

**SORATEIDEN RAKENTEEN PARANTAMINEN  
SEKOITUSJYRSINNÄN AVULLA**

Markus Laitamaa

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Insinööri (AMK)

2015

Tekniikka ja liikenne  
Rakennustekniikan koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Markus Laitamaa	<b>Vuosi</b>	2015
<b>Ohjaaja</b>	Janne Poikajärvi		
<b>Toimeksiantaja</b>	Destia Oy		
<b>Työn nimi</b>	Sorateiden rakenteen parantaminen sekoitusjyrsinnän avulla		
<b>Sivu- ja liitemäärä</b>	60 + 4		

---

Sekoitusjyrsintätyön tavoitteena oli parantaa tienpintaa ja sen rakennetta tienpientareelta ja ojaluisesta saatavalla materiaalilla. Soratiestön ylläpidossa pyritään kehittämään vaihtoehtoisia edullisempia ratkaisumenetelmiä kustannuksien säästämiseksi. Tämän työn tavoitteena oli erityisesti säästää kustannuksissa ja hyödyntää olemassa olevaa materiaalia. Pölynsidontaan käytettävän suolan käytön minimoiminen kuului myös tavoitteisiin.

Sekoitusjyrsintätyö suoritettiin Pellon kunnan alueella Ajangin paikallistiellä tienumero 19670 noin neljän kilometrin matkalla. Sorateille tyypillisesti pintamurskeita on ajan saatossa kulkeutunut pientareille, mistä ne reunannoston jälkeen hyödynnettiin sekoitusjyrsinnän avulla takaisin tierakenteeseen. Kunnostustyön tilaaja oli Lapin ELY-keskus ja se on osa Pellon hoidon ja ylläpidon alueurakkaa.

Kunnostustyön ja jälkiseurannan tuloksena saatiin selville kyseisen rakenteenparantamismenetelmän soveltumisen sorateille ja kevytpäällysteteille. Jatkossa menetelmää voidaan hyödyntää vähäliikenteisillä ja heikkokuntoisilla teillä kustannustehokkaasti.

**Avainsanat** rakenteen parantaminen, sekoitusjyrsintätyö, reunannosto, kustannustehokas

Technology, Communication and  
Transport  
Civil Engineering Degree Programme

---

<b>Author</b>	Markus Laitamaa	Year	2015
<b>Supervisor(s)</b>	Janne Poikajärvi		
<b>Commissioned by</b>	Destia Oy		
<b>Subject of thesis</b>	Using Full-Depth Reclamation for Rehabilitation of Gravel Roads		
<b>Number of pages</b>	60 + 4		

---

The money dedicated to road maintenance has decreased for a long time now and it is not expected that the road maintenance budget will much increase in the near future. There is a need to find alternative lower-cost methods and also decrease the usage of new rock material in road maintenance. New methods are needed especially for the maintenance of gravel roads to reduce the high costs.

The aim of this thesis was to find a lower-cost method by using full-depth reclamation for improving the road surface and its structure. The main purpose was to save in costs and minimize the usage of salt in road maintenance. The full-depth reclamation was made in the Ajanki road number 19670 that is located in the Pello municipality. The purpose was to restore the soil in the slope and in the verge of the road to road structure by using full-depth reclamation.

A follow-up survey was made after the full-depth reclamation in order to find out how it affects the road surface and its structure. The costs were also calculated. The method can be used on poor conditioned gravel roads and tarmac roads cost-effectively.

Key words                      full-depth reclamation, road maintenance, gravel road,  
road surface, road structure

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	DESTIA OY.....	8
3	TIESTÖN YLLÄPITO .....	9
4	SORATEIDEN YLLÄPITO .....	11
4.1	Soratiet Suomessa ja niiden merkitys alueurakointiin .....	11
4.2	Sorateiden rakenne .....	12
4.3	Sorateiden kuntoon vaikuttavat tekijät .....	14
4.4	Sorateiden pintakunnon määrittäminen .....	15
4.5	Sorateiden kulutuskerroksen hoito ja kunnostus.....	16
4.6	Sorateiden runkovaurioiden korjaaminen.....	21
4.7	Liikennejärjestelyt ja turvallisuus.....	23
5	SEKOITUSJYRSINTÄTYÖ .....	24
6	OJA- JA LUISKAMATERIAALIEN HYÖDYNTÄMINEN KULUTUSKERROKSESSA .....	28
6.1	Alkuperäinen tilanne .....	29
6.2	Työn toteutus .....	32
6.3	Jälkiseuranta.....	37
6.4	Kustannukset .....	40
7	VAIHTOEHTOMENETELMÄT .....	41
7.1	Murskesoran lisääminen .....	41
7.2	Vedettävän kivipoimurin käyttö .....	44
8	TUTKIMUSTULOKSET .....	45
8.1	Silmämääräiset havainnot.....	45
8.2	Pesu- ja kuivaseulonta.....	47
8.3	Areometrikoe .....	50
9	YHTEENVETO .....	54
9.1	Johtopäätökset .....	54
9.2	Suosituksset .....	57
	LÄHTEET.....	58
	LIITTEET .....	60

## ALKUSANAT

Kiitän Destia Oy:tä opinnäytetyön aiheesta. Erityisesti kiitän työmaapäällikkö Vesa Joonaa, joka auttoi kaikissa käytännön asioissa ja työn edistymisessä. Lisäksi kiitän työhön osallistuneita aliurakoitsijoita, joiden avulla työ saatiin tehtyä loppuun asti. Kiitän myös ohjaavaa opettajaa Janne Poikajärveä hyvästä ohjauksesta ja rakentavista palautteista.

Markus Laitamaa

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

ALV	Arvolisävero
CE-merkintä	Valmistajan osoitus siitä, että kiviaines täyttää Euroopan unionin asettamat laatuvaatimukset (Tukes 2014)
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
KVL	Keskivuorokausiliikenne. Liikennemäärän yksikkö, joka kertoo tien ajoneuvojen lukumäärän vuorokaudessa
Plv	Paaluväli
Pt	Paikallistie

## 1 JOHDANTO

Tienpidon rahoituksen väheneminen ajaa väistämättä pohtimaan uusia ratkaisumenetelmiä tiestön ylläpidossa. Teiden hoidossa ja kunnostamisessa joudutaan säästämään ja isompia remontteja ei ole tulossa lähiaikoina. Tämän takia teiden hoitoon ja kunnossapitoon pyritään kehittämään vaihtoehtoisia ratkaisumenetelmiä, jolla voitaisiin erityisesti säästää kustannuksissa ja vähentää uuden kiviainesmateriaalin käyttöä.

Tämän työn tavoitteena oli löytää kustannustehokkaampi ja materiaaleja säästävä ratkaisu sorateiden kulutuskerroksen rakenteen parantamiseksi käyttämällä pelkästään olemassa olevia materiaaleja. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että reunannoston avulla haluttiin hyödyntää ajan saatossa pientareille ja luiskiin ajautuneet materiaalit. Sekoitusjyrsinnän tarkoitus oli palauttaa materiaalit takaisin tierakenteeseen ja parantaa erityisesti tienpintaa sekä sen rakennetta. Työn tavoitteena oli myös saada minimoitua pölynsidontaan tarkoitettua suolan käyttöä.

Kunnostustyön ja jälkiseurannan tuloksena saatiin selville sekoitusjyrsintätyön soveltumisen vähäliikenteisille sorateille ja kevytpäällysteteille. Opinnäytetyö suoritettiin Pellon kunnan alueella sijaitsevalla Ajangin paikallistiellä tienumero 19670. Jatkossa opinnäytetyötä voidaan hyödyntää kyseisillä teillä kustannustehokkaasti ilman uuden kiviainesmateriaalin käyttöä. Taustatiedot opinnäytetyölle saatiin alan kirjallisuudesta ja ohjeista sekä käytännön kokemuksesta työnjohtoharjoittelusta kesällä 2013 ja 2014.

## 2 DESTIA OY

Toimeksiantajana työlleni on Destia Oy, joka on suomalainen infra- ja rakennusalan yritys. Destian toimenkuvaan kuuluu liikenneväylien sekä liikenne- ja teollisuusympäristöjen rakentaminen, ylläpito ja suunnitteleminen. Palvelut ulottuvat myös maanalaiseen rakentamiseen. Destian asiakkaita ovat muun muassa kunnat, kaupungit, yritykset sekä valtion organisaatiot. (Destia Oy. a.) Destian missona on toimivampi maailma, jonka tarkoituksena on taata elinympäristömme toimivuus ja turvallisuus perustuen vankkaan ammattitaitoon sekä hyödyntämällä nykyaikaisia työmenetelmiä. Visiona on olla infra-alan ykkösvaihtoehto Suomessa, joka tarjoaa parasta asiakaspalvelua. (Destia Oy. b.)

Destialla on Suomen Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen alueurakoista selvästi suurin markkinaosuus eli 59 % (1.10.2013), mikä tarkoittaa 52 500 kilometriä tiestöä, josta on 3 100 kilometriä kevyenliikenteenväyliä. Destialla on käytössä kelikeskuspalvelut ja alueelliset tulosityksiköt vastaamassa parhaasta liikenneympäristöjen hoidosta ja kunnossapidosta. (Destia Oy. c.) Hoitourakoissa vastataan tiestön ympärivuotisesta hoidosta, mikä sisältää kesä- ja talvihoidon. Työt tehdään Liikenneviraston ja ELY-keskuksen asettamien laatuvaatimuksien mukaisesti. Urakat kestävät yleisesti 5–7 vuotta. (Destia Oy. d.) Destia on myös mukana kehittämässä vaihtoehtoisia ratkaisumenetelmiä tiestön ylläpidossa. Tämä opinnäytetyö on tehty Pellon hoidon ja ylläpidon alueurakassa, joka sisältää karkeasti Pellon ja Ylitornion kunnan tiestöt. Toimipaikka sijaitsee Pellossa.



### 3 TIESTÖN YLLÄPITO

#### **Tarkoitus**

Tiestön ylläpidon tarkoituksena on taata turvallinen liikennöinti Suomen tieverkolla. Liikennevirasto kehittää ja ylläpitää Suomen liikennejärjestelmää ja vastaa tie- ja rataverkosta sekä vesiväylien ylläpidosta. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus eli ELY-keskus taas vastaa alueellisesti tienpidosta. (Liikennevirasto 2014a.) Maanteiden kunnossapito jaetaan päällystetyiden teiden, sorateiden, siltojen ja liikenneympäristöjen hoitoon ja kunnossapitoon. Lisäksi tehdään rakenteen peruskorjauksia ja parantamisia. Näistä sorateiden hoidolla ja kunnossapidolla on erittäin suuri merkitys maanteiden ylläpidossa varsinkin alueellisesti. (Liikennevirasto 2014b.)

#### **Alueurakointi**

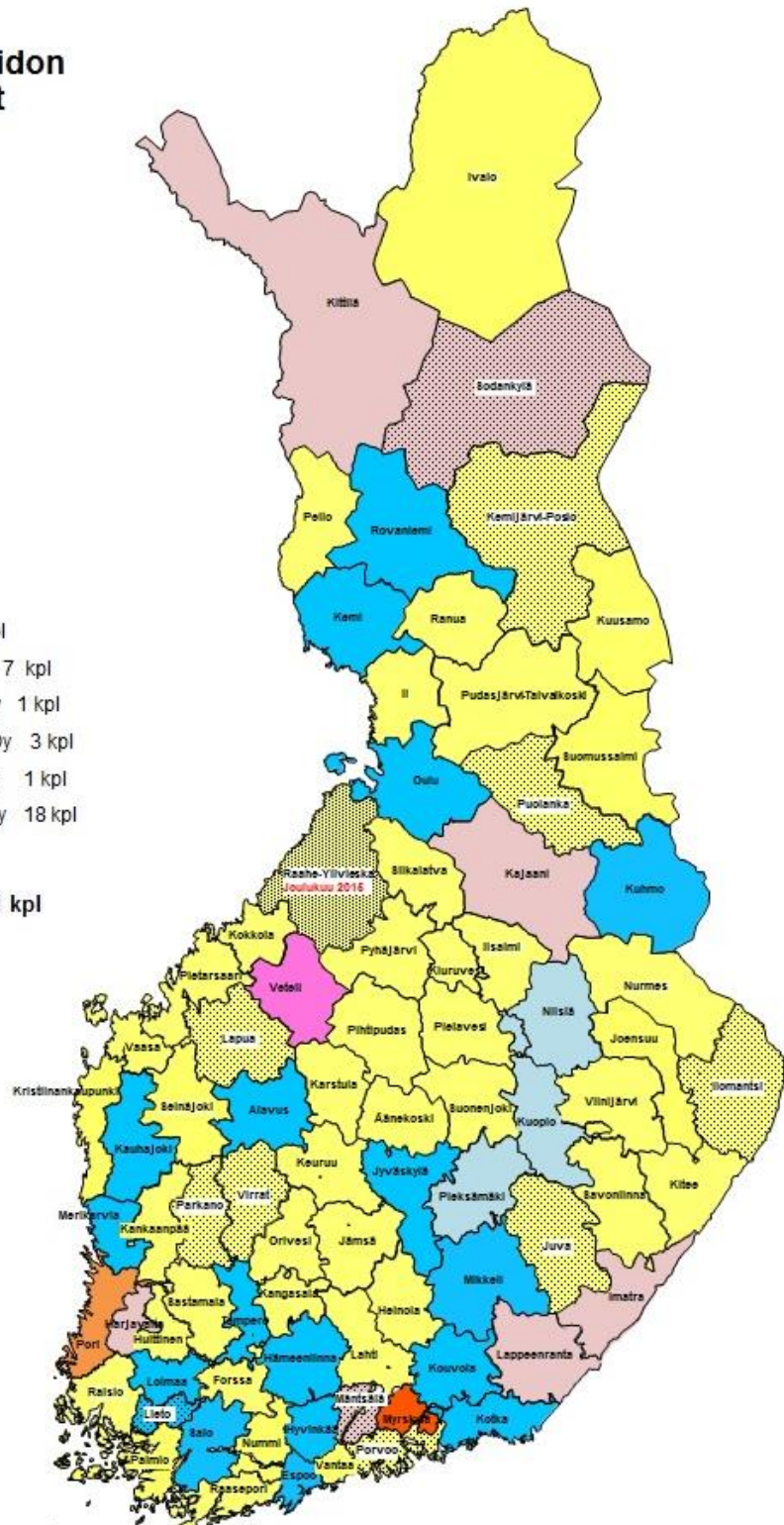
Suomen tiestö on jaoteltu 81 alueurakkaan, jotka vastaavat tiestön hoidosta ja kunnossapidosta alueellisesti Liikenneviraston antaman palvelutason mukaisesti. Alueurakoiden valvojana toimii ELY-keskus. Hoidon ja ylläpidon alueurakoissa on urakkakohtaisesti asetettu ohjeet ja määräykset tienpitoon, käytettävään kalustoon, turvallisuuteen ja muuhun vastaavaan liittyen. Urakoitsijat kilpailutetaan yleensä 5–7 vuoden välein, jossa ratkaisevat hinta sekä laatupisteet. Urakkakoot vaihtelevat alueittain. (Liikennevirasto 2014b.) Kuviossa 1 on esitetty urakkarajat Suomen alueurakoista ja kilpailutukseen tulevista urakoista.

## Hoidon ja ylläpidon alueurakoitsijat

### Urakoitsija

	Destia Oy 50 kpl
	NCC Roads Oy 7 kpl
	Pahkakangas Oy 1 kpl
	Savon Kuljetus Oy 3 kpl
	TSE-Tienvieri Oy 1 kpl
	YIT Rakennus Oy 18 kpl

Urakoita yhteensä 81 kpl



Kuvio 1. Hoidon ja ylläpidon alueurakoitsijat (Liikennevirasto 2014c)

## 4 SORATEIDEN YLLÄPITO

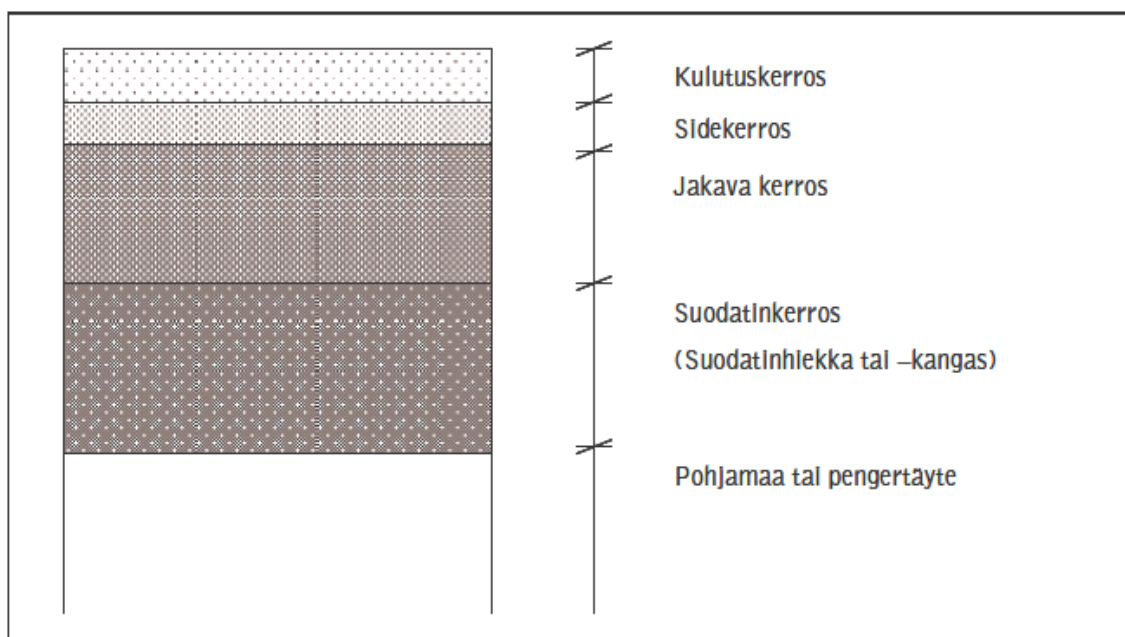
### 4.1 Soratiet Suomessa ja niiden merkitys alueurakointiin

Sorateita Suomessa oli yhteensä noin 27 130 kilometriä vuonna 2013, mikä käsittää 35 % koko maan tieverkosta. Erittäin vähäliikenteisiä sorateita oli vuoden 2013 alussa 2 400 kilometriä ja niiden määrä kasvaa koko ajan. Sorateilla ajetaan vain 3 % koko maan liikenteestä, mikä lisää haasteita kunnossapitoon ja sen kannattavuuteen liittyen. Koko tieverkon kunnossapitokustannuksista sorateiden hoito ja kunnossapito vastaa noin 11 prosenttia ilman talvihoitoa. Soratiet ovat useimmiten seutu- tai yhdysteitä, joiden käyttö perustuu enimmäkseen mökkiläisiin sekä maa- ja metsätalouden harjoittamiseen. Sorateilla on siis huomattava merkitys taloudellisessa mielessä. Vähäliikenteisyyden takia ne joutuvat kuitenkin säästöjen kohteeksi, mikä ajaa kehittämään vaihtoehtoisia edullisempia ratkaisumenetelmiä hoitoon ja kunnossapitoon liittyen. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 7.) Vähäliikenteisyydestä johtuu myös sekin, että niitä ei voida pitää niin hyvässä kunnossa, jottei huonommissa keleissä tiestöllä tulisi mitään ongelmia (Liikennevirasto 2014d). Soratiet eivät kestä myöskään kulutusta niin hyvin kuin päällystetyt tiet ja näin niiden hoito ja kunnossapitokustannukset ovat suuremmat (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 7).

Sorateiden hoidon ja kunnostuksen tasoon vaikuttaa oleellisesti rahoituksen tilanne. Tavoitteena on pitkäjänteinen kunnossapito, mikä takaa päivittäisen liikennöimisen ja säilyttää tien kunnan. Sorateiden hoidossa kunnossapitotyöt painotuvat kesälle. Tilaajan ja urakoitsijan yhteinen tavoite on resurssien kustannustehokas käyttö, mikä täyttää mahdollisimman hyvin tienkäyttäjänkin tarpeet. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 18.) Tässä työssä keskitytään erityisesti resurssien kustannustehokkaaseen käyttöön.

## 4.2 Sorateiden rakenne

Rakennettujen sorateiden rakenne on kulutuskerros, jakava kerros, suodatinkerros tai suodatinmatto ja pohjamaa tai pengertäyte. Kulutuskerroksessa käytetään sora-, kallio- tai moreenimurskettä, joka on yleensä 0–16 mm. Jos halutaan lisätä kosteudensitomiskykyä, voidaan lisätä sidekerros kulutuskerroksen alle, joka on 0–16 mm tai 0–32 mm murskettä. Jakavassa kerroksessa käytetään yleensä 0–56 mm murskettä tai joskus karkeampaa. Suodatinkerros tehdään lähes aina hiekalla. Suodatinkangasta suositellaan käyttämään kaikissa tilanteista, jotta pohjamaa ei pääsisi sekoittumaan rakennekerrosten kanssa. Tällaisia ns. rakennettuja teitä ei ole Suomessa kovinkaan paljoa. (Tiehallinto 2004, 56–57.) Kuviossa 2 on esitetty, minkälainen soratien rakenteen tulisi olla.

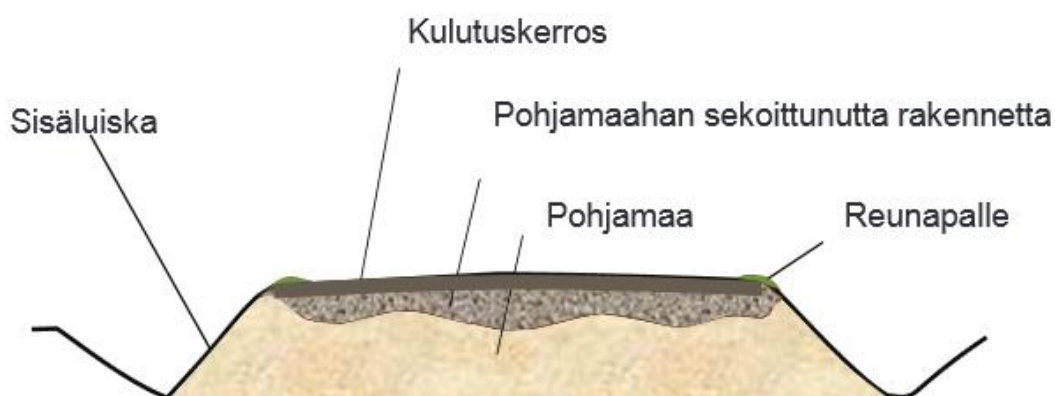


Kuvio 2. Soratien rakenne (Suhonen 2005, 8)

Suomessa on siis erittäin paljon ns. rakentamattomia teitä. Tämä tarkoittaa teitä, mitä ei ole nykyisten laatuvaatimusten mukaisesti rakennettu tai perustettu. Näitä teitä ovat pääasiassa pienet sora- tai kevytpäällysteiset paikallistiet, joissa on paljon mäkiä ja mutkia sekä voivat olla levinneitä ajan saatossa. (Tie- ja vesirakennuslaitos 1975, 8.) Näillä teillä esiintyy myös puutteita kantavuudessa, koska ker-

rospaksuudet eivät ole riittävän suuret tai routiva pohjamaa on sekoittunut rakenteeseen. Kuivatusjärjestelmät eivät pelaa kunnolla. Kunnollisia laskuojia ei ole lainkaan, sivuojat ovat tukossa tai pientareilla on reunapalletta. Lisäksi rummut voivat olla heikkokuntoisia tai liettyneet tai niitä ei ole lainkaan. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 11.)

Näillä rakentamattomilla sorateilla varsinkin Pohjois-Suomessa on yleisesti ajettu pohjamaan päälle moreenista rakennekerrokset. Tämän päällä taas on kulutuskerrosmateriaali 0–16 mm murskeesta ohuena 30–35 mm kerrospaksuutena. Moreeneissa on tyypillistä, että kivet ovat pyöristyneitä ja varsin isoja sekä eivät ole lajittuneita. Niissä on siis sekaisin kaikkia maalajeja. Moreeneista ei ole rakeisuuksia tarkkailtu tai määritetty ollenkaan, kun niitä on käytetty aikojen saatossa. Moreeneja on ollut halpa ja helppo ajaa aikoinaan suoraan montulta tierakentteeseen. Suodatinkankaita ei ole käytetty tai ollut saatavillakaan. Tässä opinnäytetyössä on keskitytty erityisesti tällaisten sorateiden kulutuskerroksen parantamiseen. Kuviossa 3 on esitetty, minkälainen on ns. rakentamaton soratie.



Kuvio 3. Rakentamattoman soratien rakenne (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 12)

### 4.3 Sorateiden kuntoon vaikuttavat tekijät

Soratien kunto vaihtelee nopeasti. Muutokset johtuvat pääosin veden ja liikenteen yhteisvaikutuksesta. Sorateiden rakenteelliseen kuntoon vaikutetaan ylläpidolla sekä kunnostustöillä ja pinnan kuntoon päivittäisellä hoidolla, mikä takaa liikennöitävyyden. Soratien kuntoon vaikuttavat siis tien rakenne ja materiaalit, pohjamaa, tien muoto, kuivatus, sää olosuhteet, liikenne ja urakoitsija itse. Jos kuivatus ei pelaa, tielle voi syntyä vesikuoppaa tai lajittumista eli aaltomaista epätasaisuutta. Pitemmät kuivat sääolosuhteet aiheuttavat tierakenteen kuivumista, mikä voi aiheuttaa tien pölyämistä. Raskas ja liika liikenne voi urauttaa ja painauttaa tietä. Tiessä käytettävän materiaalin tulee olla nykyään CE-merkittyä. Kerros-paksuuksien tulee myös olla riittävät, jotta tien kunto pysyisi hyvänä. Liikenteestä johtuu ajan saatossa materiaalin hävikki. Kulutuskerroksen materiaali hienonee ajan saatossa ja kulkeutuu pientareille sekä sivuojiin. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 12.)

Keväällä ja syksyisin esiintyvä kelirikko vaikuttaa soratien kuntoon. Tämän takia tiestölle joudutaan laittamaan paino- ja nopeusrajoituksia. Syksyn runsaat sateet aiheuttavat pintakelirikkoa, mikä pehmentää tien pintaa. Keväisin voimakkaasta sulamisesta johtuva runkokelirikko aiheuttaa tierakenteen kantavuuden heikkenemistä. Kelirikkoa voidaan yrittää ehkäistä kuivatuksen toimivuudella, sulamisvesien johtamisella pois tierakenteesta, polanteen ohuena pitämisellä talvikunnossapidossa ja syksyn rankkasateiden vesien pois johtamisella. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 14.)

Routa aiheuttaa tierakenteessa olevien kivien nousua tien pinnalle. Jäälinsit sulavat kiven ympäriltä ennemmin ja näin maa valuu kiven alle, jolloin kivi nousee ylöspäin. Routiminen vaikuttaa myös tien kuntoon. Jos tierakenne on epähomogeeninen, niin syntyy epätasaista routanousua ja heittoja. Rummut ovat hyvin herkkiä tässä tapauksessa, koska suurin osa vanhoista rummuista on betonirenkaita. Routiminen aiheuttaa niiden saumakohtien repeämisen, mikä aiheuttaa suuria reikiä tienpintaan. Suuret reiät ovat suuria liikenneturvallisuusriskejä. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 13.)

#### 4.4 Sorateiden pintakunnon määrittäminen

Soratien pintakunnolla pyritään pitämään yllä soratien palvelutasoa. Tämä vaikuttaa ensimmäisenä tienkäyttäjän ajomukavuuteen. Hyväkuntoinen soratie ei saa olla missään sääolosuhteessa liukas. Sen tulee olla tasainen, kiinteä ja mahdollisimman vastustuskykyinen veden pehmittämää ja liettävää vaikutusta vastaan. Pölyämisen tulee olla mahdollisimman vähäistä. (Hartikainen 2003, 124.)

Sorateiden pintakunnon määrittämiseksi on laadittu viisi portainen taulukko, missä tarkastellaan tasaisuutta, kiinteyttä ja pölyävyyttä. Mittausmatka on kilometrin tasaisuudessa ja kiinteudessa. Pölyävyyden mittausväli on 100 metriä. Kuntoarvon tulee olla pääosin vähintään 3, jotta palvelutaso täyttyy. Kuntoarvoa 1 ei sallita missään soratieluokassa. Kuntoarvio tehdään silmämääräisesti. Sivukaltevuuksia varten tehdään mittauksia digitaalisella oikolaudalla ajokaistoittain. Sivukaltevuutta mitataan vain, jos on havaittavissa silmiin pistäviä poikkeamia. Kaltevuuden tulee olla suorilla 4 % ja yksipuolisissa kaltevuuksissa kurveissa 3-7 %. Suorilla oltaessa prosenttien heitto sallitaan. Reunapalteita ei sallita ollenkaan. Nämä ovat yleisiä laatuvaatimuksia. Alueurakoissa noudatetaan urakkohtaisia ohjeita lisäksi. Kuviossa 4 on esitetty täydellinen soratie, missä tasaisuus, kiinteys ja pölyävyys ovat 5. (Tiehallinto 2008, 2–20.)



Kuvio 4. Täydellinen soratie (Tiehallinto 2008, 16)

#### 4.5 Sorateiden kulutuskerroksen hoito ja kunnostus

##### **Pölynsidonta**

Pölynsidonnan tarkoituksena on sitoa tienpinnan hienoaines kiinteäksi ja näin välttää tien pölyäminen. Suola sitoo siis ilmassa olevan kosteuden tienpintaan. Pölynsidontaa joudutaan tekemään säästä ja tien kokoluokasta riippuen useaan kertaan kesässä. Pitkät kuivat kaudet lisäävät pölynsidonta tarvetta ja vilkas liikenteisiä teitä tarvitaan suolata monta kertaa, kun taas pienemmille teille riittää kerran kesässä. Keväisin suolaus hoidetaan sekoitussuolauksena heti kelirikon jälkeen. Tämän jälkeen tie yleensä muokataan oikean muotoiseksi. Sääolosuhteista riippuen tietä joudutaan yleensä suolamaan kelirikkokauden aikanakin paikoittain. Pintasuolaus on yleisempi pölynsidontatapa. Siinä huonona puolena on, että liikennevirran mukana suola voi kulkeutua tienpientareille. Nykyään käytetäänkin eniten liuossuolausta, koska siinä suolaliuos imeytyy nopeasti tienpintaan. Tarvittaessa tehdään lisäpölynsidontaa vilkas liikenteisillä ja aukealla paikalla olevilla teillä. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 41.)

Suolauksessa käytettävät aineet ovat magnesiumkloridi ja kalsiumkloridi. Kummatkin näistä aineista on hygroskooppisia ja näin terästä ruostuttavia. Tästä johtuen laitteiden puhdistus on erittäin tärkeää työtoimenpiteiden jälkeen. Liuoksessa käytettävän suolaliuoksen pitoisuus on 32 %. Liuossuolauksessa kalustona on kuorma-autoon asennettu liuossäiliö ja hiutaesuolauksessa suola lastataan vain kuorma-auton lavalle. Tien pinnan muokkaukseen käytetään tiehöylää tai lanaa. Pölynsidonta tarpeet suunnitellaan tiekohtaisesti työsuunnitelmissa alueurakoissa ja näin saadaan täsmäsuolauksella paras mahdollinen lopputulos. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 42.)

##### **Tienpinnan tasaus ja muokkaus**

Tasauksen tarkoituksena on taata laatuvaatimusten mukainen tien palvelutaso, jotta liikennöinti olisi sujuvaa. Tien pinnan tulisi olla muokkauksen jälkeen tasa-



paksu ja homogeeninen. Tien epätasaisuudet tasataan, tien oikea poikkileikkausmuoto säilyy ja poistetaan reunapalteet sekä hyödynnetään kaikki mahdollinen reunoille kulkeutunut murske. Tietä tulee muokata siten, että rakenne kerrokset tai pohjamaa eivät pääse sekoittumaan keskenään. Myöskään kulutuskerrosta syvemmältä ei saa pintaa muokata kuitenkin niin, että tiellä olevat kuopat katoavat. Paras aika tien tasaukselle on pilvisellä ilmalla ja silloin kun ilmassa on riittävästi kosteutta. Tällöin tienpinta muokkautuu parhaiten. Tien sivukaltevuudet tulee olla oikeat muokkauksen jäljiltä luvun 4.4 mukaisesti. Ensimmäiset tasaukset tulisi ajoittaa heti sulamiskauden jälkeen, jotta tienpinta pääsisi heti kuivuvaan. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 37.)

Tasauksiin käytettävää kalustoa ovat tiehöylä ja lana. Tiehöylällä saa näistä parhaan lopputuloksen, joskin sen käyttö on nykyään vähäisempää kustannuksien takia. Tiehöylällä muokattaessa tie höylätään ensiksi karhoille keskelle kummaltakin puolelta, sen jälkeen se levitetään tielle ja lopuksi tasataan oikeaan muotoon kaista kohtaisesti. Tiehöylää käytetäänkin yleensä vain vaativimmissa tasaus töissä. Kuorma-auton tai traktorin perässä vedettävää lanaa käytetään yleisimmin. Sitä on hyvä käyttää varsinkin kelirikkkokauden aikana, koska siinä paino jakautuu useammalle akselille ja siinä sekoituskyky on parempi. Tasauksessa tulee käyttää myös oikeanlaisia teriä, joita ovat tappiterät. Tappiterät ovat leveä laippaisia ja pyöriviä pyöreän teräväkärkisiä. Niillä on parhaat leikkaus ja irrotusominaisuudet. Tasauksessa voi käyttää myös tasateriä, mutta niissä huonona puolena on, että ne kuluvat varsin nopeasti. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 39–41.)

### **Pienten ja tilapäisten vaurioiden korjaukset**

Pienten vaurioiden korjauksiin liittyy yleensä kuoppien äkilliset syntymiset tai tien reunan sortumiset sateiden jälkeen. Joku rumpu pettää ja sorat vajoavat rumpuun, josta syntyy kuoppa. Routaheitot ovat myöskin yleisiä tilapäisiä korjaustöiden menpiteitä. Nämä korjataan samanlaisella materiaalilla kuin kulutuskerros ja tarvittaessa merkitään liikennemerkkein. Kuopat paikataan samaan tapaan ja tarvit-

taessa poljetetaan. Tasaus voi onnistua pelkästään kuorma-auton alusterää käyttämällä. Rummun reikä tukitaan yleensä suodatinkankaalla ja päälle laitetaan samaa materiaalia kuin tierakenteessa. Joskus kyseiset äkilliset tilanteet voivat olla niin pahoja, että liikenteelle voi aiheutua vaaraa. Tällöin niistä varoitetaan välittömästi ja merkitään liikennemerkkein. Tie voidaan myös katkaista väliaikaisesti korjauksien ajaksi. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 36.)

Maakivien poistoa tehdään yleensä kesäkunnossapidossa. Kivet nousevat tienpintaan roudan ansiosta. Kiven poiston jälkeen kuoppa täytetään samanlaisella kulutuskerrosmateriaalilla kuin ympärillä on. Tarvittaessa tiivistetään, jottei synny uusia kuoppia. Urakkasopimuksissa on määrätty urakkakohtaisesti maakivien poiston määrä, joka tulee tehdä. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 36.)

### **Soran lisäys**

Sorastusta voidaan tehdä joko keväällä tai syksyllä. Keväällä se tehdään yleensä kelirikon takia. Syksyllä taas sen takia, että soratiellä säilyisi riittävä kerrospaksuus sekä rakeisuus talvihoitokauden läpi. Normaali sorastus määrä on 150–250 tonnia mursketta kilometrille. Sorastuksenkierto on yleensä 3–5 vuoden välein tiestä ja urakasta riippuen. Sorastus tulee myös tehdä pilvisellä ilmalla ja kun on riittävästi kosteutta. Näin uusi murskekerros tarttuu paremmin vanhaan kulutuskerrokseen. Sorastuksen optimipaksuus on 5 cm. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 53.)

Sorastuksessa käytettävää kalustoa ovat kuorma-autot ja muokkaukseen tarkoitettu tiehöylä tai lana. Uusi materiaali levitetään kuorma-autojen lavalta tasaiseksi matoksi limittäin ajosuuntaisesti. Kapeammilla teillä riittää yhden maton veto. Murskeen määrän tuloa rajoitetaan kuorma-autojen perälautaan laitetulla kettin-gillä. Lopuksi sorastukset tasataan ja muokataan oikeaan muotoon. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 53.)

Sorastusta on käytetty tämän opinnäytteen kohteen kunnostusmenetelmänä. Sorastuksen avulla tie on pysynyt muutaman vuoden hyvänä, mutta uusi kulutuskerros ei meinaa sitoutua vanhan kanssa vaan ajautuu ajan mittaan pientareille. Sorastus ei auta myöskään kohteen perusongelmiin, mitä siellä esiintyy. Tarvi- taan siis parempia ja järeämpiä kunnostusmenetelmiä, joita käsitellään luvuissa 5, 6 ja 7.

### **Sorateiden kuivatus**

Sorateiden kuivatus hoidetaan paitsi riittävällä tien pinnan sivukaltevuuksilla niin sivuojien, laskuojien ja rumpujen toimivuudella. Sivuojat täyttyvät ja liettyvät ajan mittaan. Laskuojat tukkeutuvat ja vesakkoa kasvaa. Rummut liettyvät ja tukkeu- tuvat. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 47.)

Sivuoja kaivettaessa on tärkeää, ettei ns. uusia ojia aleta kaivamaan vaan ne kaivettaisiin suurin piirtein saman syvyiseksi kuin ne on alun perin vaakittu. Käy- tännössä tämä tarkoittaa sitä, että ojat perataan vain kasvillisuudesta ja kuntasta. Syvemmäksi kaivetut ojat aiheuttavat sen, että rummut jäävät korkeammalle kuin sivuojat ja näin vesi jää makaamaan rummun päihin. Liian syvät ojat aiheuttavat myös reunakaltevuuksien suurenemista ja näin turvallisuuden vähenemistä. Teillä, missä on routimisen vaara tulisi ojankaivuut olla valmiita kesäkuun lop- puun mennessä, jotta ne ehtisivät ruhottua syksyn sateita ajatellen. Ojan- kaivuussa tulee aukaista kaikki rummun päät ja vesi ei saa jäädä makaamaan ojan pohjalle. Tässä yhteydessä täytyy poistaa mahdolliset reunapalteet ja jättää tie oikean levyiseksi. Yli jäävät maat tulee luiskata tai ajaa läjityspaikalle. Niitä ei saa kasata luiskaan. Laskuojia kaivettaessa vesakkoa on useimmiten ehtinyt kasvaa ja ne täytyy ensin raivata. Ojien kaivamiseen käytetään kaivinkonetta, missä on muotokauha tai kallistuva kauha. Laskuojien toimivuus vaikuttaa suo- raan sivuojienkin toimivuuteen. Laskuojia kaivettaessa on kysyttävä maanomis- tajalta lupa työn suorittamiseen. Sivuojien ja laskuojien kaivamiseen on esitetty urakkakohtaiset määrät. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 48.)

Rumpujen hoito käsittää niiden tarkastukset ja puhdistamisen kivistä, lietteestä ja muusta roskasta. Tähän käytetään painepesuria tai jotain mekaanista laitetta kuten esimerkiksi myyrää. Rumpujen inventointi kuuluu alueurakoissa urakkaohjelmaan ja ne tulee käydä läpi ja tarvittaessa puhdistaa. Kaikista heikkokuntoisimmat rummut vaihdetaan kokonaan. Tällaisia ovat yleensä vanhat betonirummut. Ne vaihdetaan yleisesti kokonaan joko muovi tai teräsputkeen koosta riippuen. Rummut tulee asentaa niin, ettei routaheittoja synny ja tätä varten tulee tehdä riittävän pitkät routakiilat rummun molemmin puolin. Rummun vaihtoon käytettävää kalustoa ovat kaivinkone ja kuorma-auto, jos tarvitaan tavarantoimittajan ajoneuvoa varten kohteesta riippuen. Mikäli yksityisteiden liittymärummuissa ilmenee ongelmia, urakoitsija voi huomauttaa siitä liittymän omistajaa. Yksityisliittymät eivät siis kuulu alueurakkaan. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 50.)

### **Sorateiden niitto ja vesakon raivaus**

Sorateilla niitot tulee tehdä kerran kesässä yleensä loppukesällä heinä- tai elokuun aikana. Vesakonraivausta tehdään kolmen vuoden välein. Nämä tulisivat ajoittaa siten, että molemmat pystyisivät tekemään yhdellä kertaa. Vesakon raivaus tulisi ajoittaa siten, että vuosikasvu on täysimittainen. Vesakonraivauksella pyritään pitämään näkemäalueet kunnossa, mikä lisää liikenneturvallisuutta. Joitakin isompia puita tai hankalampia paikkoja joudutaan raivaamaan tai kaatamaan miestyöllä. Sorateiden erityispiirre niitoissa on, että luiskat ovat lyhyitä, jyrkkiä ja kivisiä. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 47.) Yleensä käytetään pyöräkonessa tai traktorissa olevaa niittokonetta, jonka leveys on neljä metriä (Tie- ja vesirakennuslaitos, 220). Tiestö on alueurakoissa jaettu ns. niitto- ja vesakonraivausluokkiin, jotka on urakkasopimusasiakirjoissa määritetty. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 47.)

#### 4.6 Sorateiden runkovaurioiden korjaaminen

Runkovaurioiden korjaaminen ja rakenteen parantaminen ovat kalleimmat ja ras-  
kaimmat soratien kunnostusmenetelmät. Niitä ennen tehdään yleensä vaurioin-  
ventoinnit joko silmämääräisesti tai mittaamalla kantavuuksia ja maatutkauksella.  
Tosin useimmille teille vaurioinventoinnit tehdään silmämääräisesti, missä on ha-  
vaittavissa selkeitä ongelmia erityisesti kantavuuksissa ja kuivatuksessa. Muita  
tierungon vaurioita ovat routavauriot, painumat, sortumat, vesi- ja tulvavauriot  
sekä maakivien nouseminen tien pinnalle. Korjauksia suunniteltaessa tavoitekan-  
tavuudeksi on asetettu 80 MPa. Kunnostukselle sopivin ratkaisu suunnitellaan  
tiekohtaisesti ja tieosakohtaisesti, mikä on taloudellisesti kannattavaa tilaajan  
kanssa. Liikenneturvallisuuksiin vaarantavat runkovauriot korjataan kuitenkin välit-  
tömästi. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 56.)

Kallein menetelmä on massanvaihto, jossa rakennetaan kokonaan uudet raken-  
nekerrokset ja samalla parannetaan kuivatusta. Ennen massanvaihtoa tulee kui-  
tenkin selvittää, pystyttäisiinkö routavaurioitunutta tien kohtaa parantamaan pel-  
kästään kuivatuksen parantamisella. Mikäli tiellä esiintyy jatkuvasti ongelmia,  
routiva maa-aines poistetaan ja vaihdetaan routimattomaan maa-ainekseen. Tä-  
män lisäksi tehdään siirtymäkiilat. Massanvaihto suoritetaan yleensä kaivamalla.  
Erittäin märissä paikoissa ja pehmeikön syvyyden ollessa liian suuri joudutaan  
tekemään massavaihto pengertämällä. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 58.)

Massavaihto töissä tie paalutetaan ja joissakin kohteissa vino paalutetaan, jos  
tarvitaan kallistukset. Paaluihin laitetaan sihtilaput oikeisiin korkoihin ja näistä  
saadaan oikea massanvaihtosyvyys sekä myös oikeat rakennekerrokset. Mä-  
rissä paikoissa voidaan kallistusten lisäksi asentaa tierakenteeseen salaojaput-  
ket, jotka johdetaan pois tierakenteesta. Täyttömateriaalina käytetään yleensä  
louhetta, mutta hiekalla täyttö on erittäin yleistä ja murskeet ajetaan vain pinta-  
kerroksiin. Suodatinkangasta tulisi käyttää aina koko leveydeltä. Tiivistämistä  
tehdään erittäin harvoin. Tien annetaan tiivistyä omasta painosta ja liikenteestä.  
Massanvaihtotöihin käytettäviä resursseja ovat kaivuutöissä kaivinkone tela-  
alustainen, kuorma-autoja materiaalin ajoon ja 1–2 rakennusmiestä mittaus- ja

asennustöihin. Massanvaihtotyömailla tarvitaan myös liikenteenohjausta riippuen pystytäänkö tie katkaisemaan kokonaan vai joudutaanko tekemään kiertotie liikenteelle. Sorateilla massanvaihtotöissä tie pystytään monesti katkaisemaan kokonaan lyhyeksi aikaa, koska korvaavia teitä löytyy ja liikennettä on erittäin vähän. (Liikenneviraston ohjeita 11/2011, 17–21.)

Massanvaihto ei sovellu tässä opinnäytteessä käytetyn kohteen rakenteen parantamismenetelmäksi, koska tämän opinnäytetyön tarkoituksena ei ollut rakentaa tietä uudestaan, mikä olisi ollut rahoituksen tilanteeseen ja tien käyttöön nähden kohtuuttoman kallista. Kohteessa käytettyä menetelmää ja vaihtoehtoisia rakenteen parantamismenetelmiä ja niiden kannattavuutta käsitellään tämän opinnäytteen luvuissa 5, 6, ja 7.

#### 4.7 Liikennejärjestelyt ja turvallisuus

Kunnossapito ja rakenteen parantamistöissä tulee ottaa kaikkien tiellä olevien turvallisuus huomioon. Työt tulevat yleensä jokseenkin yllätyksenä tienkäyttäjälle sorateilla varsinkin, kun liikennettä on yleisesti vähän. Tie on mutkittelevaa ja korkeuseroja on paljon. Tämän takia katvealueita syntyy väistämättä. Soratiet ovat myös yleensä kapeita. Täten ohitustilanteissa voi syntyä vaara tilanteita. Siksi on tärkeää, että noudatetaan olemassa olevia ohjeita ja määräyksiä. Urakoitsija on velvollinen tiedottamaan liikennettä haittaavista töistä ja että työntekijöillä on riittävät pätevyudet ja osaaminen. Hoidon ja ylläpidon alueurakoissa on asiakirjoissa tarkat ohjeet turvallisuuteen ja riskienhallintaan liittyen. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 59.)

Urakoitsijan velvollisuuksiin kuuluu hoitotoimenpiteissä käyttää oikeita nopeusrajoituksia, jotta ohittaminen tapahtuu turvallisesti. Tämä sisältää myös ennakkovaroitusmerkit kuvion 5 mukaisesti. Työkoneet ja laitteet tulee käyttää varoituslaitteita ja niiden täytyy myös pelata. Työntekijöiltä vaaditaan myös oikeita ja riittäviä suojarusteita yhdessä työ oikean ajoittamisen kanssa. Kypärä, suojalasit, varoitusvaatetus ja turvakengät ovat pakollisia. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 59.)



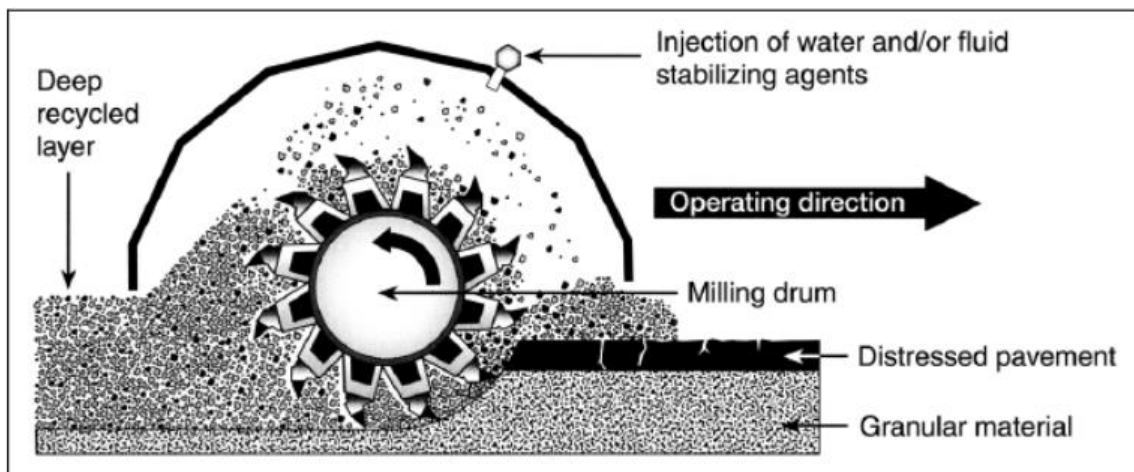
Kuvio 5. Tietyömerkki ja nopeusrajoitus kunnostustyölle

## 5 SEKOITUSJYRSINTÄTYÖ

### Menetelmäkuvaus

Sekoitusjyrsintätyö tarkoittaa paikallaansekoitusmenetelmää, jota käytetään päällysrakenteen materiaalien homogenisointiin ilman sideainetta. Tämä tarkoittaa myös sitä, että ilman sideaineen lisäystä kyseinen menetelmä ei ole stabilointimenetelmä. Sekoitusjyrsityn materiaalin lopputulos riippuu materiaalin rakeisuudesta ja laadusta. Sekoitusjyrsintä on kevyt rakenteen parantamismenetelmä, jota käytetään tien kunnon ja muodon parantamiseen. (Tiehallinto 2007, 14.)

Sekoitusjyrsintä sopii rakenteen parantamismenetelmäksi teille, missä on riittävä kantavuus jo ennestään. Tiellä on vanhaa heikkokuntoista päällystettä tai vanhan päällysteen päälle on ajettu uusi kulutuskerrosmateriaali. Tien poikkigeometria ei ole riittävän hyvä. Tämä tarkoittaa muun muassa aaltomaista epätasaisuutta, tien keskiharjanne on selvästi korkeampi, urautumista, vääriä sivukaltevuuksia ja erilaisia painumia. Tien rakennekerrokset ovat puutteelliset tai liian ohuet tai hienoainesta on liikaa. Tämä tulee esiin erityisesti ns. rakentamattomilla sorateilla. Tien kulutuskerroksen alla on sitomaton kantava tai jakava kerros, joka on ajan saatossa hienontunut liikenteen ja muun kulutuksen takia ja näin sitoo vettä. (Tiehallinto 2007, 50.) Kuviossa 6 on jyrsimen toimintaperiaatteesta bitumilla sidottuun päällysteeseen. Sama periaate on soratien kulutuskerroksen jyrsinnässä.



Kuvio 6. Toimintaperiaate (Attia, Abdelrahman & Alam 2009, 19)



## **Laatuvaatimukset**

Sekoitusjyrsintätöihin tulee käyttää siihen hyväksyttyä jyrsintä, jolla pystyy sekoittamaan materiaalin riittävän pieneksi eli sillä on riittävän hyvät sekoitusominaisuudet. Materiaalin laatuvaatimuksena on, että siitä tulevan materiaalin maksimiraekoko ei saa ylittää 50 mm. Lisäksi materiaalin tulee olla homogeenista ja näin purkautua rummista tasaisesti. Erilaisia lajittumia ei sallita. Jyrsitystä materiaalista tulee tutkia myös rakeisuudet. Jyrsintäsyvyydet mitataan kalibroidulla syvyysmittarilla ja niistä tulee tehdä laaturaporttiin merkinnät. Jyrsittykerros tulee tiivistää jyrällä ja sen tiiveysvaatimus on 95 % koejyräyksellä määritetystä maksimitiiveydestä. Jyrsitty materiaali tulee kastella optimikosteuteen ennen muokkausta ja tasausta. Tienpinnan tulee olla laatuvaatimusten mukainen urakkasopimusten ja määräysten mukaisesti. (Tiehallinto 2007, 50.)

## **Sekoitusjyrsin**

Tähän opinnäytetyöhön on käytetty Caterpillarin RR-250B sekoitusjyrsintä, joka on tarkoitettu bitumistabilointeihin. Kuviossa 7 on esitetty kyseisen jyrsimen tekniset tiedot ja kuviossa 8 on itse sekoitusjyrsin.

Jyrsintä syvyytenä käytetään 150–250 mm yleensä. Syvempiä jyrsimisiä tehdään vain silloin, kun vanha päällyste tai rakennekerrokset ovat paksuja. Tiivistämistyöt hankaloituvat, mitä syvemmältä jyrsitään ja muutenkin jyrsintätöiden nopeus hidastuu. Jyrsintäsyvyyttä vaihdellaan kalibroidulla syvyysmittarilla. Materiaali murskautuu jyrsintärummussa, jossa on pyöreäkärkiset terävät ja pyörivät tappiterät. Tappiterät on esitetty kuviossa 9. Niiden jyrsintäteho perustuu niiden järjestykseen ja niitä tulisi olla vähintään 60 kpl/m rummussa. Muita tehoon vaikuttavia tekijöitä ovat työnopeus, rummun pyörimisnopeus ja itse jyrsimen paino. Paino vaikuttaa lisäksi jyrsintäsyvyyden tasaisena pysymiseen. Takaportin tulee olla oikeassa asennossa materiaalin tasalaatuisena pysymiselle. Jyrsintätehon vakiona säilyttäminen on erittäin tärkeää, jotta isommat kivet ja muut kiinteät kohdat

eivät vaikuttaisi jyrshintään ja näin jyrshintä syvyyttä ei tarvitsisi muuttaa. Sekoitusjyrshinnän keskimääräinen työsaavutus on 1 000 m<sup>2</sup> tunnissa. (Tiehallinto 2007, 13.)

## Reclaimer Mixers/ Stabilizer Mixers

## Specifications Optional Equipment



MODEL	RR-250B		
Flywheel Power	250 kW	335 hp	
Operating Weight	19 264 kg	42,470 lb	
Engine Model	3406C		
Rated Engine RPM	2100		
No. Cylinders	6		
Bore	137 mm	5.4"	
Stroke	165 mm	6.5"	
Displacement	14.6 L	893 in <sup>3</sup>	
Drive Systems: Rotor	3 speed Mechanical		
Ground	4 speed Hydrostatic		
Operating Dimensions: Height	2600 mm	8'6.5"	
Width	2921 mm	9'7"	
Length	8560 mm	28'1"	
Width of Cut	2438 mm	8'0"	
Depth of Cut (Max.)	330 mm	13"	
Rotor Speed	<b>Trans</b>	<b>Drive</b>	<b>Speed</b>
	Low	Low	123 rpm
	Low	High	168 rpm
	High	Low	284 rpm
Minimum Turning Radius:			
Standard	5.5 m	18'0"	
Travel Speed (Max.)	19.3 km/h	12 mph	
Standard Tires: Front	23.5 × 25-16 ply Lug Type E-2		
Rear	15.5 × 25-8 ply Lug Type L-2		
Fuel Capacity	416 L	110 U.S. gal	
Cooling System	61 L	16 U.S. gal	
Crankcase	34 L	9 U.S. gal	

Kuvio 7. Sekoitusjyrshimen tekniset tiedot (Caterpillar 2015, 674)



Kuvio 8. Sekoitusjyrsin CAT RR-250B



Kuvio 9. Tappiterät

## 6 OJA- JA LUISKAMATERIAALIEN HYÖDYNTÄMINEN KULUTUSKERROKSESSA

### **Menetelmäkuvaus**

Oja- ja luiskamateriaaleja voidaan hyödyntää ojankaivuiden yhteydessä kulutuskerroksen rakenteen parantamiseksi. Samalla kavennetaan tien leveyttä. Lisäksi sorastuksiin tarkoitettavaa mursketta voidaan sekoittaa samalla oja- ja luiskamateriaalien kanssa. Työn esitöinä tehdään maakivien poistoa, jonka koko on alle 1 m<sup>3</sup>. Vanha kulutuskerros irrotetaan ja sekoitetaan oja- ja luiskamateriaalien sekä mahdollisen uuden murskeen kanssa. Tämä menetelmä ei sovellu sellaisille teille, missä on pientareilla ja luiskassa runsaasti hienoainesta. Tällöin on vaarana, että tie liettyy ja syntyy pintakelirikkoa. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 49; Hoidon ja ylläpidon tuotekortti 2012, 35.)

### **Laatuvaatimukset**

Kyseistä menetelmää voidaan hyödyntää tilaajan hyväksyttävissä kohteissa sopivalla materiaalin sekoitusmenetelmällä. Oja- ja luiskamateriaaleja tulee hyödyntää suunnitelmallisesti soratien kulutuskerroksen parantamisessa. Määrä riippuu hienoainespitoisuudesta. Työ tulee tehdä sateettomana ajanjaksolla. Reunannostossa nousseet kivet, turpeet ja muut juurakot tulee poistaa. Uusi kerros tulee tiivistää ja tien pinta pitää muokata ja tasata sekä luiskat tulee muotoilla. Rumpujen päät tulee aukaista. Kulutuskerroksen paksuus tulee olla menetelmän jälkeen heti vähintään 50 mm koko tien leveydeltä. Reunapalteita tai ajoneuvoja kolhivia kiviä tai juurakoita ei saa jäädä tielle. Tien leveydestä sovitaan tilaajan kanssa erikseen, mutta tien leveys normaalisti tulee olla 6,0 metriä 0,25 metrin pientareilla. (Hoidon ja ylläpidon tuotekortti 2012, 35.)

## 6.1 Alkuperäinen tilanne

Työn kohteena oli Ajangin paikallistie 19670, joka sijaitsee Pellon Juoksengissa noin 30 kilometriä Pellosta Tornioon päin. Tienkäyttäjinä ovat pääasiassa mökkläiset, maa- ja metsätalouden harjoittajat ja muutama vakituinen asukas. Tielle on ajettu aikoinaan reilun kahden kilometrin matkalle valtatie 21:ltä jyrstetty öljysorakerros, joka on vain levitetty ja jyrätty. Nykyinen sorakerros on ajettu jälkeensä päälle, kun öljysorakerros on alkanut oireilla. Vanha öljysorakerros näkyi siis veden syövyttämässä paikoissa. Tielle on myös tehty aikaisemmin murskesoran lisäyksiä ja tulvavaurioiden korjauksia. Näin suodatinkankaat ovat varsin lähellä tienpintaa.

Ajangintie on päässyt paikoin leviämään ajan saatossa noin 7-metriseksi. Ojat ovat suurimmaksi osaksi tukossa, osa rummuista on liettynyt ja osa laskuojista ei vedä. Tiellä esiintyy myös reunapalletta ja aaltomaista epätasaisuutta varsinkin peltoaukeiden kohdalla. Tie sijaitsee pohjavesialueella ja varrella on myös Puonavaaran vedenottamo. Pölynsidontaan käytettävää suolan määrää on jouduttu rajoittamaan ja näin tie pölyää paikoittain runsaasti. Lisäksi tiellä esiintyy silmämääräisiä kantavuuspuutteita, kuten tienreunanpainumia. Tiellä on myös jonkin verran vesakon raivausta. Ajangintie on ns. rakentamaton soratie, missä pohjamaan päälle on ajettu ohuet kerrokset moreenista. Kulutuskerros on varsin ohut ja kulunut sekä hienontunut ajan saatossa. Lisäksi kulutuskerros on erittäin sidemaaköyhää, joten lajittumisia tulee ja tienpinta ei meinaa pysyä kiinteänä. Kuvioissa 10, 11 ja 12 on esitetty Ajangintien perusongelmista.





Kuvio 10. Kuivatusongelmia



Kuvio 11. Kantavuuspuutteita





Kuvio 12. Ylileveä ja pölyävä tie

### **Työn suunnittelu**

Työ kuuluu Pellon hoidon ja ylläpidon alueurakkaan. Reunannosto ja sekoitusjyrsintätyö tehdään tien alusta noin 4 kilometrin matkalle. Tieosoite paaluvälille 19670/1/297–19670/1/4327. Tällä alueella silmämääräisesti havaitsemalla tien geometria oli kaikesta puutteellisim ja eniten levinnyt. Esitöinä sivuojat kaivettiin ja rikkoutuneet rummut vaihdettiin. Samalla aukaistiin rummun päät ja poistettiin isoimmat työtä haittaavat kivet ja juurakot. Muutama rumpu jouduttiin myös laskeamaan. Vesakon raivaus suoritettiin myös esitöinä. Luiskasta hyödynnettävä materiaali nosteltiin pientareille. Reunannosto tiehöylällä suoritettiin ennen sekoitusjyrsintätyötä. Tierakenteesta otettiin näytteet ennen sekoitusjyrsintää. Tiivistystyöt suunniteltiin alun perin hoidettavaksi jyrsimällä. Tien leveydeksi sovittiin jätettäväksi 5,5 metriä 0,25 metrin pientareilla. Tällöin tielle ei tarvitse jättää ohi-tuksia varten levikkeitä. Jyrsintäsyvyytenä käytettiin alustavasti 0,15 metriä. Kyseisestä rakenteen parantamisesta oli sovittu tilaajan kanssa.

## 6.2 Työn toteutus

Urakka aloitettiin 18.6.2014 sivuojien kaivulla ja rumpujen kunnostuksella. Samalla nostettiin hyödynnettävät luiskamateriaalit pientareille sekä isoimmat kivet ja juurakot poistettiin, mikä on esitetty kuviossa 13. Työstä tehtiin ensiksi ilmoitus liikennevirastoon liikennettä haittaavasta työstä. Tielle asennettiin tietyömerkit ja 50 km/h nopeusrajoitukset. Kaivuutyöhön ja rumpujen vaihtoon käytettiin kahta kaivinkonetta tela-alustaista ja pyöräalustaista. Työhön meni noin viikko.



Kuvio 13. Sivuojien kaivuuta ja hyödynnettävän luiskamateriaalin nostoa tien pientareille

Varsinainen jrsintätyö päästiin aloittamaan vasta 19.8.2014 jrsimen teknisten ongelmien takia. Työstä tehtiin ilmoitus liikennevirastoon ja arvioitiin, että työ on valmis loppuviikkoon mennessä. Reunat nostettiin ensin karhoille tiehöylällä kaista kertaansa noin 300 metrin pätkissä ja sen jälkeen jrsittiin karhot sekoitusjrsimellä. Höylällä ensiksi poljetettiin ja sitten tasattiin sileäksi. Uudesta sekoitusjrsitystäkerroksesta otettiin näytteet rakeisuuden määrittämiseksi varten. Ylisuuria kiviä jouduttiin höyläämällä ja miestyöllä poistamaan. Liikenteelle aiheutui



pientä haittaa tien kapeuden ja tien pinnan pehmeiden takia. Mäkisissä paikoissa jouduttiin nostamaan jyrskintäsyvyyttä 0,10 metriin suurien kivien takia ja lisäksi pohjavesialueella jouduttiin nostamaan jyrskintäsyvyyttä vanhojen tulvavaurioiden korjauksista johtuvan pinnalla olleen suodatinkankaan takia. Tässä käytettiin myös 0,1 metrin syvyyttä. Jyrskintätyötä ja tienpinnan muokkausta on esitetty kuvioissa 14,15 ja 16.



Kuvio 14. Reunannosto on suoritettu ja materiaali jyrskitään takaisin tierakenteeseen. Vanha öljysorapäälyste tuli myös esiin.



Kuvio 15. Sekoitusjyrsintätyö käynnissä ja tiehöylä poljettaa perässä



Kuvio 16. Molemmat kaistat jyrsitty ja tiehöylä viimeistelee tienpintaa

Tien sivukaltevuudet jätettiin loiviksi noin 1 % kallistuksella talvikunnossapitoa ajatellen. Alkupätkä paaluväli 1/297–1/2247 jyrsittiin noin 0,25 metrin syvyydeltä. Eniten pölyäville peltoaukeiden kohdille laitettiin lisäksi hiutalesuolat ja sekoitettiin sekaan parantamaan pölynsidontaa. Tietä jouduttiin uudelleen tasaamaan



heti seuraavana päivänä sadekuurojen ja liikenteen aiheuttamien vesikuoppien takia. Uudelleen tasaus on esitetty kuviossa 17.



Kuvio 17. Uudelleen tasausta

Alkupätkää jyrittäessä sattui rankka sadekuuro ja jyrityttyä tienpinta liettyi varsin pahoin ja syntyi pintakelirikkoa. Työt jouduttiin keskeyttämään siksi aikaa. Liikenteelle aiheutui pientä haittaa. Tien pinta kuitenkin kuivui seuraavaan päivään mennessä. Seuraukset on esitetty kuviossa 18.



Kuvio 18. Sadekuuron jälkeen liettyä tienpintaa

Paaluväliä 1/2247–1/2473 ei pystytty jyrsimään ollenkaan välittömästi ohuen kulutuskerroksen alla olevien ylisuurten kivien takia. Todettiin, että jätetään kyseinen pätkä nykyiselleen, koska tienpinta oli muutoin hyvä. Loppupätkä paaluväli 1/2473–1/4327 jouduttiin jyrsimään 0,10–0,15 metrin syvyydeltä yli suurten kivien ja vanhojen runkokelirikkorjausten takia. Jyrsintätyön jälkeen sisäluiskat silitettiin pyöräalustaisella kaivinkoneella ja tien reunoille ajautuneet ylisuuret kivet nosteltiin samalla pois. Päätettiin, että tietä ei erikseen tiivistetä jyräämällä vaan annetaan liikenteen ja oman painon tiivistää tien. Jälkiseurannalla katsotaan tien mahdollinen lisämuokkaus ja tasaus tarve. Jyrsintätyö saatiin valmiiksi 25.8.2014. Kunnostustyöhön meni yhteensä 5 työpäivää. Tie höylättiin vielä kertaalleen koko matkalta seuraavana päivänä. Kuviossa 19 on esitetty valmista tienpintaa.



Kuvio 19. Valmista tienpintaa ja luiskat silitetty

### 6.3 Jälkiseuranta

Jälkiseuranta suoritettiin normaalien kesätiestötarkastuksien yhteydessä heti sekoitusjyrsintätyön jälkeen. Kesätiestötarkastuksien normaali kiertoväli on, että tie ajetaan läpi kerran kahdessa viikossa ELY-keskuksen asettamien vaatimusten mukaisesti. Talvihoidossa vastaava on kerran viikossa. Tiestötarkastuksilla käytetään GPS-paikannusjärjestelmiä. Jälkiseurannan tarkoituksena oli tarkkailla tienpinnan käyttäytymistä silmämääräisesti eri sääolojen jäljiltä ja näin saatiin selville lisämuokkaus ja tasaustarpeet sekä kunnostustyön onnistuminen. Jälkiseuranta suoritettiin noin kuukauden ajan.

Pari päivää kunnostustyön jälkeen tienpinta oli pysynyt hyvänä lukuun ottamatta pientä urautumista ajourissa. Tie oli tasainen ja suhteellisen kiinteä lukuun ottamatta muutamia isompia kiviä, joita on noussut höyläyksien jäljiltä. Reunat näyttävät paikoin pehmeiltä. Tähän ajanjaksoon ei sattunut sateita ollenkaan. Kuntoarvot ovat tasaisuus 4, kiinteys 3 ja pölyävyys 5. Kuviossa 20 on esitetty sen hetken tilanne.



Kuvio 20. Liikenne on kiinteyttänyt tienpintaa



Noin kaksi viikkoa kunnostustyöstä tienpinta on pysynyt kiinteänä ja parantunut muutaman päivän sateettomuuden jälkeen. Muutamia irtokiviä ja pientä vesikuoppaa on havaittavissa varsinkin loppupäässä, missä alla oleva materiaali oli karkeampaa. Tie alkoi myös pölytä jonkin verran paikoitellen, missä oli kuivumista tapahtunut enemmän. Kuntoarvot ovat tasaisuus 4, kiinteys 4 ja pölyävyys 4. Kuviossa 21 on esitetty sen hetken tilanne.



Kuvio 21. Pientä vesikuoppaa havaittavissa

Viimeisen jälkiseurantakäynnin suoritin noin kuukausi sekoitusjyrsintätyön jälkeen. Tienpinnankunto on pysynyt alkupätkällä erittäin hyvänä. Loppupätkälle oli sattunut pahempi lumisadekuuro, niin tielle oli tullut erittäin paljon vesikuoppaa ja ei ollut mukava ajaa enää. Tienpinta oli siis liettynyt ja aivan veden kyllästämä tällä pätkällä. Kuntoarvot ovat alkupätkälle tasaisuus 5, kiinteys 4 ja pölyävyys 5 ja loppupätkälle tasaisuus 2, kiinteys 2 ja pölyävyys 5. Kuvioissa 22 ja 23 on esitetty sen hetken tilanne. Tietä ei tarvinnut tasata eikä suolata ennen talven tuloa. Kevätmuokkaus tehdään ensi keväänä ja silloin selviää myös mahdollinen sorastustarve, kuinka tie kestää kelirikkokauden.



Kuvio 22. Tienpinta erittäin hyvä alkupätkällä



Kuvio 23. Kelirikkoa havaittavissa loppupätkällä

#### 6.4 Kustannukset

Taulukossa 1 on eritelty tämän projektin työkustannukset ALV 0 % ja ALV 24 % sekä käytetyt resurssit. Projektissa ei ole otettu huomioon työnjohdonkustannuksia, koska projekti kuuluu Pellon alueurakantöihin. Sekoitusjyrsimen tuntihinta oli 95 euroa ja sen käyttötunnit olivat 50 tuntia. Kaivuutyöt, höyläykset ja viimeistelyt tehtiin aliurakalla urakkahinnalla. Materiaalikustannuksia ei ole, kun on hyödynnetty olemassa olevaa materiaalia.

Taulukko 1. Projektin kustannukset

<b>Projekti:</b> Ajangintie pt. 19670 rakenteen parantaminen plv. 1/297–1/4327			
<b>Päivämäärä:</b> 24.2.2015			
<b>KULULAJI</b>	<b>ALV 0 %</b>	<b>ALV 24 %</b>	<b>RESURSSIT</b>
Ojankaivuut, suolaus, höyläykset ja luiskien viimeistely	8 899,79 €	11 035,74 €	KKA-p 18t, KKA-t 18t, TH, KA 3-aks.
Sekoitusjyrsintä	4 750,00 €	5 890,00 €	CAT RR-250B
Sekoitusjyrsimen rahti	650,00 €	806,00 €	KA 3-aks; lavetti
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>14 299,79 €</b>	<b>17 731,74 €</b>	
<b>KULUT YHTEENSÄ (ALV 0 %): 14 299,79 €</b>			
<b>KULUT YHTEENSÄ (ALV 24 %): 17 731,74 €</b>			



## 7 VAIHTOEHTOMENETELMÄT

### 7.1 Murskesoran lisääminen

#### **Menetelmäkuvaus**

Yleisin sorateiden rakenteen parantamismenetelmä on, että suodatinkankaan tyyppiä N3 päälle ajetaan uusi 30 cm murskekerros. Tätä menetelmää käytetään perinteisesti runkokelirikkokohteissa parantamaan soratien kantavuutta. Tuotteen kuuluu samalla kuivatuksen parantamista, tierakenteesta nousseiden maa-kivien poistoa, rumpujen toimivuus tulee tarkastaa ja varmistaa tarvittaessa uusia rumpuja, nykyisen tienpinnan tasaus, suodatinkankaan asentaminen, uuden kantavan- ja kulutuskerroksen rakentaminen. Uusi kerros tulee myös suolata. Kerrokset rakennetaan urakoitsijan hankkimilla ja tilaajan hyväksymillä materiaaleilla. (Hoidon ja ylläpidon tuotekortti 2012, 42.)

#### **Laatuvaatimukset**

Runkokelirikkokohteet tulee korjata suunnitelmallisesti kuntoon ja ne on esitetty tarkemmin urakkaohjelmien työkohteluetteloissa määrineen. Tien leveys jätetään yleisesti 6 metriin. Kuivatuksen tulee pelata. Päätierumpuja vaihdettaessa rumpukoko tulee olla 600 mm ja liittymärummuissa 300 mm. Uusittuihin päätierumpuihin rakennetaan siirtymäkiilat. Lasku- ja sivuojien toimivuus tulee varmistaa. Yli suuret kivet poistetaan. Suodatinkangas tulee olla mallia N3. Kantavassa kerroksessa tulee käyttää kallio- tai soramursketta 0–32 yleisesti. Kerrosvahvuus on 20 cm. Kulutuskerroksessa käytetään 0–16. Kerrosvahvuus on 10 cm. Materiaalien tulee olla CE-merkittyjä. Kerroksien sivukaltevuuden tulee olla 5 %. Yksitysteiden kulkukelpoisuus tulee varmistaa läpi koko kunnostuksen. Kunnostuskohteiden päihin ei asenneta lainkaan suodatinkangasta. Kulutuskerros tasataan ja tiivistetään lopuksi nykyisen tienpinnan tasoon. Uusi kerros suolataan lisäksi. Työkohteet tulee lopuksi viimeistellä luiskineen ja liittymineen. Saavutettu laatu tulee dokumentoida tilaajalle. (Hoidon ja ylläpidon tuotekortti 2012, 42.)

Kyseistä menetelmää voisi hyödyntää tämän opinnäytteen kunnostusmenetelmänä. Taulukossa 2 on esitetty kyseisen menetelmän laskennalliset kustannukset Ajangin soratielle ALV 0 % ja ALV 24 % sekä yksikköhinnat ALV 0 %. Hintoihin olen kysynyt alueella toimivilta urakoitsijoilta tarjoukset. Kuutioina 0–16 mm mursketta tarvitaan 2 418 m<sup>3</sup>rtr ja 0–32 mm mursketta 4 836 m<sup>3</sup>rtr. Kertomalla kuutiot muunnoskertoimilla saadaan niiden irtotilavuuspaino selville tonneina. Muunnoskertoimina soramurskeelle olen käyttänyt 0–16 mm:lle 1,54 ja 0–32 mm:lle 1,65. Soramurskemäärät ovat siis 0–16 mm:lle 3 724 tonnia ja 0–32 mm:lle 7 979 tonnia. Kuljetusvälimatkana on käytetty 20 km. Suodatinkangasta N3 6x120 tarvitaan 34 rullaa. Suolaustarve KKVL alle 100 teillä on 0,9 t/km hiu-  
talesuolaa (CaCl<sub>2</sub>). Ojankaivuumäärä on 4,03 tkm.

Taulukko 2. Runkokelirikkokorjauksen laskennalliset kustannukset

KULULAJI	ALV 0 %	ALV 24 %	YKSIKKÖHINNAT
Soramurske 0–16 mm le- vitettynä	32 771,2 €	40 636,29 €	Soramurske 0–16 mm: 8,80 €/t
Soramurske 0–32 mm le- vitettynä	67 821,5 €	84 098,66 €	Soramurske 0–32 mm: 8,50 €/t
Suodatinkangas levitet- tynä+rahti	19 411 €	24 069,64 €	Suodatinkangas N3 6x120: 569 €/rulla
Suolaus	1 088,1 €	1 349,24 €	Levitettynä: 300 €/t
Tasaus ja viimeistely	1 320 €	1 636,8 €	TH: 100 €/h KKH-p 18t: 65 €/h
Paalutukset	280 €	347,2 €	RM: 35 €/h
Ojankaivuu	4 030 €	4 997,2 €	KKH-t 25t: 0,5 €/m
YHTEENSÄ	126 721,8 €	157 135,03 €	
<b>KULUT YHTEENSÄ (ALV 0 %): 126 721,8 €</b>			
<b>KULUT YHTEENSÄ (ALV 24 %): 157 135,03 €</b>			

## Sorastus

Sorastusta voitaisiin myös käyttää kohteen kunnostusmenetelmänä, mutta sen hyödyt jäisivät varsin lyhyt aikaisiksi. Taulukossa 3 on esitetty sorastuksen laskennalliset kustannukset. Sorastusmääränä on käytetty 250 t/km eli yhteensä 1 007,5 tonnia tähän kohteeseen.

Taulukko 3. Sorastuksen laskennalliset kustannukset

<b>KULULAJI</b>	<b>ALV 0 %</b>	<b>ALV 24 %</b>	<b>YKSIKKÖHINNAT</b>
Soramurske 0–16 mm le- vitettynä	8 866 €	10 993,84 €	Soramurske 0–16 mm: 8,80 €/t
Suolaus	1 088,1 €	1 349,24 €	Levitettynä: 300 €/t
Tasaus ja muokkaus	400 €	496 €	TH: 100 €/h
Ojankaivuu	4 030 €	4 997,3 €	KKH-t 25t: 0,5 €/m
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>14 384,1 €</b>	<b>17 836,38 €</b>	
<b>KULUT YHTEENSÄ (ALV 0 %): 14 384,1 €</b>			
<b>KULUT YHTEENSÄ (ALV 24 %): 17 836,38 €</b>			

## 7.2 Vedettävän kivipoimurin käyttö

### Menetelmäkuvaus

Traktorin perässä vedettävän kivipoimurin käyttö on Suomessa vielä vähäistä. Kyseistä menetelmää käytetään Ruotsissa varsin paljon sorateiden kunnostusmenetelmänä. Kivipoimurin alkuperäinen käyttötarkoitus on maanviljelyssä peltojen kunnostustöissä. Sorateiden rakenteen parantamisessa sitä voidaan hyödyntää tiehöylällä suoritetun reunannoston jälkeen. Kivipoimurilla kerätään nostetuilta karhoilta ylisuuret kivet sekä muut juurakot pois ja viedään ne läjitettäväksi. Menetelmässä hyödynnetään pientareille ja luiskiin ajautuneet materiaalit ja samalla tiestä saadaan oikean levyinen. Tarvittaessa voidaan samalla lisätä uusiokiviainesta. Seulottu materiaali sekoitetaan lopuksi tiehöylällä nykyisen tienpinnan kanssa ja samalla tehdään myös pölynsidonta tielle. Kyseisestä menetelmästä ei ole olemassa tarkempia tutkimuksia tai laatuvaatimuksia Suomessa. (Huuskonen 2009, 44.)

Kyseistä menetelmää voitaisiin käyttää Ajangin soratien rakenteen parantamismenetelmänä. Taulukossa 4 on esitetty traktorilla vedettävän kivipoimurin laskennalliset kustannukset.

Taulukko 4. Vedettävän kivipoimurin laskennalliset kustannukset

KULULAJI	ALV 0 %	ALV 24 %	YKSIKKÖHINNAT
Reunannosto, tasaus ja viimeistely	1 650 €	2 046 €	TH: 100 €/h KKH-p 18t: 65 €/h
Kivien ja juurakoiden keräys	750 €	930 €	Tr+vedettävä kivipoimuri: 75 €/h
Suolaus	1 088,1 €	1 349,24 €	Levitettynä: 300 €/t
Ojankaivuu	4 030 €	4 997,2 €	KKH-t 25t: 0,5 €/m
YHTEENSÄ	7 518,1 €	9 322,44 €	
<b>KULUT YHTEENSÄ (ALV 0 %): 7 518,1 €</b>			
<b>KULUT YHTEENSÄ (ALV 24 %): 9 322,44 €</b>			

## 8 TUTKIMUSTULOKSET

### 8.1 Silmämääräiset havainnot

Reunannoston jälkeen suoritetun sekoitusjyrsintätyön tuloksena uuden rakennekerroksen paksuus oli noin 10 cm. Jyrsintäsyvyytenä käytettiin tällä kohtaa 25 cm. Tienpinta nousi siis varsin paljon alkupätkällä. Sekoitusjyrsittymateriaali oli myös erittäin tasakoosteista. Erilaisia lajittumia ei esiintynyt lainkaan. Hienoaineksen määrä lisääntyi myös merkittävästi alkuperäiseen tiehen verrattuna. Alkupätkä oli paljon helpompi ja pystyttiin jyrsimään syvemmältä, kun rakennekerrokset olivat paremmat laadultaan ja paksuudeltaan. Kuvioissa 24 ja 25 on esitetty uutta sekoitusjyrsittyä materiaalia alkupätkällä.



Kuvio 24. Uutta kulutuskerrosta





Kuvio 25. Tasakoosteista uutta materiaalia

Erityisesti loppupätkällä ja mäkisissä paikoissa jyrinäsyvyys jouduttiin nostamaan 10 cm, koska jyrinä ei yksinkertaisesti riko karkeampaa materiaalia. Näissä paikoissa jouduttiin kiviä höyläämään takaisin pientareille, että tienpinnasta saatiin hyvä. Jyrinänopeus hidastui myös merkittävästi ja materiaali ei ollut läheskään niin hyvää. Uuden kerroksen paksuus jäi myös olemattomaksi. Kuviossa 26 on esitetty tämän paikan tilanne.



Kuvio 26. Ylisuuria kiviä ja lajittumia

## 8.2 Pesu- ja kuivaseulonta

### **Menetelmäkuvaus**

Mikäli maa-aines sisältää runsaasti hienoainesta, kuivaseulonta ei pysty antamaan oikeita tuloksia. Moreeneja tutkittaessa tarvitaan yleensä tällainen menetely. Tällöin tarvitaan pesuseulonta kuivaseulonnan lisäksi. Hienoainekset tarttuvat tiukasti toisiinsa ja tällöin eivät mene seulasta läpi. Pesuseulonnan periaatteena on pestä 0,074 mm hienommat rakeet pois. Tämän jälkeen tehdään kuivaseulonta karkeammalle loppuaineelle. Rakeisuuskäyriä laskettaessa huomioidaan myös poispesty aine. (Jääskeläinen 2009, 29.)

Kokeeseen tarvittavia välineitä ovat seulasarja, kansi, pohja, tärytin, uuni, vaaka, punnitusastiat, pesuseula korkeareunainen, vettä ja ämpäri. Näytemääränä käytetään yleensä kiloa. Käytännössä työ aloitetaan näytteen kuivaamisella 105 asteissa uunissa. Näytettä tulee kuivattaa vähintään 4–5 tuntia, mutta yön yli kuivatus on suositeltavaa. Näytteen annetaan seisoa vedessä, missä mahdolliset kokkareet hajoavat. Tämän jälkeen kipossa olevaa lietettä sekoitetaan ja kaadetaan 0,074 mm seulalle. Lietettä huudellaan seulalla niin kauan, että seulan läpäisevä vesi on kirkasta. Pesuseulottu materiaali kaadetaan takaisin kippoon ja kuivataan jälleen uunissa, jonka jälkeen suoritetaan kuivaseulonta seulasarjalla. Seulasarja sisältää seulat 0,074, 0,125, 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8 ja 16 mm. Näyte punnitaan ja kaadetaan seulasarjaan ennen kuivaseulontaa. Kuivaseulontaa suoritetaan 10 minuuttia. Tärytyksen jälkeen seuloille jääneet ainekset punnitaan ja niistä lasketaan läpäisyprosentit. Kuivaseulonnan tuloksena saadaan rakeisuuskäyrän yläpää. (Suomen geoteknillinen yhdistys ry 1985, 11–13.) Kuviossa 27 on esitetty kuivaseulonta.



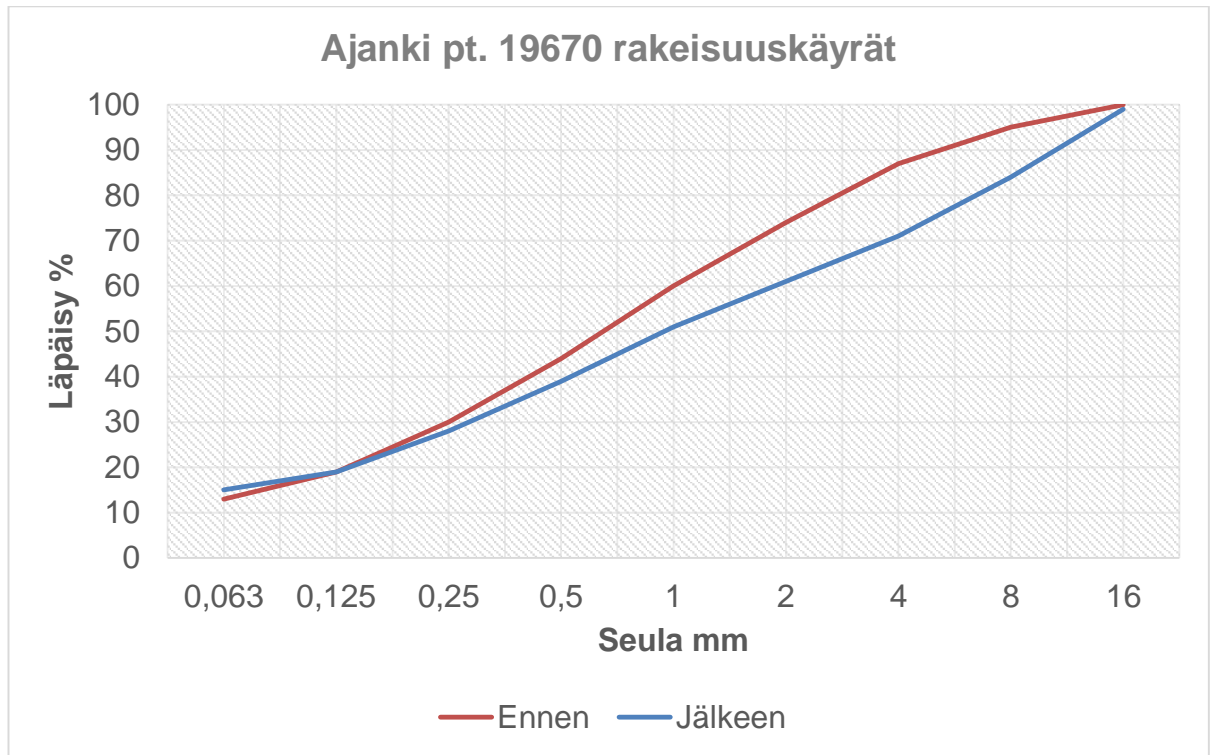


Kuvio 27. Kuivaseulonta käynnissä

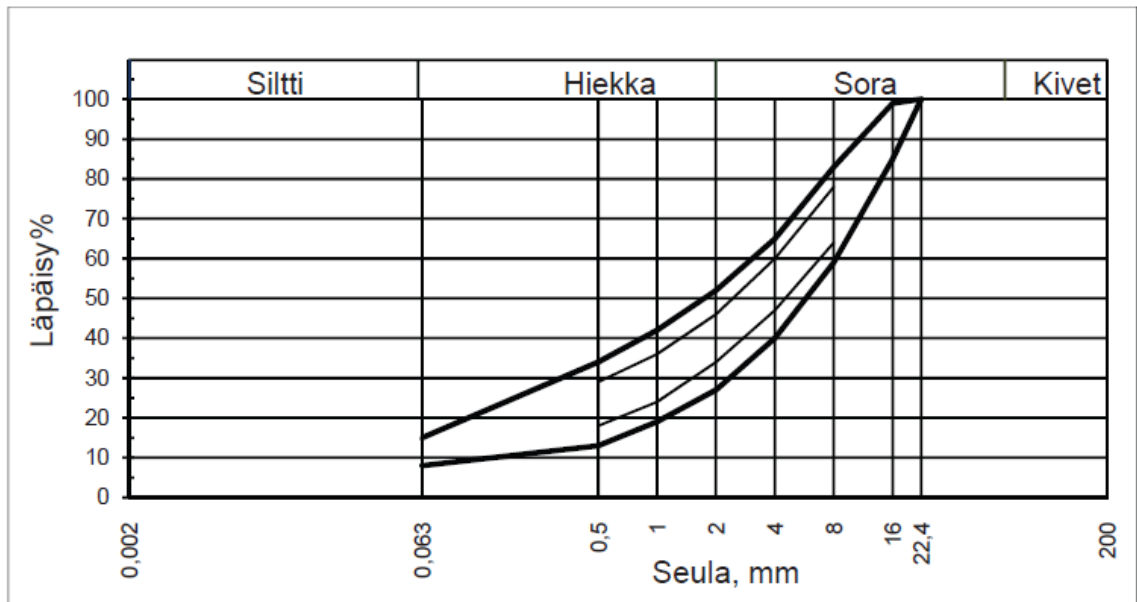
### **Tulokset**

Pesu- ja kuivaseulonnan tuloksena saatiin taulukon 5 mukaiset rakeisuuskäyrät opinnäytetyön kohteeseen. Seulonnat suoritettiin ennen ja jälkeen kunnostustyötä otetuista näytteistä. Seulonnoissa on käytetty kilon näytemääriä. Tarkemmat pöytäkirjat löytyvät liitteistä 1 ja 2. Soratien kulutuskerroksen ohjeelliset rakeisuuskäyrät on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 5. Pesu- ja kuivaseulontojen rakeisuuskäyrät



Taulukko 6. Soratien kulutuskerroksen ohjeellisten rakeisuuskäyrien ylä- ja alarajat. Sisemmät käyrät ovat suositellumpia. (Liikenneviraston ohjeita 1/2014, 26)



### 8.3 Areometrikoe

#### Menetelmäkuvaus

Maa-aineksen käyttäytyminen muuttuu myös alueella, mitä kuivaseulonta ei pysty selvittämään. Näitä ovat muun muassa routivuus, vedenläpäisevyys ja leikkauslujuuden muodostumistapa. Tällöin joudutaan tekemään areometrikokeita. Ihmissilmän havainnointikyky erottaa rakeita loppuu noin 0,06 mm tienoilla. Areometrikokeen pohjalla on Stokesin laki, jonka mukaan tietyn tiheyden omaavan pallon vajoamisnopeus nesteessä johtuu pallon halkaisijan toisesta potenssista, palloaineen tiheydestä, nesteen tiheydestä ja viskositeetista. Tiheyteen ja viskositeettiin vaikuttaa erityisesti veden lämpötila. Areometrikoe vaatiikin aina veden lämpötilan mittaamisen, jotta tuloksista tulee oikeita. Areometrikoe perustuu seuraavaan kaavaan: (Jääskeläinen 2009, 30.)

$$v = g * \frac{(p_s - p_w)}{18 * \mu} * d^2$$

missä

v on pallon nopeus (m/s)

g on 9,82 m/s<sup>2</sup>

p<sub>s</sub> on kivirakeiden tiheys, 2650 kg/m<sup>3</sup>

p<sub>w</sub> on veden tiheys (1000 kg/m<sup>3</sup>)

d on pallon halkaisija (m)

μ on veden viskositeetti (Ns/m<sup>2</sup>)

Kokeen avulla määritetään siis 0,074 mm pienempien rakeiden rakeisuuskäyrä. 0,001 mm pienempien rakeiden määrittämiseen se ei kuitenkaan sovellu. Näyttemäärinä käytetään moreenia 100 g ja savi sekä silttipitoisille maa-aineksille riittää 50 g. Karkeimmille maalajeille tehdään 2 mm seulalla kuivaseulonta ensin ja tätä pienemmille rakeille tehdään areometrikoe. Kokeeseen tarvittavia välineitä ovat areometrisukkula, mittalasi 1 000 ml, vaaka, uuni, lämpömittari, sekuntikello, sekoitin, vettä, liuotinta (natriumpyrofosfaattia) ja laskentanomogrammit. (Jääskeläinen 2009, 30.)

Käytännössä koe aloitetaan kuivaamalla näyte 105 asteisessa uunissa yön yli. Suoritetaan karkeammille aineille kuivaseulonta 2 mm seulalla. Hienompaa ainetta alle 2 mm otetaan 100 g ja tälle ainemäärälle suoritetaan areometrikoe. Näytettä liuotetaan mittalasisissa natriumpyrofosfaatin avulla ensin yön yli. Seuraavana päivänä vettä lisätään 1 000 ml viivaan saakka. Sekoitetaan mekaanisesti sekoittimella kuten esimerkiksi akkuporakoneeseen tarkoitettulla sauvasekoittimella. Sekoituksen kesto on noin 15–30 minuuttia. Välittömästi sekoituksen jälkeen laitetaan sekuntikello käyntiin ja otetaan areometrilukemat 1 min, 6 min, 1 h, 5 h, 1 vrk ja 4 vrk kohdilla ylös. Tämän lisäksi samalla mitataan veden lämpötila, johon areometri on kalibroitu. Saaduista lukemista saadaan areometrikokeen tulkintanomogrammista ja areometrikokeen läpäisyprosenttitaulukosta piirrettyä rakeisuuskäyrän alapää. (Suomen geoteknillinen yhdistys ry 1985, 14–17) Kuviossa 28 on esitetty areometrikoe.

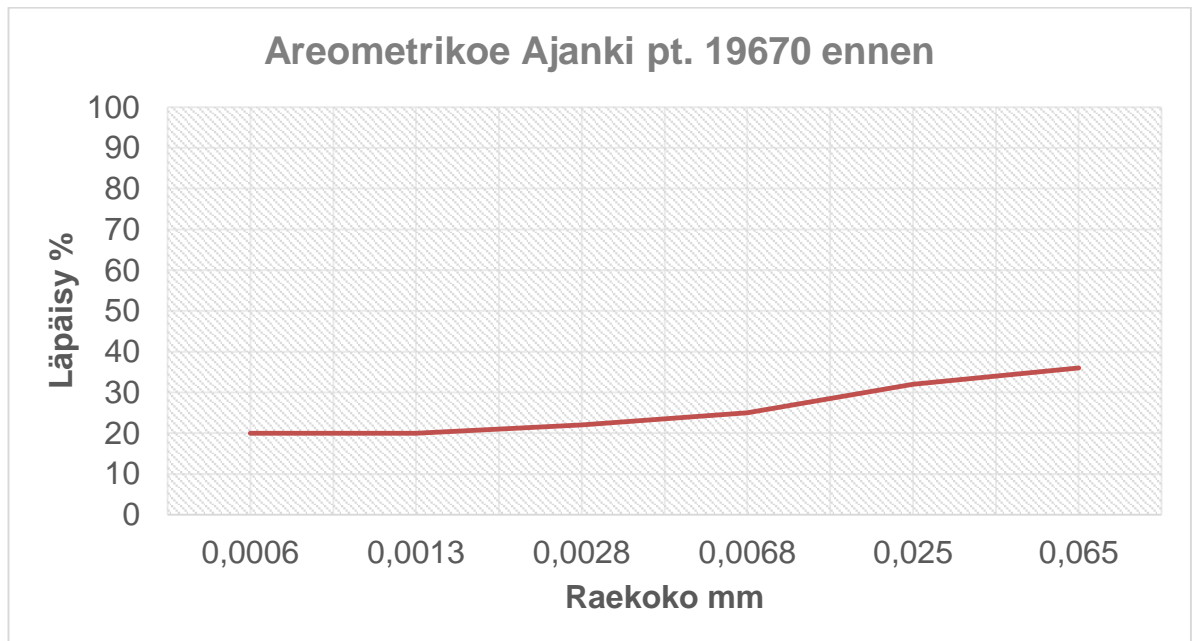


Kuvio 28. Areometrikoe käynnissä

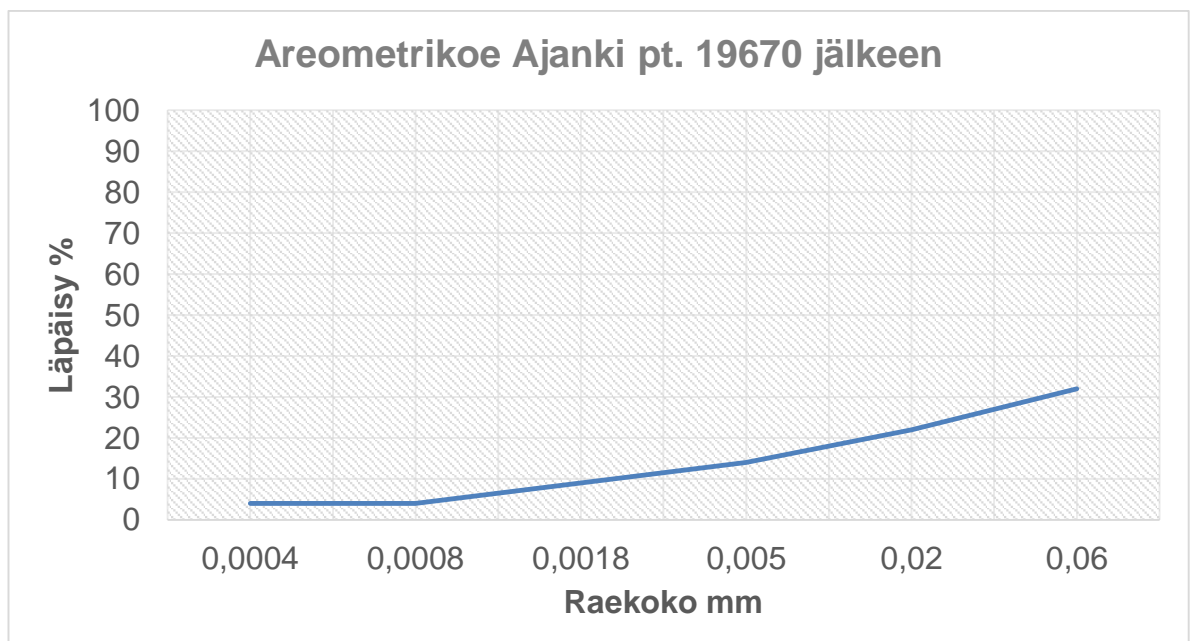
## Tulokset

Areometrikokeiden ja nomogrammien tulkitsemisien jälkeen saatiin taulukkojen 7 ja 8 mukaiset raekoot ja läpäisyprosentit. Näytemääränä on molemmissa käytetty 100 grammaa. Tarkemmat tiedot löytyvät pöytäkirjoista liitteistä 3 ja 4.

Taulukko 7. Areometrikokeen rakeisuuskäyrä



Taulukko 8. Areometrikokeen rakeisuuskäyrä

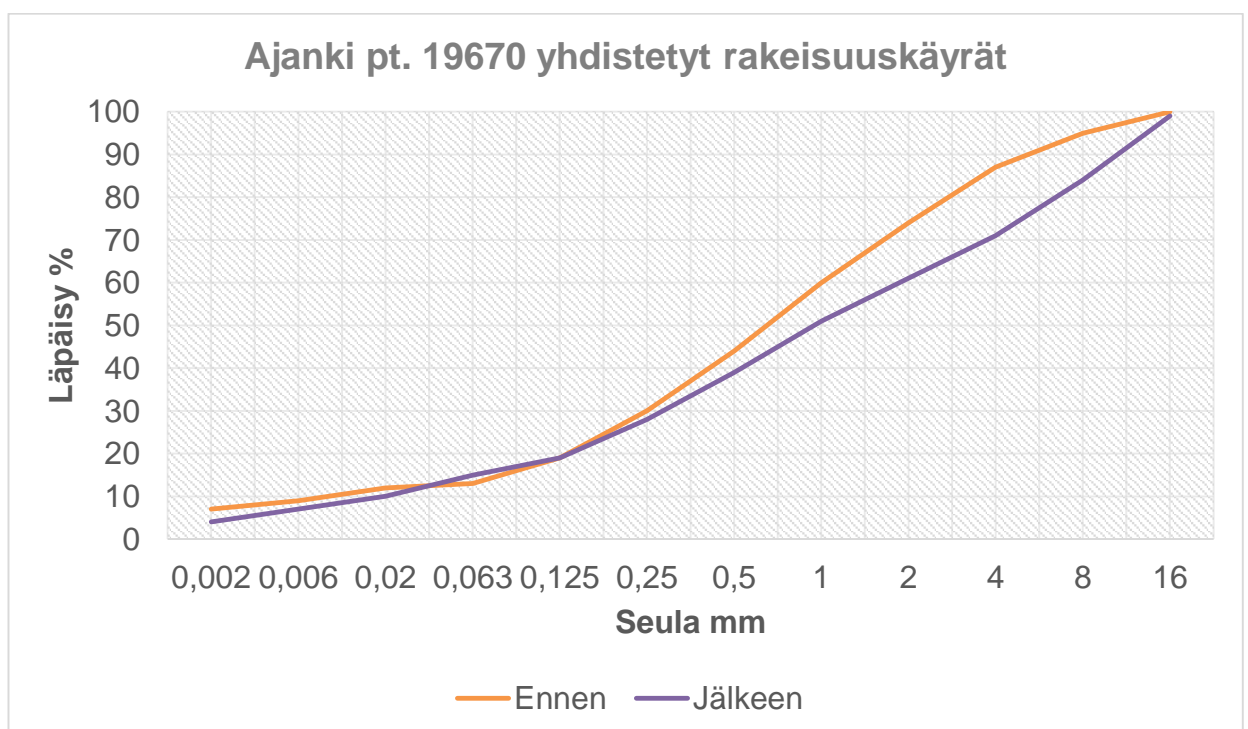


## Seulonnan ja areometrikokeen tuloksien yhdistäminen

Yleensä samasta maa-aineksesta tehdään sekä seulonta että areometrikoe. Tällöin tulokset tulee saada yhdistettyä yhdeksi oikeaksi rakeisuuskäyräksi, mikä antaa kattavan kuvan maa-aineksen ominaisuuksista. Moreeneille tämä on yleistä. Karkeammasta osasta tehdään pesuseulonta ja saadaan rakeisuuskäyrän yläpää. Alle 2 mm raakoosta tehdään areometrikoe, jonka rakeisuuskäyrä alkaa myös 100 prosentista. Seulonnasta ja areometrikokeesta saatavat käyrät ovat siis erilaisia. Käyriä yhdistettäessä pesuseulonnan tuloksia pidetään perustana 0,074 mm asti. Pesuseulonta antaa siis oikean tältä raekokoa pienemmän prosenttimäärän. Areometrikokeen läpäisyprosentti 0,074 mm kohdalla on kerrottava luvulla, joka muuttaa sen pesuseulonnan prosentteja vastaavaksi. Saadulla luvulla tulee kertoa kaikki areometrikokeesta saadut prosenttiluvut, jotta saadaan lopullinen oikea rakeisuuskäyrä. (Jääskeläinen 2009, 34.)

Seulonnoille ja areometrikokeille suoritettiin yhdistäminen. Kertoimeksi ennen näytteelle tuli 0,36 ja jälkeen näytteelle 0,47. Näistä saatiin kokonaiset rakeisuuskäyrät, jotka on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Yhdistetyt rakeisuuskäyrät



## 9 YHTEENVETO

### 9.1 Johtopäätökset

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin sekoitusjyrsintätyön soveltumista sorateiden erityisesti kulutuskerroksen rakenteen parantamismenetelmäksi tarkkaillen työn laatua ja erityisesti kustannuksia. Työ suoritettiin Pellon kunnan alueella sijaitsevan Ajangin paikallistiellä numero 19670. Työn tulokseksi saatiin kohteen kustannukset ja menetelmän soveltuminen kyseiselle tielle. Lisäksi kohteesta otettiin maanäytteet ennen ja jälkeen sekoitusjyrsintätyön sekä laskettiin kohteeseen sopivien vaihtoehtomenetelmien mahdolliset kustannukset. Tutkimuksen tarkoituksena oli myös saada selville, saadaanko riittävällä sidemaalla minimoitua pölyn sidonnan suolan käyttö.

Sekoitusjyrsintätyö sopii vähäliikenteisille sorateille ja kevytpäällysteteille, missä liikennemäärät ovat vähäisiä KVL alle 100 ajon/vrk ja raskasliikenne on vähäistä. Alkuperäiset rakennekerrokset ovat riittävät ja materiaali jakavan kerroksen pinnassa on maksimissaan 32 mm. Mitä paksumpi kulutuskerros on, sitä homogeenisempi on uusi jyrsitty pinta. Menetelmä sopii erityisen hyvin niille teille, missä vanhan öljysorakerroksen päälle on ajettu uusi sorakulutuskerros. Tällä pätkällä saatiin uudesta pinnasta kaikkein parhain.

Reunannostolla saatiin selvästi silmämääräisesti lisättyä sidemaan määrää, kun se jyrsitään takaisin tierakenteeseen. Reunannostossa tulee kuitenkin varoa yli suurten kivien nousua ja useimmiten niitä täytyy poistaa joko höyläämällä tai miestyöllä. Reunannostolla saadaan tie myös oikean levyiseksi ja tiegeometriaa parannettua kaltevuuksineen. Mitä enemmän ja parempilaatuista oli hyödynnettävä oja- ja luiskamateriaali, sitä paksumpi ja parempi tuli itse jyrsitystä kulutuskerroksesta.

Uusi sekoitusjyrsitty materiaali on homogeenista, kun jyrsittävä materiaali ei sisällä yli 32 mm raekoon kiviä. Jyrsin ei yksinkertaisesti saa sekoitettua tai riko



tätä karkeampaa kiviainesta. Karkeampi kiviaines aiheutti vaikeuksia tienmuokaus ja tasaus vaiheessa, eikä tienpinnasta saatu läheskään niin hyvää. Lisäksi tie urautui ja vesikuoppia syntyi helpommin, kun uusi karkea materiaali ei sitoutunut niin hyvin.

Jyrsintäsyvyyttä jouduttiin vaihtelevaan kohteessa olosuhteiden vaihtuessa. Jyrsintäsyvyys vaikutti merkittävästi myös työnopeuteen. Syvemmältä jyrsiminen vei huomattavasti enemmän aikaa, jotta uusi materiaali ehti riittävästi sekoittua. Lisäksi piti varoa tappiterien rikkoutumista kiviin ja muihin kiinteisiin kappaleihin. Paras tulos saatiin alkupätkällä, missä öljysora saatiin sekoitettua kulutuskerroksen kanssa. Syvyytenä pystyttiin käyttämään tällöin 25 cm. Muutoin 10–15 cm oli riittävä jyrsintäsyvyys, jolla saadaan riittävän hyvä tienpinta ja työnopeus on optimaalinen.

Uuden kulutuskerroksen paksuus kasvoi lopulta keskimäärin noin 10 cm:iin. Pesu- ja kuivaseulonnan sekä areometrikokeiden perusteella karkeampien rakeiden määrä kasvoi huomattavasti alkuperäiseen verrattuna. Lisäksi hienoaineksen määrä kasvoi reunannoston ja sekoitusjyrsinnän avulla 3 %. Sekoitussyrsitty materiaali mukaillee ohjeellisen kulutuskerrosmateriaalin rakeisuuskäyrän ylärajoja. Uusi materiaali eroaa siis merkittävästi vanhasta parempaan suuntaan.

Jälkiseurannalla saatiin selville kunnostustyön onnistuminen. Kohteessa jouduttiin kertaalleen suorittamaan pinnan tasausta ennen talven tuloa. Tien pinta pysyi muuten erittäin hyvänä lukuun ottamatta alkutalven räntäkuuroja, joka sai pientä kelirikkoa aikaiseksi loppupätkälle. Pölynsidontaa ei tarvittu suorittaa ollenkaan koko loppusyksynä. Pölynsidonnan minimoimisessa siis onnistuttiin. Mahdollinen lisämursketarve joillekin pätkille selvitetään vaurioinventoinnissa ensi kesänä kelirikkokauden aikana.

Kustannuksiltaan tehty sekoitusjyrsintätyö on hyvä ja edullinen vaihtoehto perinteisten rakenteen parantamismenetelmien rinnalla. Sekoitussyrsintätyö maksaa suurin piirtein saman verran kuin sorastus, jonka vaikutukset ovat kokemusperäi-

sesti olleet varsin lyhytaikaisia. Runkokelirikkokorjaus tulisi kaikkein kalleimmaksi, missä käytännössä tie rakennetaan melkein uudestaan. Tämä olisi tien käyttöön nähden kohtuuttoman kallista. Traktorilla vedettävän kivipoimurin käyttö olisi kaikkein edullisin vaihtoehto, mikä voisi olla potentiaalisin vaihtoehtomenetelmä sekoitusjyrsintätyölle. Se olisi lisäksi puolet halvempi ja paljon nopeampi menetelmä, mitä suoritettu jyrsintä. Vedettävän kivipoimurin käyttö tarvitsisi jatkotutkimuksia materiaalin laadun suhteen.

Ohessa on suoritettujen sekoitusjyrsintätyön hyvät ja huonot puolet:

- + Uusi materiaali tasakoosteista ja kulutuskerros kasvoi.
  - + Vanha öljysorapääällyste rikkoutui.
  - + Tiegeometria saatiin oikeaksi.
  - + Sidemaan lisäys onnistui.
  - + Suolan käyttö saatiin minimoitua.
  - + Kuivatus parani.
  - + Karkean kiviaineksen määrä kasvoi.
  - + Kustannustehokas.
  - + Uusiomateriaalia ei tarvittu lainkaan.
  - + Kiinteä, tasainen ja pölyämätön tienpinta.
- 
- Ei sovellu kaikille sorateille, missä moreenikerrokset ovat lähellä kulutuskerrosta.
  - Ei riko isompia kiviä lainkaan.
  - Työnopeus oli ajoittain hidasta.
  - Hienoainemäärä kasvoi niin paljon, että routimista voi esiintyä.
  - Kelirikkoherkkä erityisesti rankkasateilla.
  - Pientä urautumista ja reunapainumia esiintyi.

## 9.2 Suositukset

Tehty sekoitusjyrsintätyö tarvitsee edelleen jatkotutkimuksia erityisesti sen kestoajan takia. Jälkiseurannalla saadaan selville, kuinka pitkään tie kestää vaurioitumattomana. Vaurioinventoinnilla saadaan selville mahdolliset korjaustarpeet. Erityisen keskeinen ajanjakso on, kuinka uusi kulutuskerros kestää kevään ja alkukehän kelirikkokauden. Erityisesti kannattaa vertailla alku- ja loppupätkää eri jyrsintäsyvyyksien takia.

Jatkossa uusia sorateiden sekoitusjyrsintöjä varten tulisi selvittää jakavan kerroksen rakeisuus. Maatutkauksella voisi selvittää varsinkin rakentamattomilla sorateilla, kuinka lähellä kulutuskerrosta moreenikerrokset ovat. Tätä kautta pystyttäisiin jyrsintäsyvyudet määräämään ennakkoon sekä saataisiin selville mahdollinen lisämursketarve ja sen paksuus. Lisämursketarve voitaisiin arvioida paaluvälikohtaisesti.

Ennen uusien sekoitusjyrsintätöiden alkamista on ehdottomasti varmistettava, että soratien kuivatus pelaa ja reunapalteita ei saa jäädä. Jyrsintäsyvyys tulee käyttää vähintään 10 cm, jotta materiaali sekoittuu riittävästi. Lähemmäs 30 cm jyrsintöjä pitäisi käyttää vain, jos kulutuskerros on riittävän paksu tai sen alla on jokin sidottukerros joka halutaan rikkoa. Jyrsintänopeus tulee myös olla riittävän hidas, jotta materiaalista tulee tasakoosteinen. Jyrsintätyöt tulisi myös ajoittaa pilviselle ilmalle, että tierakenteessa on riittävästi kosteutta. Sateella töitä tulisi välttää ehdottomasti, koska uusi materiaali voi alkaa liettyä.

Tätä opinnäytetyötä voidaan hyödyntää rakenteen parantamismenetelmänä sorateilla, missä kulutuskerroksen alla oleva jakava kerros ei ole liian karkeaa. Jatkossa menetelmää hyödynnetään sorakulutuskerroksen alla olevan öljysorapäällysteiden sekoittamiseen kulutuskerroksen kanssa ja kevytpäällysteteiden muuttamisessa sorateiksi.

## LÄHTEET

Attia, M; Abdelrahman, M. & Alam, T 2009. Investigation of Stripping in Minnesota Class 7 (RAP) and Full-Depth Reclamation Base Materials. Viitattu 13.2.2015 <http://www.lrrb.org/media/reports/200905.pdf>.

Caterpillar. Caterpillar performance handbook. Viitattu 13.2.2015 [http://nees.ucsd.edu/facilities/docs/Performance\\_Handbook\\_416C.pdf](http://nees.ucsd.edu/facilities/docs/Performance_Handbook_416C.pdf).

Destia Oy. a. Yritys. Viitattu 13.2.2015 <http://www.destia.fi/fi/yritys.html>.

– b. Strategia. Viitattu 13.2.2015 <http://www.destia.fi/fi/yritys/strategia.html>.

– c. Referenssit. Viitattu 13.2.2015 <http://www.destia.fi/fi/palvelut/infrahoito/referenssit/maanteiden-alueurakat.html>.

– d. Infrahoito. Viitattu 13.2.2015 <http://www.destia.fi/fi/palvelut/infrahoito/tie-jakatuverkon-seka-teollisuuden-alueurakat.html>.

Hartikainen, O-P 2003. Tietekniikan perusteet. Helsinki: Otatieto.

Huuskonen, O 2009. Soratien kulutuskerroksen uusiokäyttö.

Jääskeläinen, R 2011. Geotekniikan perusteet. Jyväskylä: Tammertekniikka.

Liikennevirasto 2014a. Liikennevirasto. Viitattu 13.2.2015 <http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/liikennevirasto#.VL6aPC6Aluo>.

– 2014b. Kunnossapito. Viitattu 13.2.2015 [http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/kunnossapito/teiden\\_kunnossapito#.VL6OwC6Aluo](http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/kunnossapito/teiden_kunnossapito#.VL6OwC6Aluo).

– 2014c. Alueurakoitsijat. Viitattu 13.2.2015 [http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/urakoitsijat\\_suunnittelijat/investointien\\_kilpailutukset/tieurakoiden\\_kilpailutus/Urakka-alueet\\_2014-2015%20Kartta\\_usi.pdf](http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/urakoitsijat_suunnittelijat/investointien_kilpailutukset/tieurakoiden_kilpailutus/Urakka-alueet_2014-2015%20Kartta_usi.pdf).

– 2014d. Liikenneverkko. Viitattu 13.2.2015 <http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/liikenneverkko/tiet#.VORKFS4fFVc>.

Liikennevirasto 2012. Hoidon ja ylläpidon tuotekortit. Helsinki: Kunnossapito-osasto.

Liikenneviraston ohjeita 1/2014. Sorateiden kunnossapito. Helsinki: Kunnossapito-osasto.

Liikenneviraston ohjeita 11/2011. Massanvaihdon suunnittelu. Helsinki: Tieosasto.

Suhonen, K 2005. Soratien kulutuskerrosmateriaalin vaikutus pintakelirikkoon.

Suomen geoteknillinen yhdistys ry 1985. GLO-85 Geotekniset laboratorio-ohjeet 1. Luokituskokeet. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy.

Tiehallinto 2004. Tierakenteen suunnittelu – suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki: Edita Prima Oy.

Tiehallinto 2007. Päälysrakenteen stabilointi – suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki: Edita Prima Oy.

Tiehallinto 2008. Sorateiden pintakunnon määrittäminen. Helsinki: Edita Prima Oy.

Tie- ja vesirakennuslaitos 1975. Tien kunnossapito. Kajaani: Kainuun Sanomain Kirjapaino Oy.

Tukes 2014. CE-merkki. Viitattu 26.3.2015 <http://tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/CE-merkki/>.

## LIITTEET

- Liite 1. Seula-analyysi, Ajanki ennen
- Liite 2. Seula-analyysi, Ajanki jälkeen
- Liite 3. Areometrikoe, Ajanki ennen
- Liite 4. Areometrikoe, Ajanki jälkeen



**Liite 1. Seula-analyysi**

Näyte	Ajanki pt. 19670 ennen	
Päivämäärä	18.12.2014	
Punnitus, g	1000	
Seulonta-aika, min	10	
Seulontatapa, g	Kuiva: 858	Märkä: 977
Pesutappio, g	119	

Seula	Seula- aukko	Seula en- nen	Seula jäl- keen	Seulalle jäänyt		Seulan läpäissyt
				g	%	
N:o	mm	g	g	g	%	%
1	16	695	695	0	0	100
2	8	633	685	52	5	95
3	4	552	625	73	7	87
4	2	503	628	125	13	74
5	1	468	607	139	14	60
6	0,5	447	604	157	16	44
7	0,25	404	541	137	14	30
8	0,125	375	487	112	11	19
9	0,063	373	432	59	6	13
Pohja		414	419	5	1	12
Yhteensä		4864	5723	859		
Häviöt				+1		

Päiväys	19.12.2014
Analyysin tekijä	Markus Laitamaa

**Liite 2. Seula-analyysi**

Näyte	Ajanki pt. 19670 jälkeen	
Päivämäärä	18.12.2014	
Punnitus, g	1000	
Seulonta-aika, min	10	
Seulontatapa, g	Kuiva: 823	Märkä: 964
Pesutappio, g	141	

Seula	Seula- aukko	Seula en- nen	Seula jäl- keen	Seulalle jäänyt		Seulan läpäissyt
N:o	mm	g	g	g	%	%
1	16	695	709	14	1	99
2	8	633	777	144	15	84
3	4	552	671	119	12	71
4	2	503	601	98	10	61
5	1	468	567	99	10	51
6	0,5	447	560	113	12	39
7	0,25	404	513	109	11	28
8	0,125	375	458	83	9	19
9	0,063	373	416	43	4	15
Pohja		414	416	2	0	15
Yhteensä		4864	5688	824		
Häviöt				+1		

Päiväys	19.12.2014
Analyysin tekijä	Markus Laitamaa

**Liite 3. Areometrikoe**

Näyte	Ajanki pt.19670 ennen	
Päivämäärä	5.2.2015	
Punnitus, g	100	

Aika	Lämpötila °C	Kellon aika	Areometrin lukema	Raekoko mm	Läpäisyprosentti
1 min	20	9.01	22	0,065	36
6 min	20	9.06	19	0,025	32
1 h	20	10.00	15	0,0068	25
5 h	20	14.00	13	0,0028	22
1 vrk	20	9.00	12	0,0013	20
4 vrk	20	9.00	12	0,0006	20

Päiväys	9.2.2015
Analyysin tekijä	Markus Laitamaa

**Liite 4. Areometrikoe**

Näyte	Ajanki pt.19670 jälkeen	
Päivämäärä	22.1.2015	
Punnitus, g	100	

Aika	Lämpötila °C	Kellon aika	Areometrin lukema	Raekoko mm	Läpäisyprosentti
1 min	20	9.01	19	0,060	32
6 min	20	9.06	13	0,020	22
1 h	20	10.00	8	0,005	14
5 h	20	14.00	5	0,0018	9
1 vrk	20	9.00	2	0,0008	4
4 vrk	20	9.00	2	0,0004	4

Päiväys	26.1.2015
Analyysin tekijä	Markus Laitamaa