



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KAIIVOSTEIDEN KUNNOSSAPITO

TEKIJÄ: Juha Rönkä

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Juha Rönkä	
Työn nimi Kaivosteiden kunnossapito	
Päiväys	22.12.2021
Sivumäärä/Liitteet	28 / 2
Ohjaaja(t) Mervi Heiskanen, tuntiopettaja	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) E. Hartikainen Oy, Esa Ruotsalainen, Juhani Tiikkaja	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja kehittää kaivosteiden kunnossapitoa E. Hartikainen Oy:n urakoimilla kaivoksilla. Yrityksellä ei ollut aikaisempaa perehdytysmateriaalia uusille työntekijöille aiheesta, joten opinnäytetyötä tullaan käyttämään osana tienhoidon perehdytysmateriaalina.</p> <p>Työssä tutkittiin tienkunnossapitoa yleisesti ja kuinka sitä sovelletaan kaivoksille sopivaksi. Tämän lisäksi tutkitaan erilaisia pölyntorjuntamenetelmiä ja tavoitteena oli löytää kustannustehokkain tapa teiden suolaukseen.</p> <p>Parhaimmaksi taustamateriaaliksi osoittautui yrityksen erittäin osaavan henkilökunnan tietotaito, aikaisemmat kokeilut ja nykyiset työskentelytavat. Näiden pohjalta kaivoksella rakennettiin kiviautojen käytössä oleva tie, hieman normaalista poikkeavalla tavalla ja tien kuntoa ja sen kunnossapitotarvetta seurattiin. Pölynsidontakokeilua varten valmistettiin liuosuolan ja sen levittämiseen soveltuva kuorma-auto ja erilaisia menetelmiä kokeiltiin pienellä tienpätkällä.</p> <p>Lopputuloksena saatiin yleisluontoinen paketti mitä voidaan käyttää uusien työntekijöiden perehdytykseen talvikunnossapidossa ja minkä avulla voidaan yhdistää eri työmaiden tienhoitokäytäntöjä helpottaen perehdytystä. Pölyntorjunnasta saatiin kustannuslaskelma, jonka avulla voitiin vertailla liuos- ja hiutalesuolausta itsetehtynä tai urakoitsijan tekemänä.</p>	
Avainsanat kaivos, kaivokset, teiden kunnossapito, suolaus, tiestö, pölyntorjunta	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Engineering			
Author(s) Juha Rönkä			
Title of Thesis Management of Mine Haul Roads			
Date	22 December 2021	Pages/Appendices	28 / 2
Supervisor(s) Ms. Mervi Heiskanen, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners E. Hartikainen Oy, Mr. Esa Ruotsalainen, Mr. Juhani Tiikkaja			
<p>Abstract</p> <p>The main purpose of this thesis was to research and investigate the maintenance of haul roads used in mining pits where E. Hartikainen Oy is main contractor. There was no previous orientation material about this subject for new employees, so part of this thesis will be used to create orientation material for new employees who will work as part of a road maintenance group. Investigating different kind of dust binding methods and finding the best solution and the most efficient way to use dust binding salts was also one part of this thesis.</p> <p>Using the methods used before by the company and interviewing the employees of E. Hartikainen proved to be the best method to create a baseline for this thesis. For getting results a haul road was built in a different manner in order to follow how it would react to continuous haul truck traffic. To test dust binding methods a custom-made water truck was built and different methods of dust binding were used in one road sector.</p> <p>As a result, an information package was created to be used as orientation material for new employees and to make road maintenance more efficient, creating a consistent way to upkeep the roads in different mining pits where the company works. The result from testing different dust binding methods was a cost estimate stating the cost of using salt brine, the cost of using salt flakes and the cost of using an external contractor for doing dust binding with salt brine.</p>			
<p>Keywords mine, mining, mining roads, haul roads, road maintenance, dust binding, dust binding salts</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
1.1	Tausta ja tavoitteet.....	5
1.2	Lyhenteet ja määritelmät.....	5
1.3	Yrityksestä ja yhteistyökumppanit	5
1.4	Tutkimus- ja tausta-aineistot	6
2	PERUSASIAA KAIVOSTEISTÄ JA KAIVOSKALUSTOSTA	6
2.1	Kaivoksella käytettävä kalusto	7
2.1.1	Louheen kuljetuskalusto	8
2.1.2	Kunnossapitokalusto.....	8
2.2	Teiden rakenteet.....	9
2.3	Uuden tien rakentaminen	10
3	KESÄKUNNOSSAPITO	12
3.1	Kunnostukset.....	12
3.1.1	Sorastukset.....	12
3.1.2	Tienpinnan kunnossapito	13
3.1.3	Ojitus ja kuivatuksen varmistaminen	14
3.1.4	Tierungon kunnossapito	15
3.2	Pölyntorjunta.....	15
3.2.1	Kastelu.....	16
3.2.2	Suolaus	16
3.3	Syyskunnostukset	17
4	TALVIKUNNOSSAPITO	18
4.1	Valmistautuminen talveen	18
4.2	Kunnostukset.....	19
4.2.1	Tienpinnan kunnossapito	19
4.3	Liukkauden torjunta	20
4.3.1	Suolaamalla	20
4.3.2	Hiekoitussepelillä.....	20
5	YHTEENVETO.....	21
6	LIITTEET	22
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	22

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyön aiheena on perehtyä ja tutkia mahdollisia kehityskeinoja kaivoksilla käytettävien teiden kunnossapidon parantamiseen ja teiden parantamiseen. Työ keskittyy pääsääntöisesti Siilinjärven kaivokselle, mutta ohjeistusta voidaan soveltaa ja tullaan käyttämään myös muilla kaivoksilla missä E. Hartikainen urakoi. Idea työhön tuli Esa Ruotsalaiselta ja hän toimi opinnäytetyönohjaajana suurimman osan työstä.

Yhtenä tavoitteena on myös tutkia pölyntorjuntamenetelmiä ja laskea kustannuksia teiden suoламiseksi ja miettiä hinta/laatusuhteeltaan tehokkain vaihtoehto pölyntorjuntaan kaivoksella.

1.2 Lyhenteet ja määritelmät

Törö = Henkilö/pakettiauto kaivoksella

Pyrytavara = Talvikunnossapidossa käytettävä hiekoitussepele 8/26

Simmakki = Kuorma-autossa oleva alusterä, jota käytetään talvisin polanteiden poistoon

Raakku = Malmin louhinnassa syntyvä sivukivi, jolla ei ole käyttöä ja se läjitetään sivukivikasaan

A-raakku = Kova kivi (diapaasi tai dioriitti) jota käytetään murskeiden valmistukseen ja tien runkoon

B-raakku = Ei niin hyvä laatuista kuin A-raakku, mutta voidaan käyttää tien runkoon

Tiekivi = Edellä mainitut kivilaadut joita käytetään teiden rakentamiseen

Taso = Kaivoksen tasot joilla kaivetaan, menevät kaivoksesta riippuen 10 tai 14 metrin välein

Ojamurskeet = Ojiin höylätessä kerääntynyt murske

1.3 Yrityksestä ja yhteistyökumppanit

E. Hartikainen Oy on vuonna 1965 perustettu ja nykyisin suurimpia yksityisiä maarakennusurakoitsijoita Suomessa. Yrityksessä työskentelee yli 460 työntekijää vakituisesti ja toiminta painottuu tällä hetkellä eri kaivoksille Suomen alueella. (E. Hartikainen Oy, 2021)

Yhteistyökumppaneinani työtä tehdessä toimivat seuraavat henkilöt;

Esa Ruotsalainen, työmaainsinööri. E. Hartikainen Oy. Siilinjärvi

Juhani Tiikkaja, työmaapäällikkö E. Hartikainen Oy. Siilinjärvi

E. Hartikainen Oy:n työntekijät. Siilinjärvi

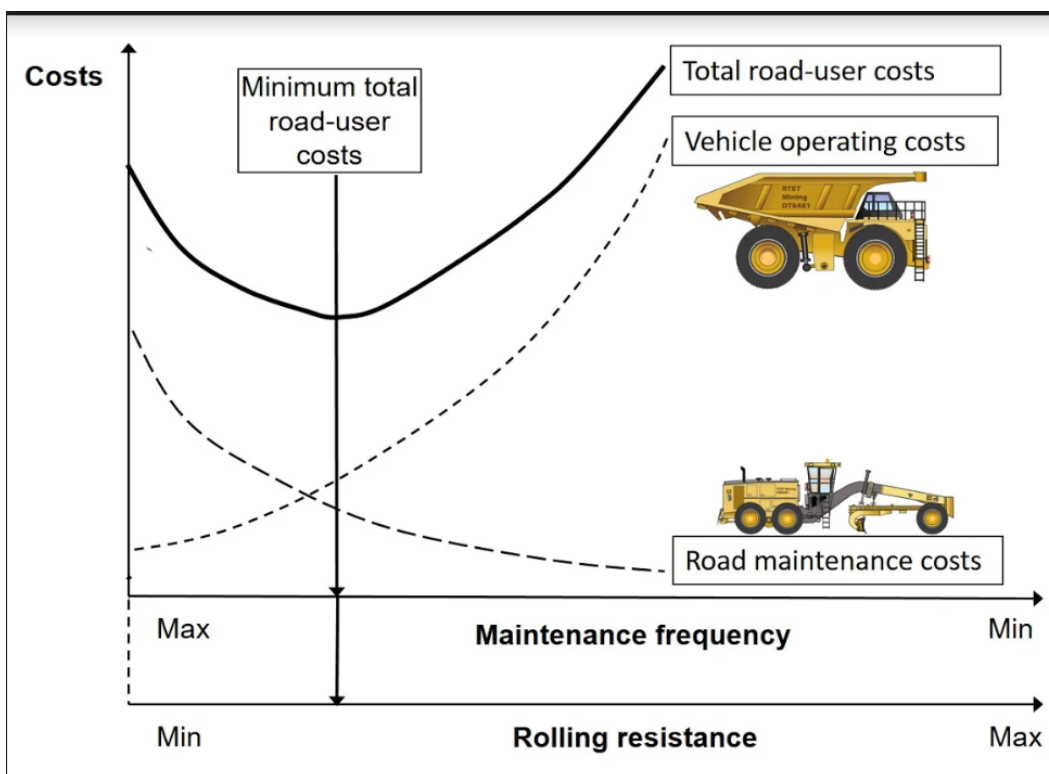
1.4 Tutkimus- ja tausta-aineistot

Tutkimusaineistona käytettiin pääsääntöisesti tien kunnossapitoon ja rakentamiseen keskittyvää kirjallisuutta ja sovellettiin niistä löytyvää materiaalia kaivoskäyttöön sopivaksi. Kaivospuolelta pääsääntöisenä aineistona käytettiin Kaivos- ja Louhintatekniikka -kirjaa, jossa on selostettu kattavasti ja monipuolisesti nykyaikaista kaivostoimintaa. Varsinaista materiaalia pelkästään kaivosteiden kunnossapidosta ei varsinkaan suomenkielisenä kovinkaan paljoa löytynyt, mikä teki materiaalin etsimisestä haastavaa.

Suurimpana apuna tässä opinnäytetyössä toimi E. Hartikaisen erittäin osaava henkilöstö, jolla on erittäin kattava ja laaja tietämys kaivoksilla toimimisesta.

2 PERUSASIAA KAIVOSTEISTÄ JA KAIVOSKALUSTOSTA

Kuljetuskustannusten ja kuljetuksen tehokkuuden kannalta oikein suunnitellut ja tehdyt kuljetustiet ovat tärkeitä. Kuljetusteiden laadulla on suora vaikutus laitteiden huolto- ja korjauskustannuksiin, ajonopeuteen ja sitä kautta työsykleihin eli –kiertoihin sekä polttoainekuluihin. Tiestön kunto vaikuttaa myös kuljettajien mukavuuteen ja työskentelyn tehokkuuteen. (Tauno Paalumäki, Pekka Lappalainen ja Antero Hakapää, 2015, 209)



KUVA 1. Tien rakennuksen kustannukset (Mine haul road maintenance management systems, 20)

Kuvassa 1 oleva kaavio esittää erinomaisesti kaivosympäristössä tien kustannukset. Mikäli uuden tien tekemiseen ei nähdä käytännössä vaivaa tulee tien kunnossapito maksamaan enemmän, kiven kuljetus hidastumaan ja autojen kulut nousemaan enemmän. Ja usein kun yhtä tietä joutuu jatkuvasti parantamaan tämä vaikuttaa myös muun tieverkoston kuntoon, kun niihin ei voida panostaa tasapuolisesti. Uuden tien tekemiseen tulisikin näin ollen panostaa riittävästi, jotta käyttökulut saadaan tasapainoon.

Siilinjärven kaivos koostuu kahdesta eri louhoksesta, Särkijärven louhos ja Saarisen louhos. Näiden välillä matkaa on n. 6 km ja kummaltakin louhokselta ajetaan malmia, eli ajomatkat suuntaansa vaihtelevat erittäin paljon kuin myös teiden hetkellinen rasitus. Parhaillaan esimerkiksi Särkijärven kaivoksella voi olla ajamassa 20 louhosautoa useamman lastauskoneen alta, joten liikennetiheys päärampilla ja kaivosteillä voi olla erittäin suuri. Niin kuin edellä on mainittu, niin tiestön kunnolla on erittäin suuri rooli mahdollisimman kustannustehokkaaseen toimintaan.

2.1 Kaivoksella käytettävä kalusto

Kaivoksen teillä liikkuu monenlaista kalustoa, niin tavallisista paketti- tai henkilöautoista kiviautoihin. Tämä lisää kaivosteiden kunnossapidolle haasteita, koska tiestön on oltava sellaisessa kunnossa, että kiviautojen lisäksi myös henkilöautoilla pystyy alueella liikennöimään. Lisäksi kaivoksen teillä liikkuu monenlaisia erikoiskuljetuksia, kuten kuvassa 2 tapahtuva konesiirto siirtopyörillä. Kyseisen Hitachi EX 2600-6 –kaivukoneen työpaino on noin 260 tonnia ja vetämässä olevan louhosauton Caterpillar 785D paino noin 110 tonnia. Massat, jotka kohdistuvat louhosteille ovat täten erittäin korkeat ja vaativat tien rakenteelta paljon. Kuvassa 3 voi nähdä kuinka suuri vaikutus tyhjällä ja täydellä kiviautolla on tienpinnan kulutuskerroksen kulumisen suhteen.



KUVA 2. Konesiirto Sleipner siirtopyörillä (RÖNKÄ 2018-06-24)



KUVA 3. Oikealla tyhjällä louhosautolla ajettu ja vasemmalla täydellä 140 tonnin kuormalla. (RÖNKÄ 2018-06-30)

2.1.1 Louheen kuljetuskalusto

Kaivoksilla käytetään louheen kuljetuksessa pääsääntöisesti kolmea erityyppistä kuljetuskalustoa. Kuorma-autoja, runko-ohjattuja dumppereita ja louhosautoja. Jokaisella tyyppillä on omat etunsa ja kohteensa mihin soveltuvat parhaiten. Yleisin kaivoksilla käytettävä kuljetuskalusto on louhosautot. Ne soveltuvat monenlaisen materiaalin kuljetukseen ja niiden mallivalikoima on erittäin laaja. Mikäli tiet ovat heikkokuntoisia ja maasto vaikeakulkuista voi kolmeaksellinen dumpperi soveltua paremmin kuljetukseen.

Siilinjärven kaivoksella käytetään louhosautoja, koska kuljetettavat matkat ovat 1–10 kilometriä ja tiet ovat hyväkuntoisia. Kalusto, joilla louhetta kuljetetaan, koostuu pääsääntöisesti Caterpillarin louhosautoista mallimerkinnältään 777F ja 785D. Lisäksi alueella on myös pienempiä louhosautoja, joita käytetään lähinnä kunnossapitotehtävissä tai erikoiskohteissa, eli paikoissa mihin isommalla kalustolla ei voi ajaa.

2.1.2 Kunnossapitokalusto

Kaivoksella käytettävä kunnossapitokalusto ei eroa paljoakaan normaalista tienhoitokalustosta. Suurimpana erona voisi pitää kaluston kokoa, koska tiet ovat erittäin leveitä ja niitä on paljon, joten kaluston täytyy olla suhteessa suurempaa normaaliin tienhoitokalustoon verrattuna, että kunnossapito on mahdollisimman tehokasta. Esimerkkinä kokoerosta voidaan käyttää tiehöyliä, joita kaivoksilla käytetään. Riippuen kaivoksella käytettävästä kalustosta ja teiden leveydestä yleisesti kaivoksella käytetään tiehöyliä kokoluokassa 19tn-66tn. Näissä emolevyn pituus on 3.5 metristä aina 7.3 metriin, jolloin leveänkin tien saa erittäin nopeasti höylättyä kuntoon. Normaalisti tieliikennekäytössä olevien höylien emolevyt ovat noin 2.5–3.5 metriin, joten kokoeroa on huomattavasti.

Kaivoksella on kunnossapitokalustona ympärivuotisesti käytössä tiehöyliä ja pyöräkoneita. Myös tavallisia kuorma-autoja käytetään jonkin verran, mutta niiden käyttö keskittyy talviaikaan ja lähinnä teiden auraukseen tai hiekoitukseen.

Oleellisena osana kaivosteiden kunnossapitoon kuuluu kivipartio, eli jokaisessa vuorossa oleva tiemies, joka puhdistaa tien tarvittaessa, jos tielle pääsee tippumaan louhosauton kyydistä lohkaraita. Tiemiehen tehtäviin kuuluu myös lastauspaikkojen kunnossapito, niin että lastauksen yhteydessä mahdollisesti ohi tippuvat pienemmät kivet eivät pääse rikkomaan louhosautojen renkaita. Myös lastauspaikkojen pohjien tasaaminen kuuluu näihin tehtäviin, sitä mukaa kun lastaus etenee.

2.2 Teiden rakenteet

Kaivoksilla teiden rakenteet poikkeavat huomattavasti tavallisista tierakenteista niihin kohdistuvien suurien rasitusten vuoksi. Esimerkiksi suodatinkerrosta ei tehdä hiekasta niin kuin yleensä vaan se tehdään louheesta ja on osa kantavaa kerrosta. Näin tekemällä saadaan tierungolle riittävä kantavuus, että tie kestää sille kohdistuvat suuret kuormitukset.

Siilinjärven kaivoksella teiden rakenteista on annettu ohjeet Yaran suunnittelijoiden toimesta ja niistä käy selväksi kunkin kerroksen paksuus. Esimerkiksi rampit koostuvat louhetäytöstä jakavana ja kantavana kerroksena, jonka päälle tulee murskeet 0/56 ja viimeisenä 0/32. Siirtymillä, joita käytetään myös paljon henkilöautojen ja kuorma-autojen toimesta pintamateriaalina käytetään vielä lisäksi pientä kerrosta 0/16 mursketta. Näin tekemällä pinnasta saadaan yhtenäisempi, kun nolla-ainesta on murskeen seassa enemmän, joten kulutus renkaiden ja autojen suhteen pienenee.

Jakavakerros

Kaivoksilla jakavaa kerrosta ei aina tarvitse tehdä, riippuen kivilaadusta, jonka päälle tietä tehdään. Jakavakerros tietä varten tehdään A-raakusta, joka on parempaa sivukiveä ja soveltuu tienrakennukseen erittäin hyvin. Käytettävän louheen seassa ei kuitenkaan tulisi olla lohkaraita, jotka ovat kooltaan yli puolet jakavan kerroksen paksuudesta.

Kantavakerros

Kantavan kerroksen tehtävänä on lisätä kantavuutta tielle ja muodostaa pohja kulutuskerrokselle. Kerros tehdään yleensä 0/56 kalliomurskeesta.

Kulutuskerros

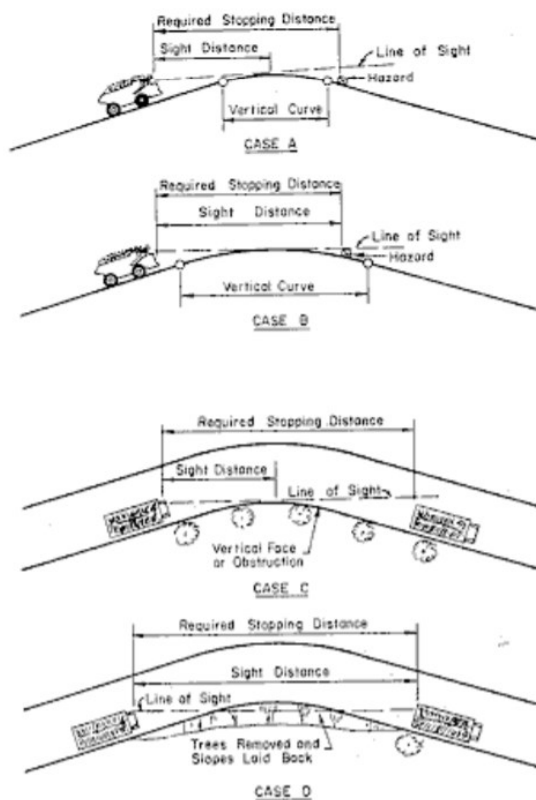
Tavallisilla teillä yleisesti käytetään kulutuskerroksena 0/16 kallio- tai soramursketta, mutta kaivosteillä käytetään yleisesti 0/32 kalliomursketta. Mikäli tasotiellä on huomattavasti tarvetta kulkea esimerkiksi panostusautoilla tai lava-autoilla niin tielle voidaan ottaa pintaan myös 0/16 murske. Yleensä kuitenkin tuo karkeampi murske riittää, koska tiepinta painautuu erittäin tiiviiksi johtuen louhosautojen suurista massoista.

2.3 Uuden tien rakentaminen

Kaivoksella rakennetaan väliaikaisia ja pysyviä teitä. Pysyvät tiet kaivoksella on yleisesti pääramppeja, mutta myös erinäisiä huoltoteitä tehdään pysyvinä rakenteina. Näitä teitä varten on olemassa tarkat suunnitelmat, joista selviää, kuinka tiet tulee rakentaa. Tasotiet ja kippauspaikkojen tiet ovat yleensä väliaikaiseksi tarkoitettuja ja niitä puretaan ja rakennetaan tarpeen mukaan.

Kaivoksen tasoilla teiden rakentamistapa valitaan sen mukaan mitä materiaalia alueella on, jolle tie rakennetaan. Jos tien kohdalla on malmia, niin se kaivetaan kallionpintaa myöten pois ja tilalle ajetaan A- tai B-raakkua puolen metrin kerros ja sen päälle ajetaan murskeet. Yleensä kivi on niin hieinoa ja koska kyseessä on väliaikainen tasotie niin kulutuskerrokseen riittää pelkästään 0/56 tai 0/32 murske. Hyvin harvoin kyseessä on niin väliaikaisessa käytössä oleva tie tai lastauspaikka ettei siihen mursketta käytetä. Tässäkin murskeen käyttö riippuu, siitä onko tie tason alkupäässä, vai loppupäässä eli tullaanko tietä käyttämään kuinka pitkään. Jos tie osuu hyvälaatuisen raakkukiven päälle, niin tietä ei välttämättä tarvitse kaivaa kokonaan auki, vaan riittää että pohja tasataan ja päälle ajetaan joko ohut kerros tiekiveä tai sitten parhaimmassa tapauksessa suoraan mursketta.

Tärkeä osa varsinkin turvallisuuden suhteen on myös ympäristön huomioiminen, kun tehdään uusia teitä. Teiden ympäristö täytyy suunnitella palvelemaan käytössä olevaa kuljetuskapasiteettia niin että kiviautoista on esteetön näkymä kulkusuuntaan niin että auto on mahdollista pysäyttää tehokkaasti vaaraa aiheuttamatta. (Kuva 4.) Esimerkiksi putkilinjojen tai vastaavien ylityksissä ja mutkissa tämä on erittäin tärkeää huomioida. Pysyviä teitä eli pääsääntöisesti rampeja varten kaivoksella on tarkat ohjeet. Jokaisen kerroksen suhteen, että tien kantavuus tulee varmasti olemaan riittävä pitkällekin aikavälille.



KUVA 4. Näkemälinjat ja niiden tärkeys. (Design of surface roads, Hoffman)

Osana opinnäytetyötä tehtiin kokeiluna lyhyt pätkä tasotietä kaivoksen itäpuolelle, jonne louheenlastaus oli siirtymässä. Tasotien pohjalla oli raakkua, joten sitä ei tarvinnut kaivaa juuri ollenkaan vaan pahimpia kohtia pystyi täyttämään tiekivellä ja tasoittamaan pyöräkoneella. Kun pinnasta saatiin tasainen, ajettiin tienpohjalle rakennekerrokseksi mursketta 0/56 noin 20 cm kerros. Varsinkin tien rakennekerrosta tehtäessä on hyvä olla tiehöylä apuna tasoittamassa ja antamassa ohjeita kiviautonkuljettajalle mihin mursketta tarvitsee ja kuinka paljon. (Kuva 5.) Kun rakennekerros oli riittävä ja tasainen kauttaaltaan, pinnalle ajettiin 0/32 mursketta ohut kerros pintamurskeeksi, joka kasteltiin huolellisesti niin ettei kuivia kohtia tiessä ollut ja tie jyrättiin ympäriinsä, niin että 0/32 murske tiivistyi rakenteeseen kunnolla. Tämän testin perusteella jyräys osoittautui erinomaisesti tavaksi saada tie kestämään pidempään ilman tarvetta korjauksille ja sitä käytettiinkin muutamalla muullakin tien osuudella onnistuneesti. Kuitenkin teiden kattava jyräys vaatisi huomattavasti järeämpää kalustoa kuin mitä kaivoksella oli käytettävissä tällä hetkellä, joten kyseistä metodia ei laajemmin otettu käyttöön.



KUVA 5. Tiehöylä vastaanottamassa murskeita koetien osuudelle (RÖNKÄ 2018-09-13)

3 KESÄKUNNOSSAPITO

3.1 Kunnostukset

Kesäkunnostukset koostuvat pääsääntöisesti sorastuksista ja tienpinnan höyläämisestä, mutta yhtä oleellisena osana liittyvät myös vedenpoiston varmistukset ja ojien kunnostukset. Näillä varmistetaan tieverkoston toimivuus ja helppo ylläpito, kun tieprofiili ja rakenteiden kuivatus on kunnossa. Tässä kappaleessa käydään läpi myös pölyntorjuntaa erilaisilla menetelmillä ja kuinka kaivoksella pölyntorjuntaa suoritetaan tällä hetkellä.

3.1.1 Sorastukset

Varsinkin kevät aikaan, kun teiden pinnat alkavat sulamaan, routamonttuja ilmestyy erittäin herkästi. Tienpintamurskeet voivat olla myös talven höyläyksien jälkeen vähissä, jolloin teille täytyy ajaa uutta pintamursketta. (Kuva 6.) Kaivoksilla tien käyttötarkoituksesta riippuen käytetään pintamateriaalina 0/32 mursketta, mutta poikkeustilanteissa voidaan joutua käyttämään 0/16. Pienempää mursketta käytetään kuitenkin yleisesti vain, silloin jos tietä käytetään erityisesti "normaalilla" kalustolla liikkumiseen eli kuorma-autoilla ja henkilöautoille. Sorastukset tulisi tehdä pienellä vesisateella niin että murskeessa oleva hienomateriaali alkaa tiivistymään heti, eikä karkaa pölynä ilmaan. Kuitenkaan erittäin kovalla vesisateella tätä ei kannata tehdä, varsinkin jos käytettävässä murskeessa on paljon hienoainesta, koska silloin vaarana on, että tapahtuu liejuuntumista ja varsinaista hyötyä tien kunnossapidon suhteen ei saavuteta. Usein tehdäänkin niin että murskeet ajetaan tielle, tiehöylä on otamassa ne vastaan ja samalla kasteluauto kastelee tätä tienpätkää niin että pinnasta saadaan mahdollisimman hyvä sopivan kosteuden ansiosta. Näin tekemällä ehkäistään vaara, että hienoaines häviää liejuna ojaan tai pölynä ilmaan.



KUVA 6. Murskeen levitys louhosautolla onnistuu ammattitaitoiselta kuljettajalta. (RÖNKÄ 2018-06-30)

Tien muotoilulla on erittäin suuri merkitys tien kestävyys-suhteen, mikäli tieprofiili on vääränlainen, vesi kerääntyy helposti väärin paikkoihin ja sen myötä tietä joudutaan korjaamaan lyhyelläkin aikavälillä nopeasti. Tieprofiilin tulisikin olla muotoiltu reunoilta keskelle päin niin että tien keskikohta on ylempänä tai koko ajotien poikki. Kaivosteilla poikittaiskaltevuuden tulisi olla niin pieni, että vesi virtaa tieltä pois, mutta se ei saisi kuitenkaan ylittää 2 % ettei kaivosautojen massa pääse jakautumaan epätasaisesti. (Tauno Paalumäki, Pekka Lappalainen ja Antero Hakapää, 2015, 209)

3.1.2 Tienpinnan kunnossapito

Niin kuin yleisilläkin sorateilla, sepelipintaisiin teihin tulee varsinkin sateella erittäin helposti kuoppia, kun tienpinta rikkoutuu, myös tienpinnan liettymistä tapahtuu erittäin paljon sateella. (Kuva 7.) Tällöin tie tulee höylätä aika ajoon kuntoon ja tilalle ajaa uutta murskettä, jos tarvetta esiintyy. (Kuva 8.) Höylätessä tulee erityisesti ottaa huomioon keli ja tien kunto. Mikäli tiellä on todella paljon kuoppia ei kannata tietä kaatosateella alkaa höyläämään, kun kaikki pintatavara on erittäin liejuista. Tällöin tämä lieju täyttää montut ja kun ensimmäinen auto ajaa siihen kuoppa paljastuu uudestaan. Tielle muodostunut liete tulisi höylätä tien keskelle polanteeksi tai nostella pyöräkoneella väliaikaisesti ojan toiselle puolelle kuivumaan, mistä sen voisi lastata myöhemmin pois. Yleensä tämä liete kuitenkin täyttää ojat hyvin nopeasti, joten se tulisikin lastata pois välittömästi. Helpoiten tämä tapahtuu kaivinkoneen avulla ja lastaten suoraan auton kyytiin.



KUVA 7. Tienpinnan liettyminen kovalla sateella (RÖNKÄ 2018-06-30)



KUVA 8. Louhosten välinen tie mursketuksen ja höyläyksen jälkeen. (RÖNKÄ 2018-06-30)

Ojamurskeet voidaan myös käyttää uudelleen sen jälkeen, kun materiaali on kuivunut täysin, sijoituskohde tulee vain miettiä tarkoin murskeen puhtauden vuoksi. Esimerkiksi rampeissa ojiin kertyy murskeiden lisäksi myös huomattavan paljon louhetta, kun louhosautojen kuormista voi tippua kiviä tielle. Tällaiset murskekuormat voidaan käyttää sellaisenaan läjityksien teiden parantamiseen, minne se onkin ihanteellista koska läjitysteille muodostuu usein suuriakin monttuja, joita tulisi täyttää karkeammalla kivellä. Mikäli käytössä on jonkinlainen seula, nämäkin murskeet voidaan uusiokäyttää käytännössä mille tielle vain. Pidemmiltä siirtymisiltä ja tasaisilta tieosuuksilta, joille louhetta ei käytännössä tipu on myös mahdollista nostaa murskeet tien keskelle kuivumaan, josta sen voi levittää sellaisenaan tielle uusiokäyttöön.

3.1.3 Ojitus ja kuivatuksen varmistaminen

Kuivatuksen suhteen yksi tärkeimpiä tekijöitä on ajoteiden oikeat kallistukset oikeaan suuntaan, niin että vesi pääsee valumaan ojaan eikä jää tienpinnalle. Ojat tulee myös kaivaa niin että vesi pääsee poistumaan niitä pitkin riittävän nopeasti eikä jää seisomaan ojiin. Jos vesi jää seisomaan ojaan on vaarana, että teillä liikkuvien raskaiden louhosautojen tienpintaan kohdistama paine käynnistää pumppaus-efektin, joka imee veden ojista tien rakenteeseen ja rakennetta pitkin takaisin tien pintaan. (Tauno Paalumäki, Pekka Lappalainen, Antero Hakapää, 2015, 210–211) Tästä taas seuraa se että kun pinta ja tien runko on edelleen kosteita, pinta rikkoutuu helpommin ja sitä joutuu korjaamaan useammin.

Kaivoksen tasoilla kulkevien tasoteiden kuivatus onnistuu parhaiten, kun taso on kaivettu nollakoroon ja tasotie rakennettu tähän päälle riittävän korkealle. Kaivoksilla käytetään aina kallistuksia montun syvintä kohtaa kohden, millä varmistetaan se, ettei tasolle jää vesihautoja mitkä hankaloitavat porausta ja lastausta. Tätä hyödyksi käyttäen, kun tietä rakennetaan, tulee paikoitellen laittaa

rumpuputkia kulkemaan tien ali joita pitkin vesi pääsee virtaamaan kohti pumppua, joka imee vedet pois kaivoksesta.

3.1.4 Tierungon kunnossapito

Tierungon kunnossapidon suhteen kuivatus on erittäin tärkeää, ettei tierunko pääse petteämään. Mikäli ojat eivät ole kunnossa tierunko imee vettä ja on elämiselle huomattavasti herkempi. Ja varsinkin keväisin routiminen tuottaa ongelmia, jos tierunko on päässyt kastumaan syksyllä ja jäätymään talvella. Tällöin saatetaan joutumaan suorittamaan massanvaihtoa eli kaivamaan tie laajalta alueelta auki ja korvata huonosti kantava aines paremmin kantavalla ja kovemmalla kivellä. Kaivoksella tähän tarkoitukseen käytetään A-raakkua. Ja tämän jälkeen tielle ajetaan normaalit murskekerrokset eli 0/56 ja 0/32 mursketta kulutuskerrokseksi.

Jos massiivinen tierungon auki kaivaminen ei ole mahdollista, johtuen esimerkiksi liikennemääristä voidaan tietä korjata myös kevyemmin. Tällöin kaivetaan tierunkoa auki petteäneeltä osalta ja sen ympäriltä puolen metrin syvyyteen ja korvataan aines sopivalla B-raakulla tai A-raakulla ja tämän päälle ajetaan kerrokset eli 0/56 ja 0/32.

3.2 Pölyntorjunta

Kesäisin pölyntorjunta on yksi tärkeimmistä tehtävistä kaivoksella, koska pölyä tulee niin lastauksen aikana kuin myös louheen kuljetuksen aikana (Kuva 9.). Kivipöly on niin pienijakoista, että se voi aiheuttaa hengityselinongelmia kuljettajille kuin myös kuluttaa kaivoksella käytettävää kalustoa. Lisäksi hieno kivipöly kantautuu pitkälle tuulen mukana ja aiheuttaa myös ympäristöhaittoja kaivoksen lähialueilla.



KUVA 9. Kuiva tienpinta pölysee kiviauton alla paljon ja vaatii kastelua. (RÖNKÄ 2018-07-23)

Pölyntorjuntaan on kehitetty monenlaisia erilaisia keinoja, joista suosituimmat ovat tiestön suolaus tai kastelu. Kaivoksilla yleensä käytetään kastelua ja tarvittaessa lisäainetta lisäämään kastelun tehoa. Lähinnä pohjavesialueilla ja muilla alueilla, joilla suolausta tai kastelua ei voi tehdä riittävän usein, riittävän tehon varmistamiseksi käytetään erilaisia puuöljyjä, melassia ja tuotteita, jotka eivät aiheuta vaaraa pohjavedelle.

3.2.1 Kastelu

Kastelu on tehokkain tapa estää kaivosympäristössä pölyäminen, mutta toimiakseen tehokkaasti se vaatii jatkuvaa kastelua. Siilinjärven kaivoksella on käytettävissä kaksi kiviauton rungolle valmistettua kasteluautoa, joiden päälle on rakennettu vesisäiliö (Kuva 10.). Näillä autoilla kastelu saadaan suoritettua tehokkaasti koko kaivoksen alueella, vaikka kiviautoilla ajokohteet olisivat kummallakin kaivoksella.

Kasteluautoissa on pumpput, jotka pumpaavat vettä erittäin suurella paineella auton takaosassa oleville suuttimille, joiden toimintaa voidaan ohjata hytissä olevasta ohjauspaneelistä. Näin saadaan kasteltua haluttu osuus tiestä tarkasti ja tarvittaessa säästettyä myös vettä. Kuljettajan on myös mahdollista valita erilaisia suihkutusrytmejä, jolloin suihku tulee tietyn sekuntimäärän välein. Näin tekemällä voidaan kastella nopeasti pitkäkin osuus tarpeen vaatiessa, koska louhosautojen renkaat kuljettavat kastelemattomalle välille myös vettä ja estävät täten pölyämistä.



KUVA 10. Kaivoksella käytettävä kasteluauto (RÖNKÄ 2018-09-14)

3.2.2 Suolaus

Pölyntorjunnassa voidaan myös käyttää kalsiumkloridia niin kiteinä, kuin myös liuoksena. Kalsiumkloridi sitoo ilmasta kosteutta tienpintaan ja täten estää pölyämistä tehokkaasti. Kaivoksella suolausta käytetään pääsääntöisesti vain niillä tiealueilla, joilla pölyäminen on tuottanut paljon ongelmia ja jotka ovat pysyviä teitä. Tasoteillä suolausta ei voi hyödyntää pölyntorjunnassa, koska rikastamolla suola aiheuttaa ongelmia malmin rikastusprosessin kanssa. Suolauksen toiminnan maksimoinniksi tienpinnan pitää olla kostea, kun suolaa levitetään ja suolauksen jälkeen pinta tulisi höylätä,

niin että suola sekoittuu pintamurskeisiin sitomaan kosteutta paremmin. Näin suola sekoittuu tienpinnan hienoainesten kanssa huomattavasti paremmin, eikä lennä autojen ajaessa niin helposti pinalta pois, joten suolaus on tehokkaampaa.

Ohjeellistettuna arvona kalsiumkloridin käyttöön kidesuolana tavallisilla 3–5 metriä leveillä sorateilla pidetään 0,5...1,0 tn/kilometri. (LIIKENNEVIRASTO Ohjekortti Yksityisten teiden parantaminen ja kunnossapito). Ja vastaavasti noin 30 % liuossuolalla ohjeellisina arvoina pidetään 0,8 m³/km ja 1,2 m³/km.

Tiet kaivoksilla, joilla suolausta käytetään ovat 20–30 metriä leveitä, joten tarvittavat suolamäärät ovat erittäin suuria, suoraan edellä mainittuja ohjeita apuna käyttäen kidesuolana suolaa kuluu 3–6tn/km. Tie, jota pääsääntöisesti on suolattu on 6 km pitkä eli suolantarve kyseisellä tieosuudella on noin 21-36 tonnia.

3.3 Syyskunnostukset

Syyskunnostukset aloitetaan hyvissä ajoin varmistamalla teiden kuivatus, eli puhdistamalla ja kaivamalla tarvittavat ojat ja mahdolliset rumpuputket veden ohjaamista varten. Tierakenteet tulee myös tarkistaa, että ovat kunnossa, eikä teillä ole kohtia, jotka saattaisivat pettää syysateiden ja alkutalven aikana. Sääennusteiden seuraaminen ja vanhojen toteutuneiden ennusteiden seuraaminen on suuressa osassa, että esimerkiksi pääramppiin ja pääväyliin saadaan ajettua pintamurskeet juuri oikeaan aikaan ennen pakkasten tuloa, niin että tienpinta jäätyy talvea varten oikein ja helpottaa talvikunnossapitoa.

4 TALVIKUNNOSSAPITO

Talveen valmistautuminen on varsinkin Suomessa erittäin haastavaa nopeasti muuttuvien keliolosuhteiden vuoksi. Alkupalvesta varsinkin alati muuttuva sää, lumisateesta vesisateeseen ja takaisin voi tuottaa paljon ongelmia, mikäli tähän ei ole valmistauduttu riittävän ajoissa. (Kuva 11.) Tällöin vielä tiestön pinta ei ole päässyt täysin jäätymään, joten pahimmillaan tilanne voi olla sellainen, että tiestön hoitoon tarvittaisiin vielä tasateräistä höylää, mutta seuraavana päivänä pinnat voivatkin olla jäässä ja tarve olisikin tappiterälliselle höylälle. Tästä tilanteesta pääsee varsinaisesti eroon vasta kun kovemmat pakkaset alkavat, jolloin tienpinta pysyy jäässä ja se helpottaa liukkaudentorjuntaa ja tiestön kunnossapitoa.



KUVA 11. Tienpinnan pettäminen usein vaihtuvissa talviolosuhteissa. (RÖNKÄ 2017-12-31)

4.1 Valmistautuminen talveen

Pyrytavarana käytetyn sepelin tekeminen liukkaudentorjuntaa varten tulisi tehdä kuivalla kelillä niin että kasa ei olisi märkä ja pääse jäätymään pakkasella. Ja mielellään jos mahdollista niin tähän käyttöön tuleva sepeli kannattaisi suojata vesisateilta pressuilla. Jäätynyt tavara aiheuttaa ongelmia niin pyrytavarana lastauksessa kuin myös levittämisessä, koska materiaali jäätyy ja paakkuuntuu helposti kuorma-auton lavalla eikä tule sitten levittimestä läpi. Tärkeänä osana valmistautumista talveen on myös varmistaa hyvissä ajoin tienhoitokaluston toimivuus ja mahdollisten korjausten tarve. Kun tarve tienhoitokalustolle yllättää niin reagointi on välittömästi mahdollista, eikä enää olisi tarvetta korjailta kalustoa.

Hyvissä ajoin syksyn aikaan tulisi myös tarkistaa talvisuolavarasto, niin että suolaa on riittävästi käytettävissä ja tarpeen mukaan tilata lisää. Varsinkin alkupalvesta tarve suolalle on erittäin kova, kun keli heittelee -5 ja +5 välillä ja sataa lunta tai alijäähtynyttä vettä erittäin rankasti.

4.2 Kunnostukset

Tässä kappaleessa käydään läpi pääsääntöisesti Siilinjärven kaivoksella käytettäviä erilaisia menetelmiä talvikunnossapidon suhteen ja käydään läpi myös hieman yleistä talvikunnossapitoa. Kunnossapitokalustona toimii tiehöyliä ja kuorma-autoja, joissa on aurat keulassa, alaterä, jolla voidaan tarvittaessa vähän karhentaa tienpintaa hätäensiapuna ja levittimet, joilla voidaan levittää hiekoitussepeleitä. Käytännössä lumien poisto ja liukkauden torjunta ovat kaivosteillä tärkeimmät kohteet kunnostuksien suhteen talvisaikaan.

4.2.1 Tienpinnan kunnossapito

Talvisin ennakointi ja sääennustusten seuraaminen on erittäin tärkeää onnistuneen kunnossapidon varmistamiseksi. Varsinkin kelien pakastuessa tai lauhtuessa tulee olla ajoissa liikenteessä, niin ettei tiestö pääse jäätymään liukkaaksi tai pahimmillaan kelin lämmitessä rikkoutumaan. Myös lumisateet aiheuttavat huomattavia ongelmia, koska jos tieltä ei päästä välittömästi poistamaan lumia auramalla, kiviautot tamppaavat lumen erittäin tiiviiksi, jolloin tienpinnasta tulee todella liukas. Lumisateiden aikaan myös polanteita muodostuu erittäin herkästi ja ne aiheuttavat harmia enemmänkin pienemmälle kalustolle, jota kaivoksen alueella liikkuu. Polanteiden poistoon tehokkain työväline on tappiterällä varustettu tiehöylä, mutta myös kuorma-auton alusterällä voi hieman helpottaa tilannetta.

Tiehöylällä polanteiden poisto ja tien karheana pitäminen on tarkkaa työtä ja vaatii kuljettajalta pelisilmää. Oikealla terän höyläyskulmalla ja leikkauskulmalla saadaan aikaan mahdollisimman tehokas lopputulos, koska ajonopeutta säädellään niiden perusteella. Oikea höyläyskulma nopeuttaa työtä: suositus on keskiraskaalla höylällä 20–45° ja raskaalla höylällä 20–30°. Tehokkain leikkauskulma on useimmilla terillä 50–60°. Suurilla leikkauskulmilla hampaat voivat katketa ja pienillä kulmilla ne kuluvat ohuiksi ja vääntyvät. Lumipolanteella höyläysnopeutta voidaan lisätä, jos käytetään kaapivaa > 90° leikkauskulmaa. Ajonopeus säädetään sitten näiden perusteella sopivaksi eli noin 10–18 km/h. (Liikennevirasto, Teiden talvihoito, 2001, 32)

Talvisin teiden puhdistaminen ja lumenpoisto tapahtuu tavallisilla kuorma-autoilla, jotka on varustettu simmakilla ja vinoauralla. Aura-autoilla auratessa tärkeää on valita oikea aurakulma ja teräkulma. Aurakulmalla tarkoitetaan tien poikkisuunnan ja auran terän välistä terävää kulmaa. Auratessa oikealle kulma on positiivinen ja vasemmalle aurattaessa negatiivinen. Vanhemmissa vinoetuauroissa aurakulma on usein kiinteä noin +45°. Kääntö- ja alueauroissa aurakulmaa voidaan muuttaa välillä +45° -45° ja sivuauroissa ja eräissä alusterissä välillä 0- +45°. Teräkulma tarkoittaa tienpinnan ja terän välistä kulmaa. Teräkulma on useimmissa auroissa kiinteä ja sen suuruus on 30° - 40°. Alusterillä ja joillakin sohjoauroilla kulma on kaapiva eli yli 90°. (Liikennevirasto, Teiden talvihoito, 2001, 19)

Kaivoksen tasoilla lumen poisto voi tuottaa hankaluuksia johtuen lastauspaikoista ja niinpä sieltä tulee leikin välillä kasata lumia kasoihin pyöräkoneilla ja kuljettaa ne pois tieltä kiviautoilla. Näin myös

ehkäistään vesiongelmaa, joka tulee keväällä, kun lumet alkavat sulamaan ja vesi valumaan seiniltä kaivoksen tasoille.

4.3 Liukkauden torjunta

Tavallisesti teillä liukkaudentorjunta tapahtuu suolaamalla tai hiekoitussepelillä. Näistä voidaan myös tehdä sekoituksena suolasepeliä, joka toimii parhaiten -7 pakkasasteesta lämpimämpään. Kaivoksilla yleisesti käytetään liukkaudentorjuntaan 8/26 sepeliä, eli niin sanottua pyrytavaraa.

4.3.1 Suolaamalla

Liukkaudentorjunta suolaamalla perustuu suolan tehoon sulattaa tienpintaan muodostunut jää ja tielle satanut tai polkeutunut lumi. Parhaiten suolaus tehoa, kun sen kerkeää tehdä hieman ennakoon, silloin saadaan estettyä tienpinnan jäätyminen ja polanteiden syntyminen. Kaivoksilla varsinkin liuossuolausta ei käytetä, koska pahimmillaan tienpinta pehmenee niin paljon, että liikkuminen painavilla kaivosautoilla vaikeutuu ja teitä joutuu korjaamaan. Lisäksi myös polttoaineen kulutus nousee huomattavasti, kun kiviautolla joutuu ajamaan kovan pinnan sijaan huomattavan pehmeää ajouraa.

Sen sijaan kaivoksella käytetään suolasepeliä, kun keli lähestyy nollaa ja on vaara, että tiestö muuttuu vaarallisen liukkaaksi. Tässäkin tapauksessa yritetään ennakoida varsinkin syksyn aikaan keliä ja toteuttaa suolasepelin levitystä hieman etukäteen, ennen kuin tienpinta on jäässä, sataa alijäähtynyttä vettä tai paljon lunta. Silloinkin suolasepeliä käytetään pääsääntöisesti vain rampeissa, jotka voivat kelin ollessa nollan tuntumassa muuttua vaarallisen liukkaiksi kiviautojen jatkuvan ajon aikana. Yleensä kaivoksilla on valmiiksi tehty kasa suolasepeliä, että sitä saadaan nopeasti käyttöön, kun tilanne niin vaatii. Ohjearvona suolan määrälle voidaan pitää myös suolahiekoituksessa käytettyä määrää eli 20–100 kg/kuutio, riippuen sääolosuhteista. (Tie- ja vesirakennuslaitos, 1976, 180)

4.3.2 Hiekoitussepelillä

Normaalisti autoteillä käytetään hiekoitussepelinä 3/6 sepeliä, mutta kaivoksella käytössä on 8/26 sepeli, jota käytetään liukkaudentorjuntaan pyrytavarana. Tämä karkeus toimii suurten kaivosautojen renkaiden alla hyvin ja tiellä pystyy ajamaan myös henkilöautolla ilman jatkuvia rengasrikkoja. Tämä levitetään tavallisella kuorma-autolla, jossa on talvivarustus eli lämpölava ja sepelinlevitin perässä. Sepeliä ei tulisi levittää liikaa, ettei tule ”kuulalaakeriefektiä”, eli sepeli jää pyörimään jäänpinnalle, jolloin tie pahimmassa tapauksessa muuttuu entistä liukkaammaksi ja varsinaista hyötyä siitä ei enää ole.

Mikäli tiestöä valmistellaan lastauskoneiden liikuttamista siirtopyörillä, niin sepelin sekaan tulisi lisätä hieman 0/16 tai 0/32 mursketta, että mukaan tulee myös nollapäätä. Tällöin kiviauton rengas pitää paremmin rinteessä, kun jään päällä on myös hienoainesta pelkän sepelin sijasta.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia kuinka E. Hartikainen Oy:llä voitaisiin yhtenäistää ja tehostaa teiden kunnossapidon ohjeistusta ja tutkia kuinka saadaan kustannustehokkain tapa toteuttaa pölyntorjuntaa suolauksen avulla. Suurimpana haasteena työtä tehdessä oli, että kaivosteiden kunnossapidosta ei ole varsinaista materiaalia niin kuin tavallisen tiestön hoidon suhteen on. Työtäni tehdessä opin huomattavan paljon varsinkin erilaisista kunnossapitometodeista ja pölyntorjunnasta.

Kaivoksella käytettävän kaluston vuoksi tiestöltä vaadittava rasituksen kesto on huomattavan paljon suurempi kuin tavallisilla teillä. Lisäksi varsinaista ohjetta ei yritykseltä aikaisemmin löytynyt vaan tieto ja taito on kulkenut erittäin ammattitaitoisen henkilöstön sisällä työntekijältä toiselle. Onneksi työntekijät olivat avuliaita neuvomaan ja opastamaan tarvittaessa, mikäli kysymyksiä kunnossapidosta tuli.

Yrityksen sisällä pölyntorjunnan kehittäminen käyttämällä hiutalesuolaa tai itsetehtyä suolaliuosta oli myös mielenkiintoinen projekti, josta sai paljon hyvää oppia tulevaisuutta ajatellen. Lopputuloksena syntynyt säiliöauto, jolla suolaliuosta pystyi valmistamaan pienempiä määriä, jäi yrityksen käyttöön muttei sitä enää käytetty Siilinjärven kaivoksella. Tulimme siihen johtopäätökseen, että hiutalesuolalla pölyntorjunta tässä ympäristössä on huomattavan paljon nopeampaa ja tehokkaampaa. Lopputulos pölyntorjunnan kannalta oli lähes sama näillä menetelmillä, vaikka suolaa kuluikin hieman enemmän hiutalesuolaus menetelmää käyttäen, kun käytimme pölyntorjuntasuolana kalsiumkloridia. Materiaalina tästä syntyi ohje, kuinka valmistaa suolaliuosta pölyntorjuntaan edellä mainitulla säiliöautolla. Kyseinen laite sopii tähän käyttöön, jos tarvetta on pienemmän alueen suolaamiseen.

Yhtenä materiaalina syntyi myös tiestön talvikunnossapitoon yleismallinen ohje uusille työntekijöille, joilla ei juurikaan ole aikaisempaa kokemusta teiden talvikunnossapidosta. Ohjeessa on lueteltu yleisohjeita talvikunnossapitokaluston käytöstä ja kuinka tulisi kelin kehittyessä toimia. Varsinkin tiehöylällä tienpinnan karhentaminen käyttäen tappiterää voi olla täysin tuntematon käsite osalle uusia työntekijöitä, koska tiehöyliä käyttö on vähentynyt huomattavasti nykyaikana.

6 LIITTEET

Liite 1. Ohje suolaliuoksen tekoon pölyntorjunnassa. (Ei julkinen.)

Liite 2. Ohje talvikunnossapitoon uusille työntekijöille. (Ei julkinen.)

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

LIIKENNEVIRASTO Ohjekortti YKSITYISTEN TEIDEN PARANTAMINEN JA KUNNOSSAPITO. [Viitattu 2021-5-15] Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf2/kunnossapidon_ohjekortit/polynsiononta.pdf

E. Hartikainen Oy, 2021. [Viitattu 2021-12-6] Saatavissa: <https://www.hartikainen.com/maarakennus/referenssit>

HOFFMAN Design of surface roads. [Viitattu 2021-10-12] Saatavissa: <http://www.ijste.org/articles/IJSTEV2I11114.pdf>

PAALUMÄKI Tauno, LAPPALAINEN Pekka, HAKAPÄÄ Antero, 2015. Kaivos- ja louhintatekniikka. Helsinki: Opetushallitus

HARTIKAINEN Olli-Pekka 2003. Tietekniikan Perusteet. Helsinki: Hakapaino Oy

THOMPSON R.J, VISSER A.T. Mine haul road maintenance management systems [Viitattu 2021-12-6] Saatavissa: https://drive.google.com/file/d/1q1NpWWIGcMjgXbGR9WB4anKQqrsPQx_K/view

LIIKENNEVIRASTO. Teiden talvihoito. 2001 [Viitattu 2021-10-12] Saatavissa: <https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2230006-01i.pdf>

TIE- JA VESIRAKENNUSLAITOS, 1976, Tien kunnossapito. Kajaani: Kainuun Sanomain Kirjapaino Oy