – paksuus ja sekoittuneisuus Pohjamaan laadun arviointi Kallion ja turpeen sijainti	Kesällä – maa sulanut

Näytteenotto / kairaus	Materiaaliominaisuudet – tierakenne ja pohjamaa Pohjamaalajiarviot Päällysteen ja kulutuskerroksen paksuus Rakennekerrosten paksuus Täydentäviä tietoja muille tutkimusmenetelmille	Kesällä – maa sulanut
Digitaalivideokuvaus	Tien ja sen ympäristön topografia Kuivatusjärjestelmän toimivuus Silmämääräinen vahinkoarviointi	Valoisaan, lumettomaan aikaan
Maastokäynti	Kelirikkovaurioiden sijainti Kuivausolosuhteiden tarkastus	Keväällä – eniten vettä liikkeellä
Pudotuspainolaitemittaus, PPL	Kantavuus Pohjamaan kantavuus Kallion syvyys	Myöhäiskesästä alkusyksyyn (elo- syyskuu)
DCP-laite	Rakennekerrosten paksuus Tierakenteen / pohjamaan leikkauslujuus Routarajan määrittäminen	Keväällä tai kesällä
Kiihtyvyyssanturit / tasaisuusmittaukset	Päällystetyt tiet – uraisuus ja epätasaisuus	Kesällä
	Soratiet – routaheittojen paikannus	Talvella
Aiempien korjausten tutkimus- ja toteumatieto - kelirikkovauriot - päällysteen vauriot	Kelirikkokohteiden sijainti Kelirikkovaurioiden vakavuus ja yleisyys Korjausrakenteet – paksuus, sijainti, käytettyjen materiaalien laatu, kestävyys	Keväällä - alkukesästä

Aina ei tietenkään ole taloudellisesti kannattavaa käyttää kaikkia taulukossa 4.1 esiteltyjä tutkimusmenetelmiä, ja jokaiselle kohteelle on valittava soveltuvin/soveltuvimmat menetelmä(t). Tutkimusten jälkeen seuraava vaihe kunnostusprosessissa on eri tekijöiden integroitu analysointi (Kappale 4.2), jota käytetään kelirikkokohteiden tunnistamisen lisäksi niiden taustalla olevien ongelmien määrittämiseen. Kappaleessa 4.3 kuvataan toimintamalli kelirikkoteiden tutkimiseen ja analysointiin.

Pohdittaessa vähäliikenteisten teiden tutkimista ja kunnostustoimenpiteitä on ymmärrettävä, että mikään investointi ei ole ”kertakäyttöinen”. Tieverkosta kerran kerättyä tietoa voidaan hyödyntää vuosia, eikä ainoastaan kelirikkokorjausten suunnittelussa ja toteuttamisessa, vaan myös kunnostettujen teiden laaduntarkkailussa. Luotettavien laadunvarmistus- ja seurantatietojen kerääminen on hyvin tärkeää, jotta tiestä opittaisiin tunnistamaan sellaiset heikot kohdat, jotka todennäköisesti vaurioituvat pian kunnostuksen jälkeen painorajoitusten poistamisen myötä. Lisäksi kerätyt seurantatiedot voivat antaa tärkeää tietoa eri kunnostusrakenteiden käyttöiästä. Kerätyt tiedot ovat siten arvokkaita myöhempää käyttöä ajatellen.

4.2 TUTKIMUSAINEISTON INTEGROITU ANALYYSI

Kerättyä tutkimustietoa voidaan käyttää riskianalyysin tekemiseen tiekohteille. Riskianalyysissä tie tulisi jakaa erillisiin osiin tutkimustiedon integroidun analyysin ja seuraavien tien käyttäytymiseen vaikuttavien tekijöiden perusteella (ks. Saarenketo 2001):

- kuivatusolosuhteet,
- kulutuskerroksen/ päällysteen ja muiden sidottujen rakenteiden kunto,
- sitomattomien tierakenteiden kunnan arvio,
- pohjamaan routimisesta aiheutuva väsyminen,
- heikosti kantavasta pohjamaamateriaalista (siltti, turve) johtuvat vauriot ja
- paikalliset vauriot, kuten painumat, tierumpujen vauriot, jne.

Näitä ominaisuuksia riskianalyysissä käyttämällä ongelmakohtat ja tulevaisuudessa potentiaalisesti ongelmiksi muodostuvat tieosuudet voidaan tunnistaa. Näiden alueiden ongelmille voidaan tehdä tarkempi määrittely rakennevaurioiden ja niiden syiden luokittelua varten. Kappaleessa 2.3 esiteltyä luokittelujärjestelmää suositellaan tähän tarkoitukseen.

Kuvassa 4.1 on esimerkki tutkimusaineistojen integroidusta analyysistä, jossa analysointiin on käytetty Roadscanners Oy:n RoadDoctor –ohjelmistoa. Tässä tapauksessa tutkimusaineistona ovat olleet:

- maatutkaluotaus (aineistot 1 ja 2)
- kelirikon inventointitiedot (aineisto 3)
- kiihtyvyyssanturilla suoritettu tasaisuusmittaus (aineisto 4)
- pudotuspainolaitteella tehty kantavuusmittaus (aineisto 5)
- GPS-mittaus ja digitaalivideo (aineisto 7)
- alueen peruskartta (aineisto 8).

Integroitua analyysiä käyttämällä vauriokohteet voidaan luokitella (aineisto 6 kuvassa 4.1) kappaleessa 2.3 esitellyn luokittelujärjestelmän mukaisesti. Luokittelun avulla voidaan myös määrittellä rakennevaurioita ja niiden syitä. Määrittelyn jälkeen tietutkimusaineistoja ja muita tietoja voidaan hyödyntää soveltuvimpien kunnostustoimenpiteiden valinnassa eri tieosuuksien eri vauriotyypeille (Saarenketo 2001).

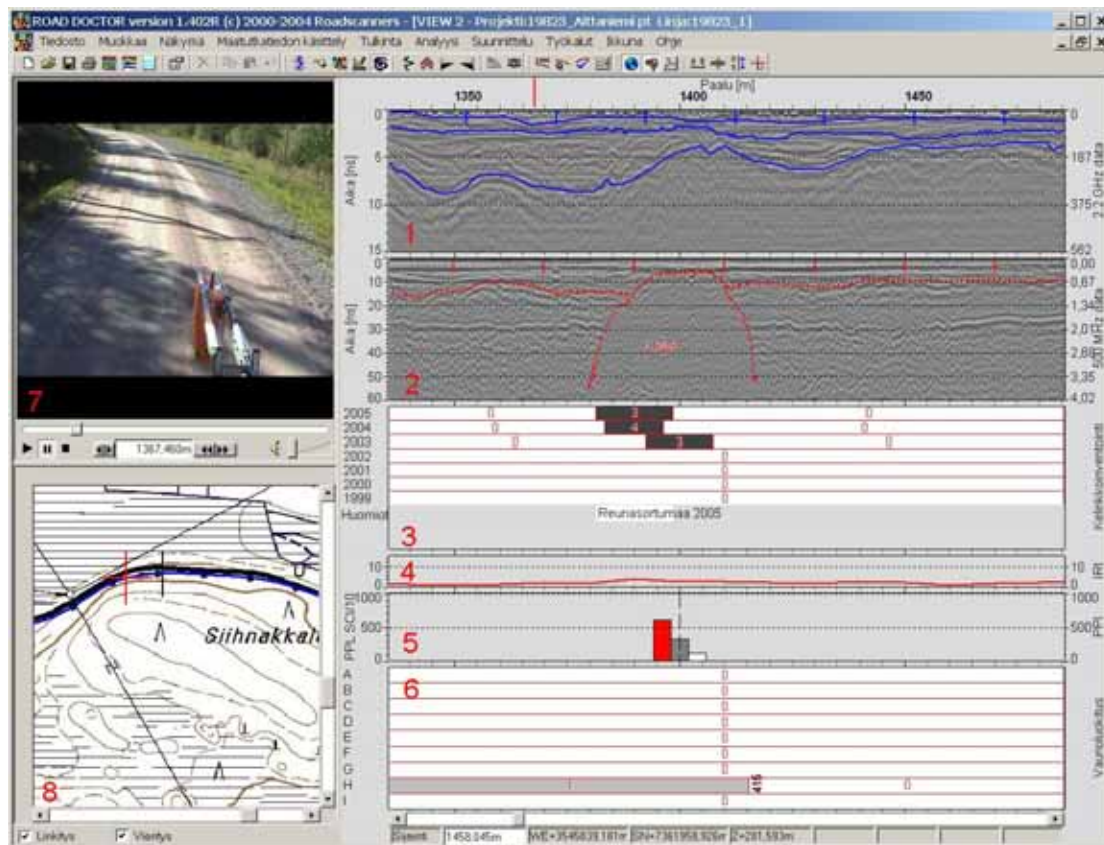


Figure 4.1. Esimerkki usean eri tutkimusaineiston integroidusta analyysistä Road Doctor – ohjelmistolla.

Kun vahinkopaikkojen tarkka sijainti tiedetään ja kun kunnostustoimenpiteet toteutetaan vaurioiden syiden mukaan, voidaan välttää tarpeetonta työtä ja vääriä kunnostustoimenpiteitä (Saarenketo 2001). Lisäksi yksityiskohtaisella riskianalyysillä voidaan tunnistaa sellaiset tieosuudet, joiden odotettavissa oleva käyttöikä on kohtuullisen pitkä ja joita ei tarvitse huomioida. Siten varoja voidaan kohdistaa korjausta vaativien tieosuuksien tehokkaaseen kunnostukseen. Kelirikkoteiden vahvistusmenetelmiä kuvaillaan kappaleessa 5.

4.3 TOIMINTAMALLI KELIRIKKOTEIDEN TUTKIMISEEN JA ANALYSOINTIIN

Seuraavassa esitetään esimerkki tyypillisestä vaiheittain toteutettavasta prosessista, jossa tutkitaan ja analysoidaan tietä kunnostustoimenpiteitä varten. Listatut vaiheet on suunniteltu tuottamaan riittävä määrä luotettavaa tietoa kelirikkoon vaikuttavista tekijöistä ja jatkotutkimuksia sisältäviä lisävaiheita voidaan tarvittaessa lisätä. Prosessi soveltuu sekä sorateille että päällystetyille teille.

A. Maatutkaluotaukset – talvella

Talvella tehtäviä maatutkaluotauksia suositellaan sorateille, sillä kesällä tehtävien luotausten tulokset eivät aina ole hyvänlaatuisia pölynsidonta-aineiden takia. Tierakennekerrosten paksuutta ja sekoittuneisuutta mitataan 400 – 500 MHz maavasteantennia käyttävällä järjestelmällä. Jäätyneestä maasta kerätyistä maatutka-aineistoista voidaan saada tietoa routarajan syvyydestä sekä jäälinseistä ja lisäksi kallio- ja turvekohteiden sijainnit voidaan määrittää tarkasti. Yleensä yhdestä pituussuuntaisesta maatutkaluotauslinjasta saadaan riittävästi tietoa vähäliikenteisten teiden suunnittelua varten, mutta jos halutaan tarkempaa tietoa, on syytä mitata useampia linjoja.

Potentiaalisia kelirikkovaurioita voidaan tunnistaa routavaaaituksilla, mutta ne ovat kalliita toteuttaa. Digitaalivideokuvaus ja GPS-järjestelmä yhdistettynä maatutkaluotukseen on edullisempi vaihtoehto routamittauksille (Kuva 4.2). Epätasaisen routanousun sijainti voidaan määrittää likimäärin talvella kuvatun digitaalisen videokuvan avulla. Tarkempaa tietoa varten voidaan käyttää myös kiihtyvyyssantureita ja tasaisuusmittauksia.



Kuva 4.2. Digitaalinen videokamera ja maatutkalaitteisto asennettuna maatutkaluotausautoon.

B. Ongelmakohteiden sijainti ja taustatiedot

Tässä osiossa selvitetään miten kelirikkoiset tiekohteet voidaan tunnistaa. Näihin kohteisiin kuuluvat sekä uudet vaurioalueet että korjatut alueet, jotka yhä kärsivät kelirikosta. Riskianalysit tulisi tehdä myös sellaisille tieosuuksille, joilla vaurioitumista ei ole havaittavissa, mutta joilla on suuri vaurioitumisriski painorajoitusten poistamisen jälkeen.

Riskikohteet voidaan tunnistaa kelirikon historiatiedoista ja/tai ongelmateistä kerätyistä seurantatiedoista. Mikäli tietoja ei ole saatavilla, kannattaa ongelmateitä tarkkailla visuaalisesti 1-2 vuoden ajan. Vaiheessa A kerätty maatutka-aineisto on myös tärkeä tiedonlähde riskianalysissä. Sorateiden

analysoinnin kannalta tärkeintä tietoa saadaan kelirikkovauriohavainnoista ja päällystettyjen teiden kohdalla tasaisuusmittauksista. Jos tällainen seuranta ei ole mahdollista esim. tiukan aikataulun takia, voidaan vahinkojen kehitystä ja sijaintia arvioida digitaalisista videoista saaduista päällystevauriotiedoista sekä kunnossapitohenkilökunnan ja tienkäyttäjien haastatteluista.

C. Tutkimusaineiston integroitu analyysi

Kun ongelmakohteet on tunnistettu, voidaan tehdä alustavat ongelma-analyysit (kappale 2.3) ja ehdotukset käytettävistä vahvistusmenetelmistä. Tässä vaiheessa käytetään tutkimusaineiston integroitua analyysiä, jota on kuvailtu kappaleessa 4.2. On tärkeää, että integroidussa analyysissä tehdään alustava arviointi vahinkojen syistä, jotta tulokset voidaan varmentaa myöhemmin paikan päällä.

D. Maastokäynti – keväällä

Keväällä tapahtuva maastokäynti tehdään ongelmakohtien sijainnin varmentamiseksi ja mahdollisten uusien kelirikkokohteiden tunnistamiseksi. Maastokäynnin aikana voidaan varmistaa ongelmien alustava diagnoosi ja tarkistaa ehdotukset vahvistusmenetelmistä. Maastokäynti on hyödyllisintä ajoittaa keväeseen, jolloin suurin osa ojista on täynnä vettä ja tien kunto on heikoimmillaan. Siksi tämä on myös paras ajankohta kuivatusolosuhteiden tutkimiselle ja myös huonosta reunakantavuudesta kärsivien kohtien paikallistamiselle.

Tässä vaiheessa tien kuivatusolosuhteet tulisi tarkistaa koko tien pituudelta. Tämä on tehtävä, sillä kuivatuksen paraneminen estää tai ainakin viivyttää muiden tievaurioiden kehittymistä. Maatutka-aineistot voivat antaa hyödyllistä tietoa kuivatusolosuhteista visuaalisen arvioinnin ohella. Usein on hyödyllistä kerätä digitaalista videokuvaa maastokäynnin yhteydessä, jotta kuva-aineistoja voidaan tarvittaessa arvioida jälkepäin uudestaan. Aineistoja voidaan tallentaa myös kahden kameran digitaalisella videojärjestelmällä, jolloin toinen kamera kartoittaa tietä ja toinen on suunnattu ojaan.

E. Maatutkaluotaukset – kesällä

Tämän vaiheen maatutkamittaukset suoritetaan kesällä, kun tierakenne ja pohjamaa ovat täysin sulaneita. Kulutuskerroksen/päällysteen ja pohjakerrosten paksuuden selvittämiseen käytetään 1,0 – 2,2 GHz ilmapasteantennia (Kuva 4.3). Myös urautumistyyppi (ks. Dawson ja Kolisoja 2005) voidaan luokitella tässä vaiheessa mittaamalla 400 MHz maatutka-antennilla tien poikkileikkauksia. Kairausten avulla voidaan kalibroida maatutkaluotausten tulokset. Jos ongelmien arvellaan liittyvän sitomattomiin

materiaaleihin, on niiden laatua ja kosteustilaherkkyttä tutkittava sopivilla laboratorionkokeilla. Myös esim. pintakelirikon johtuminen kulutuskerroksen laadusta voidaan osoittaa laboratorioanalyysillä. Eräs tehokkaaksi havaittu parametri sitomattomien tierakenteiden arvioinnissa on dielektrisyysarvo. ROADDEX II –projektin raportissa “Material Treatment” (Kolisoja ja Vuorimies 2005) kerrotaan dielektrisyysarvon käytön teoriasta ja käytännöstä.



Figure 4.3. Maatutkamittausauto, jonka eteen kiinnitetty 1 GHz ilmapasteantenni.

Myös sorateiden kulutuskerrosta voidaan analysoida maatutkaluotauksella.

F. Kantavuusmittaukset – myöhäiskesästä alkusykyyn

Sorateilla tehtäviä kantavuusmittauksia käytetään maatutkatulkintojen varmistamiseen, pohjamaan maalajin arviointiin ja sitomattomien tierakenteiden laadun ja kantavuuden määrittämiseen. Pudotuspainolaitemittaus (kuva 4.4) on parhaiten käytettäväksi soveltuva menetelmä, jos tien ongelmat johtuvat heikosta pohjamaasta. DCP-laitetta (dynamic cone penetrometer) voidaan myös käyttää, mikäli kiviaineksen maksimiräekoko ei ole liian suuri. Pudotuspainolaitemittaukset yhdistettynä urautumistyyppiä koskevaan tietoon voivat antaa hyvää tietoa minkä tahansa kantavuusongelman syystä. Urautumistyyppi tulisi selvittää tässä vaiheessa, mikäli sitä ei ole tehty aiemmin.



Kuva 4.4. KUAB-pudotuspainolaite. (Aho 2004)

Päällystettyjen teiden pintakantavuuden laskemiseen voidaan käyttää PPL-mittausaineistoa yhdessä maatumalaluotaustuloksista saatujen tierakenteen paksuustietojen kanssa. Materiaalimoduulin arvot määritellään ensin 'takaisinlaskenta' -ohjelmistolla. Tämän jälkeen voidaan perinteisellä Odemark-mitoituksella laskea alustava kantavuusarvio, jota voidaan käyttää hyväksi arvioitaessa tarvittavan vahvistustoimenpiteen järeyttä. Erityisiä indeksejä, kuten SCI (Surface Curvature Index) ja BCI (Base Curvature Index), jotka kuvaavat pinta- ja pohjakantavuutta, voidaan myös käyttää kantavuusanalyseissä.

Pysyvän muodonmuutoksen riskiä arvioitaessa tulisi kuitenkin muistaa, että kuivien kesäkuukausien aikana kerätyt PPL-mittausaineistot voivat usein antaa liian optimistisia kantavuusarvoja rakennekerroksissa vallitsevan imupaineen takia. Yleisesti ottaen voidaan todeta, että vaikka kantavuusarvot ovat kohtuullisia, routiminen ja muodonmuutokset saattavat silti aiheuttaa tielle ongelmia – mutta jos mitatut arvot ovat heikkoja, tien rakenteellinen kunto on varmasti huono. Toistettavuudeltaan ja vertailukelpoisuudeltaan parhaita tuloksia saadaan, jos kantavuusmittaukset suoritetaan myöhään kesällä tai syksyn alussa, kun kosteuspitoisuus on "normaalimpi".

G. Yksityiskohtainen ongelmanmäärittäminen ja kunnostussuunnitelma

Tässä viimeisessä vaiheessa päivitetään vaiheen C ongelmanmäärittämissä vaiheissa D-F kerättyjen tietojen avulla ja eri tieosuuksilla esiintyvillä erilaisilla vaurioilla määritellään soveltuvimmat kunnostustoimenpiteet. Tässä vaiheessa on suositeltavaa käyttää ROADEX II -raportissa "Permanent Deformation" (Dawson ja Kolisoja 2005) esiteltyä pysyviä muodonmuutoksia ehkäisevää suunnittelustrategiaa. Kerrospaksuuksia voidaan määrittää myös perinteisellä Odemarkin yhtälöihin perustuvalla mitoituksella.

Edellä mainituissa vaiheissa on tärkeää kerätä ja säilyttää kaikki tutkimus- ja suunnitteluaineistot, sekä kunnostuksen jälkeen myöskin laadunvarmistukseen liittyvät aineistot, jotta niitä voitaisiin käyttää kunnostettujen teiden kestävyystarkkailussa. Kerättyä tietoa voidaan myös käyttää toteutettujen kunnostustoimenpiteiden vaikutusten arvioinnissa ja tulevaisuuden kunnostussuunnitelmien lähtötietona. On suositeltavaa, että aineistot tallennetaan tulevaisuuden tarpeita varten siten, että niiden samanaikainen katselu ja arviointi on mahdollista.

Kappale 5. Kelirikkoteiden vahvistaminen

5.1 YLEISTÄ

Kuten kappaleessa 3 on kuvailtu, kelirikkoteiden vahvistamisessa ongelmallista on se, että vaurioita syntyy usein uusiin paikkoihin, kun alkuperäiset kelirikkovahingot on korjattu ja painorajoitusten poistamisen myötä raskas liikenne alkaa taas käyttää tietä. Jos ongelmaa ei ymmärretä ja tiedosteta, tienkäyttäjille voi muodostua korjausprosessista huono vaikutelma. Sen takia on tärkeää ilmoittaa käyttäjille, että käynnissä oleva hanke on 2-4 vuoden kunnostusprosessi, jonka tavoitteena on parantaa koko tien kuntoa. Tarkoituksena on siis suorittaa kuivatuksen parantaminen koko tien pituudelta ja myös muut kunnostustoimenpiteet samaan aikaan kelirikkokorjausten kanssa.

Raskaiden korjausajoneuvojen aiheuttamaa vaurioriskiä kunnostustöiden aikana voidaan pienentää töiden hyvällä ajoituksella ja oikeilla toimintatavoilla. Ihanteellisin aika kelirikkokorjauksille on kesällä, kun tierakenteet ovat kuivia ja tarpeeksi vahvoja kestääkseen rakennustöiden aiheuttamat kuormitukset. Tiehen kohdistuvia kuormituksia voidaan vähentää kunnostuksen aikana ajamalla pienempiä kuormia kerrallaan ja huomioimalla tierakenteiden palautumisaika kuormien välillä. Palautumisaikojen taustalla olevaa teoriaa käsitellään yksityiskohtaisemmin ROADDEX II -raportissa "Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads" (Saarenketo ja Aho 2005).

5.2 KORJAUSRAKENTEIDEN KÄYTTÖIKÄKUSTANNUKSET

Kelirikkovauriokohteita tulisi kunnostaa vain, jos tiepiirillä on riittävästi resursseja pitkäikäisten ratkaisujen toteuttamiseen. Suuria virheitä on tehty korjaamalla kohteita liian heikoilla rakenteilla. Aho (2004) on tehnyt laskelmia sorateillä tavallisimmin käytettyjen korjausrakenteiden käyttöikäkustannuksista, ja nämä tulokset vahvistivat, ettei ole yhtä ainoata taloudellista yleisvaihtoehtoa kelirikon korjausrakenteeksi. Kelirikkovauriokohteessa vallitsevista olosuhteista johtuen yleisesti käytetyn rakenteen käyttöikä voi jäädä lyhyemmäksi ja näin ollen käyttöikäkustannukset voivat muodostua korkeammiksi.

Tehtyjen analyysien tulosten mukaan ohuimmat rakennevaihtoehdot ovat herkimpiä käyttöiän vaihteluille. Mikäli uusi rakenne ei ole tarpeeksi vahva ilmeneville kelirikkovaurioille, rakenteen käyttöikä jää lyhyemmäksi ja vuosittaiset kustannukset nousevat nopeasti. Käyttöiän lyheneminen ei ole yhtä yleistä paksuimmille rakenteille, ja sen takia paksumpia rakenteita (400 – 500 mm) tulisikin suosia vakavia kelirikkovaurioita kunnostettaessa.

Jos riittävän vahvoja tierakenteita varten ei ole tarpeeksi rahoitusta, tehokkain keino kelirikkoa vastaan on kuivatusolosuhteiden parantaminen ja kuivatuksen pitäminen toimivana. Erilaisia kuivatustekniikoita ja myös niiden käyttöikäkustannuksia käsitellään yksityiskohtaisesti ROADEx II -raportissa "Drainage on Low Volume Roads" (Berntsen ja Saarenketo 2005) ja edelleen ROADEx III -hankkeen kuivatusraporteissa.

5.3 SORATEIDEN KORJAUSRAKENTEET

Sorateiden kunnostuksen ja vahvistamisen suunnittelu on suhteellisen yksinkertaista silloin, kun vaurion syyt on määritetty tarkasti. Sorateiden korjausrakenteiden valinta tehdään yleensä kappaleessa 2.3 kuvailtujen ominaisuuksien perusteella, ja yleisimmät sorateille käytetyt kunnostusratkaisut on lueteltu taulukossa 5.1. Jokaista kunnostusratkaisua kuvaavat piirustukset ja korjausmenetelmät on esitelty rakennekorteissa liitteessä 1. Näitä rakenneratkaisuja tarkasteltaessa tulisi muistaa, että ne ovat perusratkaisuja ja jokaisen vauriokohteen erityispiirteet on huomioitava korjausprosessissa. On myös tärkeää, ettei tehokkaan kuivatuksen merkitys kunnostetun rakenteen toimivuudelle pääse unohtumaan. Kuivatuksen parantaminen tulisi aina toteuttaa samaan aikaan kuin vahvistustoimenpiteet, tai jopa aikaisemmin.

Taulukko 5.1. Sorateiden korjausrakenteiden rakennusprosessit.

I PERUSRAKENNE
1. vanhan kulutuskerroksen poisto
2. tarvittaessa pohjamaan homogenisointi 300 mm
3. suodatinkangas
4. kantava/jakava kerros 200 – 300 mm
5. kulutuskerros 100 mm
II TERÄSVETKORAKENNE
1. vanhan kulutuskerroksen poisto
2. tarvittaessa vanhan materiaalin poisto 100 – 150 mm
3. suodatinkangas
4. kantava/jakava kerros 100 mm
5. teräsverkko
6. kantava/jakava kerros 200 mm
7. kulutuskerros 100 mm
III TASAUKSEN NOSTO
1. vanhan kulutuskerroksen poisto
2. tarvittaessa pohjamaan homogenisointi 300 mm
3. suodatinkangas
4. jakava kerros \geq 200 mm
5. kantava kerros 200 mm
6. kulutuskerros 100 mm
IV MASSANVAIHTO

-
1. vanhan kulutuskerroksen poisto
 2. vanhan materiaalin poisto ≥ 600 mm
 3. suodatinkangas
 4. suodatinkerros ≥ 300 mm
 5. kantava/jakava kerros 200 – 300 mm
 6. kulutuskerros 100 mm
-

V REUNAKANTAVUUDEN PARANTAMINEN

useita vaihtoehtoja, kuten:

- reunan massanvaihto
 - sisäluiskien loivennus
-

VI MUUT KORJAUSMENETELMÄT

useita vaihtoehtoja, kuten:

- stabilointi
 - routaeriste jne.
-

Soveltuvien kunnostustoimenpiteiden tulisi valita ongelmanmäärittämisen jälkeen. Seuraavassa tekstissä on kuvailtu lyhyesti korjausmenetelmien soveltuvuutta eri vaurioluokille.

I "PERUSRAKENNE" JA III "TASAUKSEN NOSTO"

Perusrakennetta voidaan pitää sorateiden kelirikkokorjausten ns. minimitasona. Periaatteessa rakenne soveltuu käytettäväksi kelirikkokorjauksiin kaikissa taulukon 2.2 mukaisessa vaurioluokassa A-H. Joissakin tapauksissa tarvitaan kuitenkin vahvempia rakenteita varmistamaan tien toimivuus. Esimerkkejä tästä ovat:

- kohteella esiintyneen kelirikon merkittävyys on keskivaikea tai vaikea (alaluokat II ja III) ja perusrakenteen aikaansaama kantavuuden parannus on todennäköisesti riittämätön.
- kun notkelmassa kulkevalla tiellä on useita keskivaikeita ja/tai vaikeita kelirikkovaurioita tai vauriot johtuvat tien matalasta tasauksesta:
 - pohjamaa moreenia, tasaisessa ja alavassa maastossa (Taulukko 2.2, luokka B)
 - pohjamaa savea ja/tai silttiä, tasaisessa ja alavassa maastossa (Taulukko 2.2, luokka E)
 - pohjamaa savea ja/tai silttiä, kostea notkelma (Taulukko 2.2, luokka F)
 - pohjamaa turvetta, tasainen ja alava maasto tai kostea notkelma (Taulukko 2.2, luokka G)

Korjauskerroksen paksuus voidaan selvittää käyttämällä mitoitusstrategiaa, josta on esimerkki ROADDEX II -raportissa "Permanent Deformation" (Dawson ja Kolisoja 2005). Jos vahingot liittyvät tien tasaukseen, vahvistus kannattaa tehdä nostamalla tasausta 500 – 600 mm paksuisella uudella rakenteella, kuten on esitetty rakennetyypissä III. Tätä paksua rakennetta voidaan kuitenkin käyttää ainoastaan silloin, kun tien tasauksen nostaminen ja sen leveyden kasvattaminen on mahdollista.

II "TERÄSVERKKORAKENNE"

Heikon ja/tai painuvan pohjamaan (Taulukko 2.2, luokat E, F ja G) tapauksessa on tarkasteltava huolellisesti epätasaisten painumien riskiä, jos paksuja korjausrakenteita aiotaan käyttää. Epätasaisia painumia voidaan vähentää käyttämällä rakennetta II (ks. Taulukko 5.1), jossa kiviainespaksuutta on pienennetty asentamalla tierakenteeseen teräsverkko (Kuva 5.1). Teräsverkko toimii hyvin myös pysyvien muodonmuutosten ehkäisemisessä ja se rajoittaa tien levenemistä kelirikkoaikana.



Kuva 5.1. Teräsverkon asentamista. (K. Niva)

Teräsverkon sisältäviä korjausrakenteita ei suositella käytettäväksi rinteissä sijaitsevilla vauriokohteissa (Taulukko 2.2, luokat A, D and H). Rinteissä esiintyvän epätasaisen routimisen seurauksena verkko saattaa nousta tien pintaan. Teräsverkkorakenteen käyttöä tulisi välttää myös rumpujen, johtolinjojen ja kaapeleiden kohdalla, sillä ne voivat vaatia kunnossapitotöitä tulevaisuudessa. Näissä kohdissa teräsverkot saattavat vaikeuttaa tulevia korjaustöitä.

IV "MASSANVAIHTO"

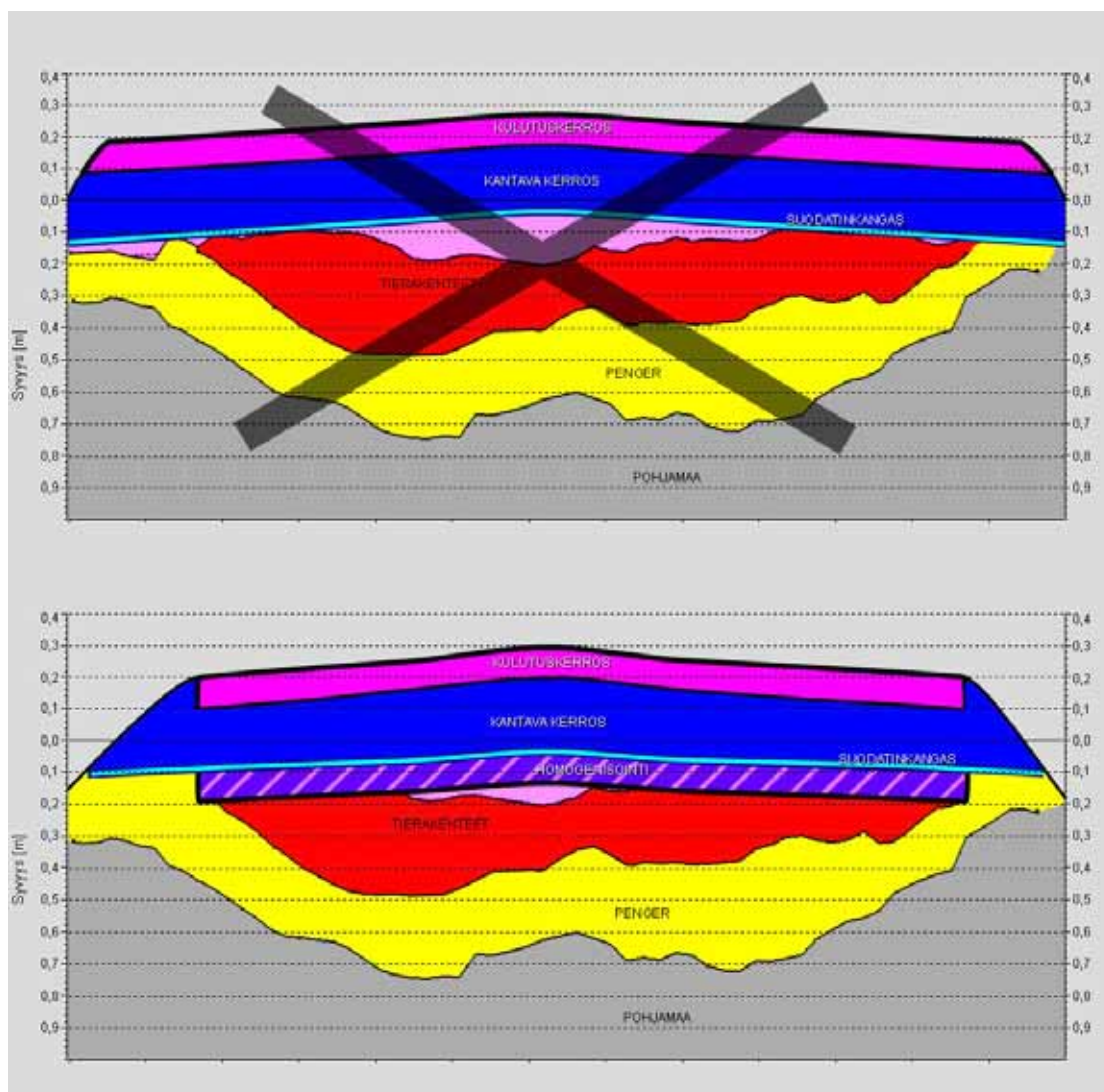
Kun kelirikkovauriot ovat hyvin vakavia ja routanousu on epätasaista, monessa tapauksessa ainoa keino ratkaista ongelma on massanvaihto (Taulukko 5.1, rakenne IV). Paksu massanvaihto on kuitenkin harvoin taloudellinen ratkaisu vähäliikenteisillä teillä, mutta maamassojen vaihtaminen routimattomiin ja vettä läpäiseviin voi olla tehokasta sellaisissa kohteissa, joissa kallio sijaitsee lähellä tien pintaa (Taulukko 2.2, luokka H.III). Massanvaihto ei kuitenkaan ole kovin soveltuva vaihtoehto sellaisissa kohteissa, joissa kallio pataa vettä tierakenteessa. Tällaisissa tapauksissa tulisi harkita kallion louhimista tai routaeristeen sisältävää rakennetta (Taulukko 5.1, rakenne VI).

V "REUNAKANTAVUUDEN PARANTAMINEN"

Epäonnistuneita kelirikkokorjauksia tutkittaessa yksi toistuvasti havaittu ongelmanaiheuttaja on teiden vahvistaminen koko leventyneen poikkileikkauksen matkalta. Näillä leventyneillä tienreunoilla on tuskin mitään rakennekerroksia, jolloin vaurioita aiheutuu routanousuista ja lujilta näyttävien tienreunojen päältä ajavista raskaista ajoneuvoista. Periaatteessa heikosta reunakantavuudesta kärsiviä tiekohteita voi esiintyä missä tahansa taulukon 2.2 vaurioluokista.

Reunakantavuusongelmien välttämiseksi poikkileikkauksen leveyttä tulisi kaventaa vahvistuksia toteutettaessa. Kuvassa 5.2 esitetään tyypillisen ongelmatien poikkileikkaus yhdessä kestäväällä tavalla vahvistetun tien poikkileikkauksen kanssa. Jos tien kaventaminen ei ole mahdollista, reunaosille pitäisi rakentaa muuta tietä paksummat rakennekerrokset. Toinen vaihtoehto on tehdä tien reunaosille massanvaihto, jossa ohuet rakennekerrokset ja pohjamaa kaivetaan tien reunasta pois ja korvataan paksummilla rakennekerroksilla. Ruotsissa tienreunojen massanvaihto on kaiketi yleisimmin käytetty menetelmä reunakantavuuden parantamisessa.

Monia erilaisia rakenteita on testattu tehokkaiden reunakantavuuden parantamiskäytäntöjen löytämiseksi. Kiinnostavia uusia kokeiluja on tehty myös reunakantavuuden parantamiseksi teräsverkoilla. Tällöin verkot on asennettu pitkittäin tienreunan suuntaisesti estämään reunojen pysyviä muodonmuutoksia.



Kuva 5.2. Poikkileikkaus tiestä, joka tulee vaurioitumaan ja poikkileikkaus oikealla tavalla toteutetusta vahvistamisesta.

VI “MUUT KORJAUSMENETELMÄT”

Tähän luokkaan kuuluvat sellaiset vahvistusmenetelmät, jotka eivät vielä ole yleisessä käytössä sorateiden kelirikkokorjauksissa. Siten VI-luokan rakenteita ovat ainoastaan erikoistapauksissa käytettävät tai vielä kehitysvaiheessa olevat kunnostustekniikat. Luokkaan kuuluvat kulutuskerroksen karkeutus sekä routaeristeitä, synteettisiä geovahvisteita tai teollisuuden sivutuotteita sisältävät rakenteet.

Kulutuskerroksen karkeutusta voidaan harkita ensisijaisena kunnostusmenetelmänä kohteissa, joissa pintakelirikko liittyy paksuun ja runsaasti hienoainesta sisältävään kulutuskerrokseen. Tällöin vanhaan kulutuskerrokseen sekoitetaan uutta ja karkeampaa materiaalia ennakoon suunnitellussa suhteessa. Kulutuskerroksen karkeutusta voidaan kuitenkin käyttää ainoastaan pintakelirikon korjauksessa.

Routaeristeet voivat tarjota tehokkaan korjausmenetelmän kosteissa ja sivukaltevissa kelirikkokohteissa. Routaeristeitä käytettäessä pohjavesi voi virrata vapaasti tien alla, eikä jäälinssettä synny, kun routa ei patoa vettä. Tämän seurauksena routaeristys voi myös estää epätasaisen routanousun syntymistä (Saarenketo et al. 2002). Korkeasta hinnastaan huolimatta routaeristeitä voidaan pitää kilpailukykyisenä korjausmenetelmänä, mikäli vaihtoehtona on kallion louhinta.

5.4 PÄÄLLYSTETTYJEN TEIDEN KORJAUSRAKENTEET

5.4.1 Yleistä

Kelirikko-ongelmien kunnostuksen suunnittelu on yhtä yksinkertainen prosessi päällystetyille teille kuin se on sorateillekin. Kuitenkin kaikki päällystetyille teille käytettävät korjausratkaisut ovat yleensä kalliimpia kuin sorateiden menetelmät, ja päällysteen paksuudella on suuri vaikutus siihen, mitä vaihtoehtoja voidaan käyttää. Tästä syystä päällystetyt tiet on tässä raportissa jaoteltu kahteen kategoriaan: tiet joiden päällysteen ja bitumilla sidotun kerroksen paksuus on kokonaisuudessaan 20–100 mm sekä tiet, joilla tämä kokonaispaksuus on enemmän kuin 100 mm. Vanhat, hyvin ohutpäällysteiset soratiet luokitellaan erikoistapauksiksi, joissa kunnostusstrategia tulisi valita tapauskohtaisesti joko sorateiden tai päällystettyjen teiden rakenneratkaisuista.

5.4.2 Ohutpäällysteiset tiet – päällysteen paksuus 20–100mm

Ohutpäällysteisten teiden kelirikko-ongelmien yleiset ratkaisut ja rakennusprosessit on esitelty taulukossa 5.2. On kuitenkin muistettava, että kaikki taulukossa mainitut kerrokset on tiivistettävä.

Päällystettyjen teiden korjausrakenteiden kokonaispaksuus on määritettävä tapauskohtaisesti ROADDEX II -raportissa ”Permanent Deformation” (Dawson ja Kolisoja 2005) esitellyn strategian mukaisesti tai käyttämällä perinteistä mitoitusmenetelmää, esim. Odemarkin menetelmää. Päällystetyille teille käytettävien kunnostusmenetelmien rakennekortteja ei ole liitetty tähän raporttiin, mutta eri rakenneratkaisujen kunnostustoimenpiteitä ja niiden soveltuvuutta erilaisten kelirikkovaurioiden korjaamiseen käsitellään seuraavassa tekstissä.

Taulukko 5.2. Päällystettyjen teiden korjausrakenteiden rakennusprosessit. Luettelossa ei ole listattu tiivistystä, joka pitää suorittaa kaikissa kohdissa.

I UUELLEENPÄÄLLYSTYS
1. vanhan päällysteen tasoittaminen tai jyrsiminen pois
2. uusi päällyste tai päällysteiden sekoitus
II TERÄSVERKOT TAI GEOVAHVISTEET

-
- 1.vanhan päällysteen poisto / vanhan päällysteen murskaaminen / vanhan päällysteen sekoitus kantavaan kerrokseen
 - 2.tarvittaessa kantavan kerroksen huonokuntoisen materiaalin poisto 100 – 150 mm
 - 3.pinnan muotoilu
 - 4.kantava kerros 50 - 100 mm (karkearakeinen materiaali teräsverkon lukittumisen varmistamiseksi)
 - 5.teräsverkko / geovahviste
 - 6.kantava kerros 200 mm (voi olla osittain sidottu)
 - 7.uusi päällyste
-

III TASAUKSEN NOSTO

-
- 1.vanhan päällysteen poisto / vanhan päällysteen murskaaminen / vanhan päällysteen sekoitus kantavaan kerrokseen
 - 2.tarvittaessa homogenisointi 300 mm
 - 3.pinnan muotoilu
 - 4.jakava kerros \geq 200 mm
 - 5.kantava kerros 200 mm (voi olla osittain sidottu)
 - 6.uusi päällyste
-

IV MASSANVAIHTO

-
- 1.vanhojen rakenteiden poisto \geq 600 mm (pohjamaan tasoon asti)
 - 2.suodatinkangas
 - 3.suodatinkerros tai jakava kerros \geq 300 mm
 - 4.kantava kerros 200 – 300 mm (voi olla osittain sidottu)
 - 5.uusi päällyste
-

V. STABILOINTI JA MUUT KÄSITTELYTEKNIIKAT

-
- 1.päällysterakenteen yläosan 80–200 mm stabilointi
 - 2.uusi päällyste
-

VI. HOMOGENISOINTI

-
- 1.vanhan päällysteen sekoitus kantavaan kerrokseen 50 – 200 mm
 - 2.tienpinnan muotoilu (tiehöylä, uutta materiaalia kantavaan kerrokseen)
 - 3.uusi päällyste
-

VII. PÄÄLLYSTETYN TIEN MUUNTAMINEN SORATIEKSI

-
1. vanhan päällysteen poisto / päällysteen sekoittaminen kantavaan kerrokseen
 2. tienpinnan muotoilu (tiehöylä, uutta materiaalia kantavaan kerrokseen)
 3. uusi kulutuskerros
-

VIII. MUITA RAKENTEITA

esimerkkinä useista toimenpiteistä:

- routaeriste
 - louhintajne.
-

I. "UDELLEENPÄÄLLYSTYS"

Uudelleenpäällystys on yleensä riittävä toimenpide sellaisissa kohteissa, joissa kelirikko-ongelmat eivät ole vakavia, lisävaurion riski on pieni (riskitön tai vähäriskinen luokka, ks. Roadex II -raportti "Monitoring, Communication and

Information Systems & Tools for Focusing Actions”, Saarenketo 2005) ja/tai kantavuus on hyvä. Uudelleenpäällystystä voidaan tavallisesti käyttää kaikissa tieluokissa (A-H taulukossa 2.2) mikäli epätasaista routanousua ei esiinny. Näissä tapauksissa vanha päällyste usein tasoitetaan tai jyrsitään sopivaan profiiliin ennen kuin uusi päällyste asennetaan.

II “TERÄSVAHVISTEET”

Teräsverkkoja on jo pitkään käytetty ehkäisemään heijastushalkeilua päällystetyillä teillä, mutta viimeaikaiset kenttäkokemukset ovat osoittaneet, että teräsverkoilla voidaan ehkäistä myös pysyvien muodonmuutosten syntymistä kelirikkokohteissa. Teräsvahvisteiden edut vaikuttavat suuremmilta heikommilla pohjamaatyypeillä, ja sen takia niitä suositellaankin käytettäväksi luokan E-G vauriokohteissa (taulukko 2.2). Kun teräsverkkoja käytetään joko päällystetyillä teillä tai sorateilla, on tärkeää asentaa verkot riittävän syväälle (optimisyvyys on 250mm pinnasta) ja varmistaa, että tierakenteessa ei ole suuria kiviä työntämässä verkkoa tien pintaan. Ongelmia on syntynyt, jos teräsverkot on asennettu liian aikaisin keväällä, jolloin pohjamaa ei ole vielä täysin sulanut.

Ensimmäinen vaihe ohutpäällysteisen tien vahvistamisessa teräsverkoilla on vanhan päällysteen tai pintakäsittelyn poistaminen, rikkominen tai sekoittaminen ja tierakenteen yläosan homogenisoiminen. Jos päällysteen pinnankorkeutta ei voi nostaa, myös päällysteen ylin osa voidaan poistaa tässä vaiheessa. Ennen teräsverkon asentamista tie tulisi muotoilla tiehöylällä sopivaan profiiliin ja suunnilleen 50 – 100 mm (0-35mm, 0-55mm) karkearakeista materiaalia tulisi levittää takaamaan verkon lukittuminen (Kuva 5.3). Tämän jälkeen teräsverkko voidaan asentaa paikoilleen ja kantavan kerroksen materiaalit voidaan levittää ja rakenne tiivistää. Kantavan kerroksen paksuus suunnitellaan yleensä 200–400 mm paksuiseksi riippuen kelirikkovaurioiden vakavuudesta.



Kuva 5.3. Karkearakeista materiaalia tulisi levittää teräsverkon alle takaamaan verkon lukkiutumisen paikalleen. (T.Ruohomäki)

III "TASAUKSEN NOSTO"

Jos kelirikkovauriot liittyvät tien alhaiseen tasaukseen, vahvistusmenetelmään kannattaa liittää pituusprofiilin nostaminen. Tielinjan nostamista voidaan myös harkita, jos tien kuivatusta ei voi parantaa. Tällä toimenpiteellä parannetaan myös tien muotoa, mikä vähentää huomattavasti talvikunnossapidon ongelmia, kunhan tasausta ei nosteta niin korkealle, että tiellä tarvittaisiin kaiteita.

Tämä rakenne toimii parhaiten vaurioluokkien B ja E-G (ks. taulukko 2.2) ongelmille. Sitä voidaan käyttää myös muille luokille, vaikkakin paksumpia rakenteita saatetaan tarvita, jos kelirikkovauriot ovat vakavia. Uusien rakenteiden kokonaispaksuus tulisi suunnitella mitoittamalla rakenteet tapauskohtaisesti. Tien tasausta nostettaessa on tärkeää varmistaa, että uudet rakenteet mahtuvat olemassa olevalle tiealueelle ja että tien luiskista ei tule liian jyrkkiä.

IV "MASSANVAIHTO"

Kun kelirikkovauriot ovat vakavia ja samalla alueella esiintyy vaikeaa epätasaista routanousua, ainoa tapa ratkaista ongelma on poistaa helposti routivat maa-ainekset sekä tierakenteet ja rakentaa tilalle uudet rakennekerrokset. Tämä massanvaihtotoimenpide on kallis uuden tiemateriaalin suuresta määrästä johtuen ja sen käyttämisestä vähäliikenteisillä teillä tulee harkita tarkkaan. Se on kuitenkin monissa tapauksissa ainoa ratkaisu epätasaisten routaheittojen korjaamiseen.

Maakerrosten vaihto karkeaan materiaaliin voi toimia hyvin kallioisilla teillä (luokka H.III), muttei niissä tapauksissa, joissa kallio patoaa pohjavettä. Tällöin tulisi harkita kallion louhimista, jotta vesi pääsisi ojiin. Myös routaeristeen sisältävä rakenne saattaa olla tehokas vaihtoehto (rakenne VII taulukossa 5.2).

V "STABILOINTI JA MUUT KÄSITTELYTEKNIIKAT"

Stabilointi ja materiaalien muut käsittelytekniikat voivat olla tehokkaita menetelmiä kelirikkoteiden vahvistamisessa, varsinkin jos merkittävä osa pysyvistä muodonmuutoksista tapahtuu päällysterakenteen yläosassa (0 – 250 mm). Tämä menetelmä on hyvä vaihtoehto, jos kantava kerros sisältää paljon hienoainesta eikä tien tasausta voida nostaa. Menetelmää käytettäessä täytyy aina ottaa näytteitä kantavasta kerroksesta ja tehdä laboratoriotestejä ongelman todentamiseksi ja käsittelyaineiden oikean laadun ja annostuksen määrittämiseksi. Stabilointia suunniteltaessa tärkeintä on varmistaa, ettei stabiloitu materiaali adsorboi vettä. Märissä olosuhteissa, kuten vaurioluokissa B ja E-G taulukossa 2.2, voidaan käyttää vettä hylkiviä käsittelyaineita.

Kunnolla tehtynä stabiloitu rakenne vähentää sitomattoman kerroksen pääjännityksiä sellaiselle tasolle, ettei pysyvää muodonmuutosta synny. Epätasainen routanousu voi kuitenkin aiheuttaa ongelmia tien toimivuuteen, esim. pitkittäissuuntaisia halkeamia stabiloiduilla teillä. Tästä syystä stabilointia tulisi harkita tarkkaan, jos vauriokohteet sijaitsevat mäkisessä tai kallioisessa maastossa (luokat A, D ja H taulukossa 2.2).

Lisätietoja stabiloinnista ja käsittelytekniikoista annetaan ROADDEX II -raportissa "Material Treatment" (Kolisjoja ja Vuorimies 2005) ja ROADDEX III -projektin stabilointia käsittelevässä raportissa.

VI "HOMOGENISOINTI"

Jos rahoitusta on rajallisesti, päällysterakenteen pintaosan homogenisointi ja uusi pintakäsittely tai uusi kevyt päällyste lienevät edullisimpia tekniikoita päällystettyjen kelirikkoteiden kunnostuksessa. Yleisesti ottaen homogenisointia voidaan käyttää taulukon 2.2 vaurioluokkien A-H kunnostukseen, jos päällyste ei ole 100 mm paksumpi.

Homogenisoinnissa vanha päällyste sekoitetaan ensin kantavaan kerrokseen (kuva 5.4). Sekoitussyvyys on tavallisesti 50-200mm tai syvempi, mutta sen ei tulisi olla niin syvä, että suuria kiviä tai lohkareita nousee pintaan. Homogenisoinnin jälkeen tien pinta muotoillaan optimaaliseen muotoon tiehöylällä, homogenisoitu materiaali tiivistetään ja päälle levitetään uusi bitumilla sidottu kulutuskerros. Tämä tekniikka soveltuu erityisen hyvin pahasti urautuneille teille, jotka olisivat muutoin vaikeita korjata. Lisäetuna tien poikkileikkausta voidaan myös parantaa sellaiseksi, että vesi poistuu päällysteen päältä paremmin.



Kuva 5.4. Vanha päällyste sekoitetaan ensin kantavaan kerrokseen. (T.Ruohomäki)

Kelirikosta johtuvista pahoista muodonmuutoksista kärsivillä teillä (alaluokat II ja III taulukossa 2.2) uutta materiaalia on usein lisätty kantavaan kerrokseen, jolloin homogenisoitu kantava kerros paksuntuu ja sen raakoostumus paranee. Aluksi tässä menetelmässä vanha päällyste ja kulutuskerros sekoitetaan, minkä jälkeen uusi kulutuskerros levitetään tielle ja sekoitetaan vielä sekoitusjyrsimellä ennen rakenteen muotoilua, tiivistämistä ja uudelleenpäällystämistä. Menetelmän toisessa versiossa uutta kantavan kerroksen materiaalia levitetään päällysteen päälle ennen homogenisointia.

Homogenisointia on testattu Suomessa joillakin kelirikosta kärsivillä sorateilla. Joissakin tapauksissa pieniä määriä kuonahiekkaa on lisätty materiaaliin laatua parantamaan.

VII "PÄÄLLYSTETYN TIEN MUUNTAMINEN SORATIEKSI"

Jos tien bitumilla sidottuun päällysteeseen aiheutuu jatkuvia ongelmia kuopista, päällysteen purkautumisesta ja urautumisesta, eivätkä painorajoitukset auta (tai niitä ei voida ottaa käyttöön), saattaa halvin keino ylläpitokustannusten vähentämiseen olla tien muuntaminen takaisin soratieksi.

Viime vuosina tätä toimenpidettä on käytetty Suomessa ja Ruotsissa useilla teillä, joille ei ole ollut tarpeeksi rahoitusta rakenteellisia parannuksia varten. Ensimmäisten viiden vuoden aikana näistä toimista on seurannut runsaasti negatiivista palautetta paikallisilta ihmisiltä, mutta raskaiden ajoneuvojen kuljettajat ovat osoittaneet enemmän ymmärrystä toimenpiteiden taustalla oleville syille. Hyvä esimerkki ongelmien vähenemisestä soratieksi muuttamisen jälkeen on ROADDEX -projektiin liittyvän ruotsalaisen Ängesbyn Percostation-mittausaseman kohdalla sijaitseva tie.

5.4.3 Paksupäällysteiset tiet – päällysteen paksuus > 100 mm

Yleensä Pohjoisen Periferian vähäliikenteiset tiet eivät ole paksupäällysteisiä, paitsi Skotlannissa, missä bitumilla sidotun rakenteen paksuus on usein yli 100 mm. Näillä

teillä kunnossapidosta vastaavat viranomaiset noudattavat yleensä samoja periaatteita kuin kappaleessa 5.4.2 on hahmoteltu, vaikka kuten jo aiemmin on mainittu, suurin vuodenaikaisvaihteluun liittyvä ongelma Skotlannissa on päivittäiset jäätymis-sulamissyklit yhdessä pohjamaan maakerrosten kosteuspitoisuuden kasvun kanssa. Näissä olosuhteissa on aina tarpeen parantaa tien kuivatusta osana vahvistusprosessia.

Valittaessa paksupäällysteiselle tielle kunnostusmenetelmää täytyy ongelman luonne ensin tunnistaa luokittelemalla päällysteen vauriotyyppi.

Jos tiessä havaitaan huonolaatuisesta kantavasta kerroksesta johtuvaa tyyppin 1 urautumista (ks. Dawson ja Kolisoja 2005) ja päällyste on 100 – 140 mm paksuinen, voi kunnostuksen optimivaihtoehtona olla paksunnan päällysteen levittäminen vanhan päällysteen päälle. Roadex II –hankkeen tulokset (Dawson ja Kolisoja 2005) ovat osoittaneet, että 200 mm paksuinen sidottu kerros voi vähentää pääjännityksiä sellaiselle tasolle, jolla pysyviä muodonmuutoksia ei pitäisi syntyä. Kuitenkin jos päällyste on hyvin huonossa kunnossa, voi parempi vaihtoehto olla homogenisointi, eli vanhan päällysteen sekoittaminen sitomattomaan kantavaan kerrokseen.

Kun päällysteen paksuus on noin 100 mm ja syvien urien ja/tai nopean urautumisen voidaan nähdä liittyvän hyvin heikkoon pohjamaahan (tämä voidaan osoittaa PPL-mittausaineistoista tai maatulkuutuksista), taloudellisin vaihtoehto on jyrsiä bitumilla sidottu kerros pois uudelleenkäyttöä varten ja asentaa paikalle paksumpi sitomaton kantava kerros ja uusi päällyste sen ollessa mahdollista. Hyvä vaihtoehto näissä tapauksissa on teräsverkko, varsinkin jos riskinä ovat pohjamaasta johtuvat painumat. Skotlannissa on hyviä kokemuksia bitumilla sidottuihin kerroksiin asennetuista lujiteverkoista, joita suositellaan käytettäväksi, mikäli nämä kerrokset ovat yli 200 mm paksuja.

Joskus vauriot paksuissa päällysteissä liittyvät bitumilla sidottujen kerrosten rikkoutumiseen, joka johtuu kerrosten alapuolen huonosta kuivatuksesta (stripping-ilmio). Tämä voi aiheuttaa rakennekerroksiin korkean hydraulisen paineen raskaan liikenteen ajaessa tiellä sulamisjaksojen aikana. Tällaisissa tapauksissa ainoa mahdollinen ratkaisu on parantaa kuivatusta, jyrsiä pois bitumilla sidotut kerrokset, rakentaa valmistetulle pinnalle kerros vettä läpäisevästä kiviaineksestä (sepeli tai rakenteeltaan avoin kantavan kerroksen materiaali) ja viimeistellä rakenne uudella päällysteellä.

Jos päällystevauriot ovat lähinnä pituus- ja verkkohalkeamia tien reunoilla, ongelmat voivat liittyä epätasaiseen routanousuun tai painumiseen. Syynä tähän voi olla huono kuivatus mäkisessä maastossa tai tien vääränlainen levennys. Näissä tapauksissa ensisijaisena korjauskeinona on kuivatuksen parantaminen. Jos halkeamat ovat lähellä rengasuraa, päällyste tulisi jyrsiä pois ja sitomattomat kerrokset vahvistaa

teräsverkolla ennen tien viimeistelyä uusilla bitumilla sidotuilla kerroksilla kuten aikaisemminkin.

Kappale 6. Kunnostettujen teiden laadunvarmistus ja toimivuuden seuranta

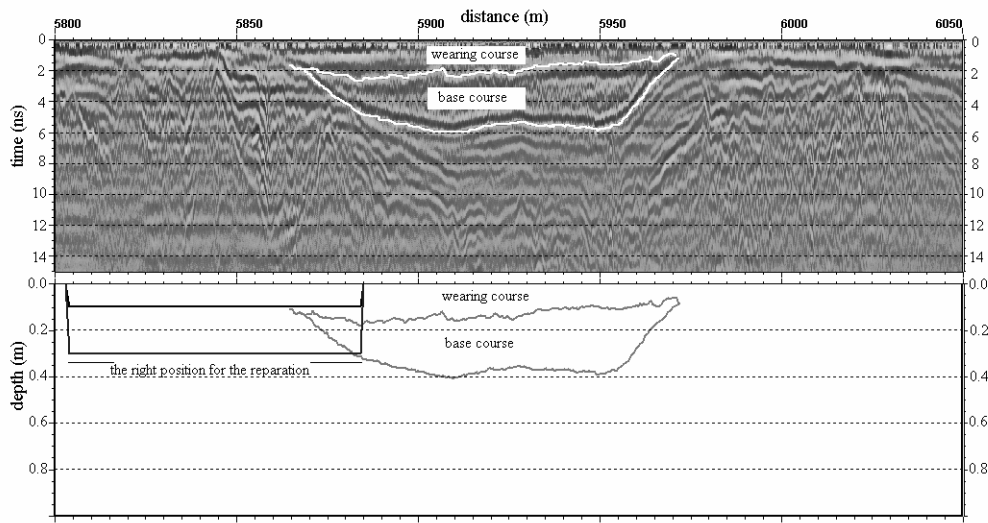
Sorateiden korjausrakenteiden toimivuudesta ja käyttöikäkustannuksista tehdyt tutkimukset (Aho 2004) viittaavat siihen, että suurin syy vahvistettujen rakenteiden vaurioitumiseen on se, ettei korjausrakenteita ole toteutettu niin paksuina kuin suunnitelmissa on edellytetty. Tästä syystä laadunvarmistus kunnostusrakenteiden toteutuksen yhteydessä on tärkeää. Erityisesti suositellaan, että urakoitsijan täytyisi todistaa korjaustöidensä laatu. Laadunvarmistuksen tulisi koskea käytettyjen materiaalien lisäksi kerrospaksuutta, tiivistämistä ja kunnostusrakenteiden oikeaa sijaintia.

Budjettien pienentymisestä johtuen korjaustoimenpiteitä tehdään kelirikkoteillä yleensä vain niissä kohdissa, joissa kelirikkovaurioita havaitaan. Tämä tarkoittaa sitä, että vaurioiden tarkka sijainti on tiedettävä, jotta odotettavissa olevalta käyttöikänsä kohtuulliset tieosuudet voidaan jättää projektin ulkopuolelle, ja investoinnit voidaan kohdistaa korjausta vaativille osuuksille. Tällaista "täsmäkunnostusta" varten tulee ennen kunnostusta tehtävissä tutkimuksissa ja korjausrakenteiden toteuttamisessa olla yhtenäinen paikannus. Jos näin ei ole, saatetaan vahvistustoimenpiteet pahimmassa tapauksessa kohdistaa väärin paikkoihin, joissa vaurioita ei esiinny.

Vahvistusrakenteiden oikean sijainnin lisäksi on tärkeää varmistaa toteutettujen rakenteiden oikea paksuus. Tämä voidaan tehdä yksinkertaisesti mittaamalla paksuus tätä varten kaivetusta koekuopasta. Kerrospaksuus voidaan varmistaa myös maatumalauksilla. Maatumalauksen on todettu olevan erinomainen työväline kerrospaksuuden mittaamiseen, sillä se tuottaa tierakenteesta jatkuvan profiilin, jolloin samalla voidaan varmistaa kunnostusrakenteiden oikea sijainti.

Kelirikkoisilla sorateilla tiivistystuloksesta on vaikea varmistua, sillä olemassa olevat rakenteet ja pohjamaan maaperä ovat yleensä niin heikkoja. Päälystetyillä teillä tiiviys tulee kuitenkin aina varmistaa urautumisen välttämiseksi. Tiheyden varmistamiseen tulisi käyttää kussakin maassa hyväksytyjä menetelmiä. Myös maatumalauksen ja pudotuspainolaitemittauksen yhdistettyä käyttöä suositellaan.

Kuvassa 6.1 esitetään esimerkki maatumalauksella laadunvarmistusta varten saaduista tuloksista suomalaisilla sorateilla. Maatumalauksista huomataan helposti, että kulutuskerros ja kantava kerros on tehty tarpeeksi paksuiksi, mutta korjaustoimenpiteet on sijoitettu väärään kohtaan.



Kuva 6.1. Maatutkaluotauksella varmistettu korjausrakenteen väärä sijainti. (Pälli et al. 2005)

Jos uusia vaurioita havaitaan pian kunnostuksen jälkeen, saattavat vauriot johtua käytettyjen materiaalien huonosta laadusta, ja tähän tulisi kiinnittää erityistä huomiota laadunvarmistuksessa. Kansallisia ohjeita materiaaleista ja niiden routimisherkkyydestä sekä raekoosta on noudatettava vahvistustoimenpiteitä toteutettaessa. Hyvän käytännön mukaista on myös se, että urakoitsijaa pyydetään osoittamaan käytettyjen materiaalien laatu.

Kaikki poikkeamat sijainnista, kerrospaksuudesta ja materiaalin laadusta on tärkeää tunnistaa, jotta uusien vaurioiden syyt voidaan helposti löytää. Urakoitsijoilla tulisi aina olla velvollisuus korjata kerrosten puutteet. Toteutettujen kunnostustoimenpiteiden sekä niiden sijainnin ja rakenteiden tarkka dokumentointi ovat myös ehdottomia edellytyksiä kunnostettujen teiden toimivuuden seurantaan.

Kuten kappaleessa 3 on mainittu, kunnostusprosessin laadunvarmistusta tulisi jatkaa kunnostettujen teiden systemaattisella toimivuuden seurannalla. Tähän prosessiin tulisi kuulua mahdollisten uusien vaurioiden analysointi ja kunnostus, sillä aineistojen kasvaessa tutkimusten ja seurannan avulla on mahdollista parantaa painorajoitusten poistamisesta johtuvien vahinkojen ennustettavuutta. Toimivuuden seuranta antaa myös arvokasta tietoa kunnostusrakenteiden käyttöiästä ja niiden soveltuvuudesta eri vaurioluokkiin.

Kappale 7. Lähteet

Aho S. (2004). Sorateiden kelirikkokorjausten toimivuus ja elinkaarikustannukset. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere.

Aho S., Saarenketo T., Berntsen G., Dawson A., Kolisoja P. ja Munro R. (2005). Structural Innovations. ROADEX II -raportti. www.roadex.org

Aho S., Saarenketo T. ja Kolisoja P. (2005b). Kelirikkokorjausten suunnittelu ja rakentaminen. Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito –tutkimusohjelma. Tiehallinnon selvityksiä 64/2005, Tiehallinto. Helsinki.

Berntsen G. ja Saarenketo T. (2005). Drainage on Low Traffic Volume Roads. ROADEX II -raportti. www.roadex.org

Dawson, A. ja Kolisoja, P. 2005. Permanent deformation. ROADEX II -raportti. www.roadex.org

Kolisoja P. ja Vuorimies N. (2005). Material Treatment. ROADEX II -raportti. www.roadex.org

Launonen P. ja Turunen P. (1995). Sään ja hydrologisten tekijöiden vaikutus kevätkelirikoon. Tielaitoksen selvityksiä 20/1995. Kuopio.

Niva, K. (2004). Suomen tiehallinto, Lapin tiepiiri. Kuva.

Pälli A., Aho S. ja Pesonen E. (2005). Ground Penetrating Radar as a Quality Assurance Method for Paved and Gravel Roads in Finland. 3rd International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar. 2.-3. toukokuuta, 2005. Delft, Alankomaat.

Pennanen O. ja Mäkelä O. (2003). Raakapuukuljetusten kelirikkohaittojen vähentäminen. Metsätehon Raportti 153, 19.8.2003.

Roadex -hanke 1998-2001. Pohjoinen periferia. CD-ROM

Ruohomäki, T (2004). Skanska. Kuvia.

Saarenketo, T. 2005. Monitoring, Communication and Information Systems & Tools for Focusing Actions. ROADEX II -raportti. www.roadex.org

Saarenketo T. ja Aho S. (2005). Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads. ROADEX II -raportti. www.roadex.org

Saarenketo T. ja Aho S. (2003). Kelirikkoteiden painorajoitusten yhtenäistäminen, Tiemestarikysely-tutkimuksen raportti. Roadscanners Oy. Rovaniemi, Tampere.

Saarenketo T., Lähde A., Peltoniemi H. ja Rantanen T. (2002). Vaasan sorateiden korjaussuunnittelun kehittäminen. Tutkimusraportti. Roadscanners Oy. Rovaniemi.

Saarenketo, T., 2001. GPR Based Road Analysis - a Cost Effective Tool for Road Rehabilitation Case History from Highway 21, Finland. In Proceeding of 20th ARRB Conference, Melbourne, Australia 19.-21. maaliskuuta, 19 p.

Tielaitoksen selvityksiä 2/1993 (1993). Massanvaihto. Geotekniikan informaatiojulkaisuja. Tielaitos, Helsinki.

White T.D. ja Coree B.J. (1990). Threshold Pavement Thickness to Survive Spring Thaw. Third International Conference on Bearing Capacity of Roads and Airfields Proceedings. Volume 1. Trondheim, Norja. 3.-5. heinäkuuta 1990.

Liite 1

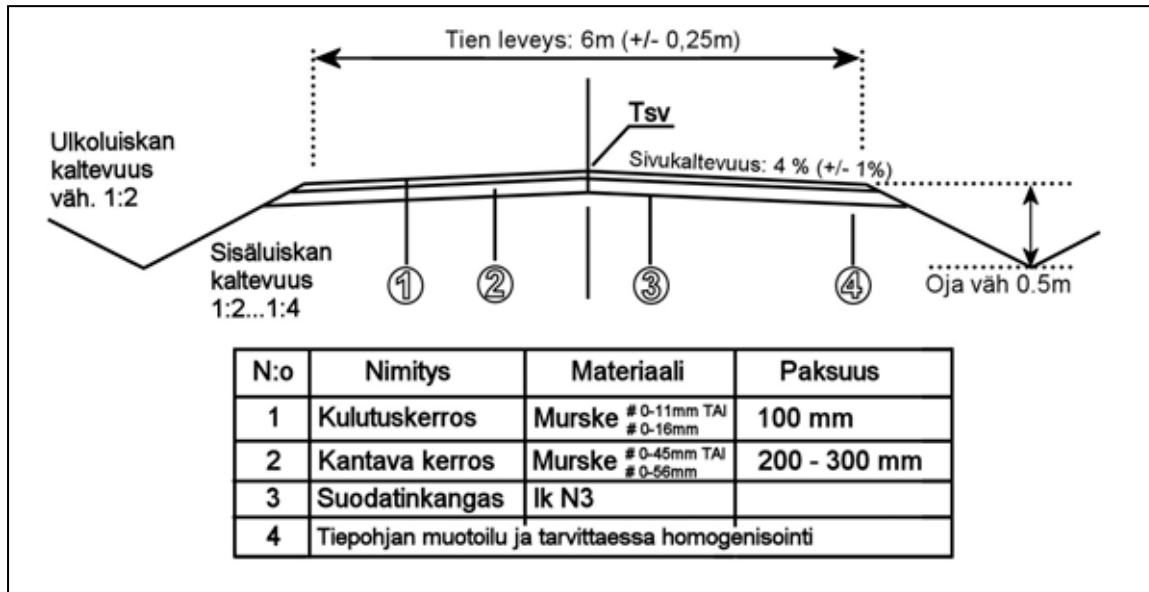
SORATEIDEN KELIRIKKOKORJAUSMENETELMIEN RAKENNEKORTIT

- I. Perusrakenne, PRAK
- II. Teräsverkkorakenne, TV
- III. Tasauksen nosto, TN
- IV. Massanvaihto, MV

RAKENNEKORTTI

SORATIEN KELIRIKKOKOIKTEIDEN KORJAAMINEN

MENETELMÄ: Rakenne I
Perusrakenne, PRAK



TYÖMENETELMÄ:

Vanhan kulutuskerroksen poisto ja pohjamaan homogenisointi

Työt aloitetaan poistamalla nykyinen kulutuskerros murske vähintään 50 – 150 mm syvyydelle. Vanha kulutuskerros materiaali on poistettava myös siirtymäkiilojen kohdalta. Hienorakeista kulutuskerros mursketta ei tulisi jättää uuden rakenteen alle, vaan sitä voidaan käyttää myöhemmin uuteen kulutuskerrokseen ja luiskan täyttöön. Vanhan kulutuskerroksen poistamisen jälkeen rakenteen ylin 300 mm tulee tarvittaessa homogenisoida. Homogenisoinnin tarkoituksena on poistaa lohkareet ja suuret kivet sekä luoda tasalaatuinen alusta uudelle rakenteelle. Ennen suodatinkankaan asentamista tiepohja muotoillaan 4% sivukaltevuuteen ja tiivistetään.

Suodatinkankaan asennus, kantavan/jakavan kerroksen murske ja uusi kulutuskerros

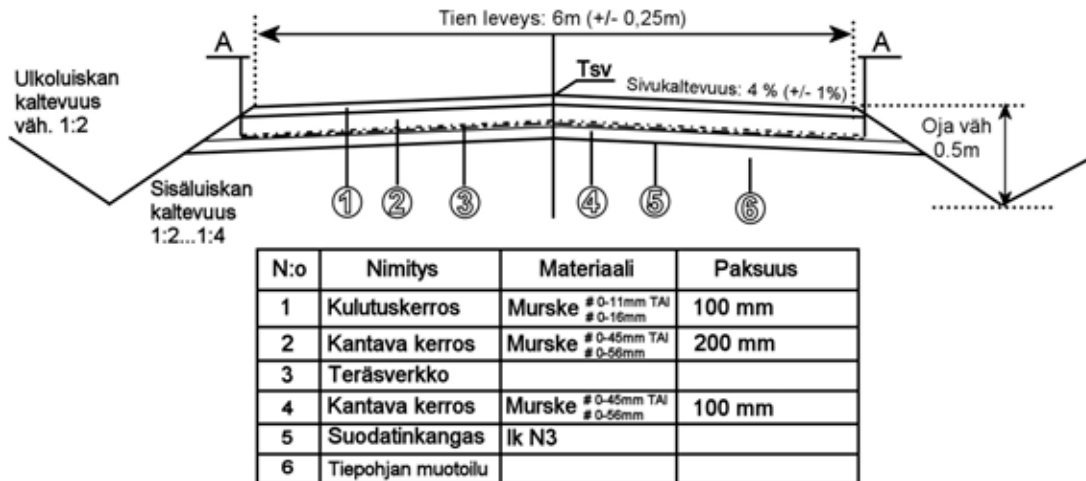
Suodatinkangas levitetään tien suuntaan nähden poikittain ja limitetään saumoista vähintään 500 mm. Suodatinkankaan päälle tiivistetään 200 tai 300 mm kantavan kerroksen mursketta. Kantava kerros muotoillaan 4% kaltevuuteen ja sen päälle levitetään 100 mm kulutuskerros mursketta. Lopuksi myös kulutuskerros muotoillaan 4% sivukaltevuuteen. Mikäli vanhaa kulutuskerros mursketta käytetään hyödyksi, voi sitä olla mukana korkeintaan 50% uudesta kulutuskerroksesta. Siirtymäkiilat uudistetaan muokkaamalla kantavan kerroksen päät kaltevuuteen 1:40. Kulutuskerros tehdään täyteen kerrospaksuuteensa, 100 mm. Siirtymäkiilojen kohdalle ei asenneta suodatinkangasta.

Ennen edellä esitettyjä toimenpiteitä tulee kuivatusolosuhteet tarkastaa ja korjata. Kuivatuksen kunnan tarkastamiseen suositellaan käytettäväksi prosessia, joka on esitelty Roadex III -raportissa "Kuivatusratkaisut vähäliikenteisellä tiellä" (Aho ja Saarenketo 2006).

RAKENNEKORTTI

Soratien kelirikkohteiden korjaaminen

MENETELMÄ: Rakenne II
Teräsverkkorakenne, TV



TYÖMENETELMÄ:

Vanhan materiaalin poisto

Kunnostus aloitetaan poistamalla nykyinen kulutuskerros murske vähintään 50 – 150 mm syvyydelle saakka. Vanha kulutuskerros materiaali on poistettava myös siirtymäkiilojen kohdalta. Hienorakeista kulutuskerros mursketta ei tulisi jättää uuden rakenteen alle, vaan sitä voidaan käyttää myöhemmin uuteen kulutuskerrokseen ja luiskan täyttöön. Vanhan kulutuskerroksen poistamisen jälkeen kaivetaan vanhaa materiaalia vielä jäljelle jääneet 100 – 150 mm, mikäli kaivupohja on epätasalaatuinen. Tätä vanhaa materiaalia voidaan myöhemmin käyttää luiskan täyttöihin. Kaivu suoritetaan vähintään 300 mm yli tien uusien reunojen. Ennen suodatinkankaan asentamista tiepohja muotoillaan 4% sivukaltevuuteen ja tiivistetään.

Uudet rakenteet ja teräsverkko

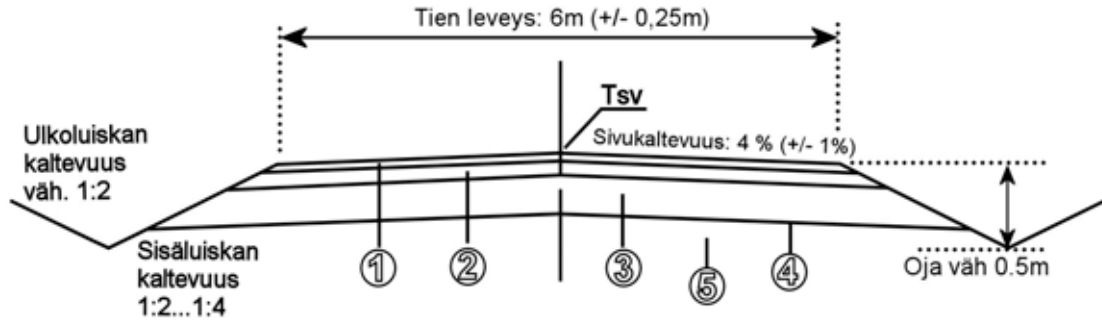
Kaivannon pohjalle asennetaan suodatinkangas, jonka päälle tiivistetään 100 mm kantavan kerroksen mursketta. Kantava kerros muotoillaan ja tiivistetään 4% kaltevuuteen, ja teräsverkko asennetaan sen päälle. Teräsverkon tulee ylettyä riittävän pitkälle luiskan sisään vähintään pituuden A, joka on sama kuin teräsverkon asennussyvyys. Teräsverkko tulee asentaa siten, että tien poikkisuuntainen lanka jää alimmaiseksi. Normaalisti teräsverkon päälle tiivistetään 200 mm kantavan kerroksen mursketta. Kantava kerros muotoillaan 4% kaltevuuteen, ja sen päälle levitetään 100 mm kulutuskerros mursketta. Myös kulutuskerros muotoillaan vielä 4% sivukaltevuuteen. Mikäli vanhaa kulutuskerros mursketta käytetään hyödyksi, voi sitä olla mukana korkeintaan 50% uudesta kulutuskerroksesta. Siirtymäkiilat uudistetaan muokkaamalla kantavan kerroksen päät kaltevuuteen 1:40. Kulutuskerros tehdään täyteen 100mm kerrospaksuuteen. Siirtymäkiilojen kohdalle ei asenneta suodatinkangasta.

Ennen edellä esitettyjä toimenpiteitä tulee kuivatusolosuhteet tarkastaa ja korjata. Kuivatuksen kunnan tarkastamiseen suositellaan käytettäväksi prosessia, joka on esitelty Roadex III -raportissa ” Kuivatusratkaisut vähäliikenteisellä tiellä” (Aho ja Saarenketo 2006).

RAKENNEKORTTI

SORATIEN KELIRIKKOKOIKOIKTEIDEN KORJAAMINEN

MENETELMÄ: Rakenne III
Tasauksen nosto, TN



N:o	Nimitys	Materiaali	Paksuus
1	Kulutuskerros	Murske # 0-11mm TAI # 0-16mm	100 mm
2	Kantava kerros	Murske # 0-45mm TAI # 0-56mm	200 mm
3	Jakava kerros	Murske # 0-56mm TAI # 0-63mm	200-300 TAI >300mm
4	Suodatinkangas	Ik N3	
5	Tiepohjan muotoilu ja tarvittaessa homogenisointi		

TYÖMENETELMÄ:

Vanhan materiaalin poisto ja pohjamaan homogenisointi

Työt aloitetaan poistamalla nykyinen kulutuskerrosmurske vähintään 50 – 150 mm syvyydelle. Vanha kulutuskerrosmateriaali on poistettava myös siirtymäkiilojen kohdalta. Hienorakeista kulutuskerrosmursketta ei tulisi jättää uuden rakenteen alle, vaan sitä voidaan käyttää myöhemmin uuteen kulutuskerrokseen ja luiskan täyttöön. Vanhan kulutuskerroksen poistamisen jälkeen rakenteen ylin 300 mm tulee tarvittaessa homogenisoida. Homogenisoinnin tarkoituksena on poistaa lohkareet ja suuret kivet sekä luoda tasalaatuinen alusta uudelle rakenteelle. Ennen suodatinkankaan asentamista tiepohja muotoillaan 4% sivukaltevuuteen ja tiivistetään.

Uudet rakenteet

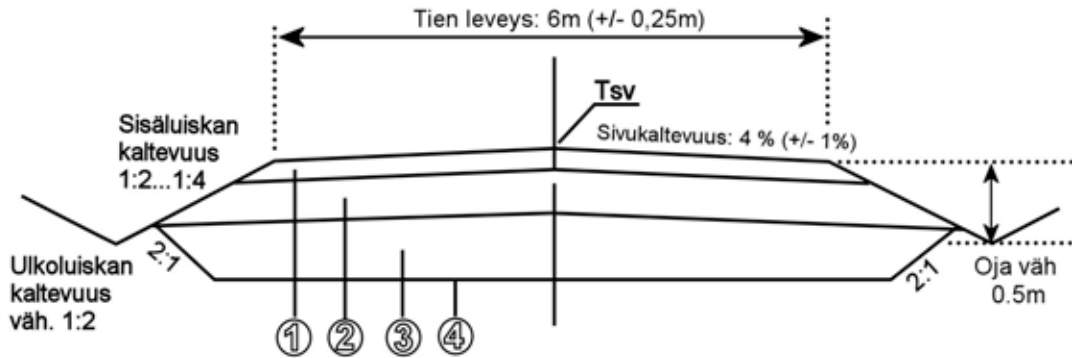
Suodatinkangas levitetään tien suuntaan nähden poikittain ja limitetään saumoista vähintään 500 mm. Suodatinkankaan päälle tiivistetään 200-300 mm (rakenne IIIA) tai > 300 mm (rakenne IIIB) jakavan kerroksen mursketta ja 200 mm kantavan kerroksen mursketta. Muodostetut kerrokset muokataan ja tiivistetään 4% kaltevuuteen, ja päälle asetetaan 100 mm kulutuskerrosmursketta. Myös kulutuskerros muokataan 4% kaltevuuteen. Mikäli vanhaa kulutuskerrosmursketta käytetään hyödyksi, voi sitä olla mukana korkeintaan 50% uudesta kulutuskerroksesta. Siirtymäkiilat uudistetaan muokkaamalla kantavan kerroksen päät kaltevuuteen 1:40. Kulutuskerros tehdään täyteen 100mm kerrospaksuuteen. Siirtymäkiilojen kohdalle ei asenneta suodatinkangasta.

Ennen edellä esitettyjä toimenpiteitä tulee kuivatusolosuhteet tarkastaa ja korjata. Kuivatuksen kunnan tarkastamiseen suositellaan käytettäväksi prosessia, joka on esitelty Roadex III -raportissa ” Kuivatusratkaisut vähäliikenteisellä tiellä” (Aho ja Saarenketo 2006).

RAKENNEKORTTI

SORATIEN KELIRIKKOKOIKOIKTEIDEN KORJAAAMINEN

MENETELMÄ: Rakenne IV
Massanvaihto, SRP

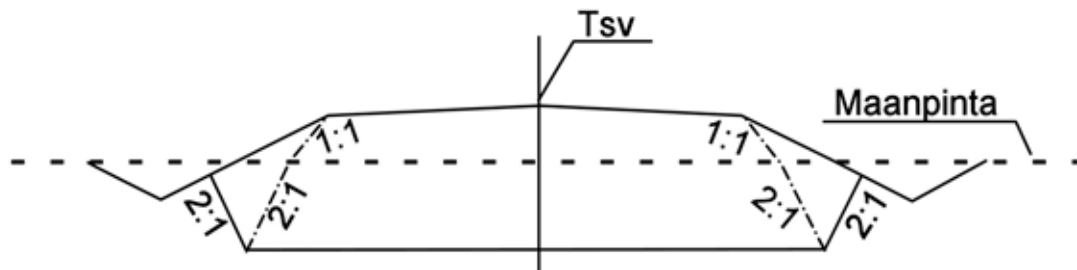


N:o	Nimitys	Materiaali	Paksuus
1	Kulutuserros	Murske # 0-11mm TAI # 0-16mm	100 mm
2	Kantava kerros	Murske # 0-45mm TAI # 0-55mm	200 - 300 mm
3	Suodatinkerros	Hk	300-600 TAI >600mm
4	Suodatinkangas	Ik N3	

TYÖMENETELMÄ:

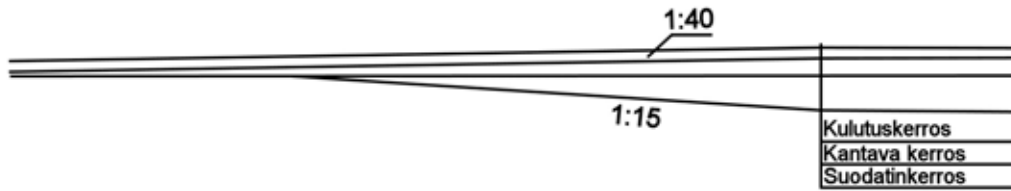
Vanhan materiaalin poisto, suodatinkankaan asennus ja siirtymäkiilat 1:15

Kunnostus aloitetaan poistamalla vanhat materiaalit 100 – 150 mm syvyyteen saakka. Vanha kulutuserrosmateriaali on poistettava myös siirtymäkiilojen kohdalta. Hienorakeista kulutuserrosmursketta ei tulisi jättää uuden rakenteen alle, vaan sitä voidaan käyttää myöhemmin uuteen kulutuserrokseen ja luiskan täyttöön. Vanhan kulutuserroksen poiston jälkeen tie- ja pohjamaamassat kaivetaan 600-900 mm (rakenne IVA) tai > 900 mm (rakenne IVB) syvyydelle tien pinnasta. Suodatinkangas asetetaan kaivannon pohjalle. Kaivannon leveys voidaan määrittää kuvan 1 mukaisesti (Tielaitoksen selvityksiä 2/1993). Osa vanhoista materiaaleista voidaan tarvittaessa käyttää luiskien täyttöön.



Kuva 1. Kaivannon leveyden määräytyminen.

Kuvassa 2 esitetyt siirtymäkiilat tulee sijoittaa massanvaihtorakenteen päihin. Suodatinkerros tulisi rakentaa kaltevuuteen 1:15 ja kantava kerros kaltevuuteen 1:40. Kulutuskerros tehdään täyteen 100 mm kerrospaksuuteensa. Siirtymäkiilojen kohdalle ei asenneta suodatinkangasta.



Kuva 2. Pituusleikkaus massanvaihton siirtymäkiilarakenteesta.

Uudet rakenteet

Kun suodatinkangas on asennettu, sen päälle tiivistetään 300 – 600 mm (rakenne IVA) tai > 600 mm (rakenne IVB) suodatinhiekkaa ja 200-300 mm kantavan kerroksen murskettä. Kantava kerros muokataan ja tiivistetään 4% kaltevuuteen, ja sen päälle levitetään 100 mm kulutuskerrosmurskettä. Myös kulutuskerros tiivistetään vielä 4% sivukaltevuuteen. Mikäli vanhaa kulutuskerrosmurskettä käytetään hyödyksi, voi sitä olla mukana korkeintaan 50% uudesta kulutuskerroksesta.

Ennen edellä esitettyjä toimenpiteitä tulee kuivatusolosuhteet tarkastaa ja korjata. Kuivatuksen kunnan tarkastamiseen suositellaan käytettäväksi prosessia, joka on esitelty Roadex III -raportissa ” Kuivatusratkaisut vähäliikenteisellä tiellä” (Aho ja Saarenketo 2006).



ROADEX III PUBLICATIONS

Executive Summaries

Managing rutting on low volume roads

Treatment of moisture susceptible aggregates

Design and repair of roads suffering spring thaw weakening

Socio-economic impacts of road conditions on low volume roads

Managing peat related problems on low volume roads

Managing drainage on low volume roads

Environmental guidelines and checklist

Monitoring low volume roads

Copyright © 2006 The ROADEX III Project, EU Northern Periphery Programme. All rights reserved.

ROADEX III Lead Partner: The Swedish Road Administration, Northern Region, Box 809, S-971 25 Luleå.

Project co-ordinator: Mr. Krister Palo.