



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Ville Lehtimäki

Kierrätysluokan käyttö liikkau- den torjunnassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

6.4.2021

Tekijä Otsikko	Ville Lehtimäki Kierrätys-suolaliuoksen käyttö liukkauden torjunnassa
Sivumäärä Aika	42 sivua 6.4.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Infratekniikka
Ohjaajat	Lehtori, Mika Räsänen Työmaapäällikkö, Sami Ylikarjula
<p>Tutkimuksen tavoitteena oli saada tarkat määritelmät kierrätetyn suolaliuoksen tehoavuudesta liukkaudentorjunnassa sekä käytäntöön soveltuvuudesta.</p> <p>Liukkauden torjunnassa on viime aikoina ollut käytössä perinteinen liukkaudentorjunta suola, joka ei ole kierrätettyä. Tässä projektissa keskityttiin tutkimaan kierrätetyn suolaliuoksen tehoavuutta liukkauden torjunnassa.</p> <p>Tutkimuksessa toteutettiin kierrätys-suolaliuoksen käytännön kokeet maantie 126:lla Karkkilan kunnan alueella. Toteutuksessa käytettiin apuna kitkamittareita sekä tiesää asemilta saatuja dataa. Lisäksi saatiin todettua silmämääräisesti kierrätys-suolaliuoksen tehoavuus. Kierrätys-suolaliuoksen tehoavuuden todentamisen helpottamiseksi, koekäyttöalue oli jaettu kahteen osaan, joista toiselle osalle käytettiin liukkauden torjunnassa perinteisesti käytettyä liukkaudentorjunta suolaa ja toiselle osalle kierrätettyä suolaliuosta.</p> <p>Työn tuloksena saatiin toteutettua tarvittavat kitkamittaukset ja niiden tulokset, joita voidaan hyväksi käyttää tulevaisuudessa, kierrätettyä suolaliuosta käytettäessä liukkaudentorjunnassa Destia Oy:llä.</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin Destia Oy:lle ekologisemman sekä taloudellisemman liukkaudentorjunnan kehittämiseksi yhteistyössä Fortumin kanssa, Karkkilan kunnan alueella. Tutkimuksen tavoitteena on saada tarkat tiedot kierrätys-suolaliuoksen tehoavuudesta liukkaudentorjunnasta sekä soveltuvuudesta käytännössä. Työ on suunnattu Destia Oy:n sisäiseen käyttöön ja erityisesti kunnossapidon puolelle.</p>	
Avainsanat	Liukkaudentorjunta, kierrätys-suola

Author Title	Ville Lehtimäki Usage of recycled salt brine in anti-slip treatment
Number of Pages Date	42 pages 6.4.2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Infrastructure Engineering
Instructors	Lector, Metropolia, Mika Räsänen Site Manager, Destia Oy, Sami Ylikarjula
<p>The purpose of the thesis was to accurately determine the effectiveness and suitability of recycled brine as an anti-slip treatment.</p> <p>Traditional non-recycled salt and brine solution is currently being used for de-icing. This thesis focuses on the study of the effectiveness of recycled salt and brine solution in de-icing.</p> <p>Practical tests for the study of the recycled salt were carried out on road 126 in the municipality of Karkkila. Optical friction meters and data from road weather stations was used in the implementation. To facilitate verification of the efficacy of the recycled salt and brine solution, the test area was divided into two parts, one for the traditional salt and the other for recycled salt brine. Thus, it was possible to visually obtain the actual efficacy of the recycled brine solution.</p> <p>The practical tests provided the necessary friction measurement results, which show a good possibility for the usage of recycled salt brine solution as anti-slip treatment at Destia Oy in the future.</p> <p>This Bachelor's thesis was done for Destia Oy for the development of more ecological and economical anti-slip control in cooperation with Fortum, in the municipality of Karkkila. The purpose of the thesis was to gain practical information on the effectiveness and suitability of the recycled salt and brine solution in terms of anti-slip properties. The thesis was conducted for internal use and especially for the road maintenance unit.</p>	
Keywords	anti-slip treatment, recycle salt

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tavoite	2
1.2	Tutkimuksen rajaus	3
1.3	Tutkimuksen teettäjä	3
2	Työn taustaa ja lähtökohdat	4
2.1	Tutkimustarve	4
2.2	Tutkimuskohde	5
3	Liukkauden syntyminen	7
3.1	Määrän tienpinnan jäätyminen	7
3.2	Kuura	8
3.3	Pakkasliukkaus	8
3.4	Hurre	8
3.5	Lauhtumisen aiheuttama liukkaus	9
3.6	Jäätävä sade	9
4	Liukkaudentorjunnan onnistuminen	10
4.1	Liukkaudentorjunta	10
4.2	Toiminta eri sääolosuhteissa	11
4.3	Liukkaudentorjunnan laatuvaatimukset	12
4.4	Kelikeskus talvihoidon ohjauksessa	13
4.5	Tiedonkeruu- sekä raportointijärjestelmä	14
4.6	Raportoitavat työt	18
4.6.1	Liuosuolaus	19
4.6.2	Kostutettu suolaus	19
5	Tutkimus	20
5.1	Tutkimusmenetelmät	21
5.1.1	Liuksien säilyminen	21

5.2	Liuoksen tuotantokäyttöön soveltuvuus	24
5.2.1	Liuoksen ominaisuudet	25
6	Tulokset	27
6.1	Eri sääolosuhteet	28
6.2	Silmämääräinen havainto tehoavuudesta	28
7	Palautteet	32
7.1	Haastattelut	33
8	Yhteenveto ja pohdinta	35
	Lähteet	37

Lyhenteet

CaCl ₂	Kalsiumkloridi
ELY	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
NaCl	Natriumkloridi
TIEOS	Tieosasto
TVH	Tie- ja vesirakennuslaitos

1 Johdanto

Valtion teiden talvikunnossapito valtion toimesta on aloitettu jo 1920-luvulla, jolloin koneellinen teiden kunnossapito alkoi. Sitä ennen yleisten teiden rakentaminen sekä kunnossapito kuului lähinnä talonpoikaisväestön harteille. 1964-1990-luvuilla Suomen teiden kunnossapidosta vastasi TVH (Tie- ja Vesirakennuslaitos) aina vuoteen 2000 saakka. Siitä eteenpäin vuosina 2000-2010 valtion teiden kunnossapidosta vastasi Tiehallinto ja vuodesta 2010 eteenpäin kunnossapidosta vastasi Liikennevirasto, joka vuoden 2019 alussa muutettiin Väylävirastoksi. Nykyisin hallinnossa oleva Väylävirasto vastaa valtakunnallisten vesi-, rata- ja tieväylähankkeiden toteuttamisesta. [5.]

Teiden talvihoidosta vastaa Väylävirasto sekä ELY-keskukset. ELY-keskus kilpailuttaa maanteiden ja niihin liittyvien alueiden ja varusteiden hoidon urakoitsijoiden kesken tietyn väliajoin. Kilpailuttavia urakka-alueita koko maassa on noin 80, joihin sisältyy mm. teiden talvihoito, sorateiden, levähdys- ja P-alueiden, viheralueiden ja pysäkkien hoito, liikennemerkkien huolto ja pystytys, pientareiden ja viheralueiden niitto, vesakonraivaus ja päällysteiden paikkaus. Suuremmat tienparannukseen liittyvät toimenpiteet kuten esimerkiksi siltojen kunnostaminen tai tien rungon vahvistaminen eivät sisälly alueurakkaan. [7.]

Teiden talvihoitotöihin kuuluu mm. lumen ja sohjon poisto, polanteen tasaus ja karhennus sekä liukkaudentorjunta (suolaus ja hiekoitus). Liukkaudentorjunnassa on ollut pitkään käytössä perinteiset liukkaudentorjuntamenetelmät. Liukkautta on torjuttu Suomen valtion maanteillä pääosin suolan avulla, joka sulattaa jo olemassa olevan jään tai estää jään syntymisen. Liukkaudentorjunnassa käytetään suolaa, jotta tien pinta olisi talvella-kin riittävän pitävä ja jotta liikenne sujuisi ja olisi turvallista. Vilkailla teillä pienetkin määrät liukkautta saattavat johtaa vakaviin seurauksiin. Suolan käytöllä pyritään ehkäisemään tien liukkaus, jonka avulla saadaan hyödynnettyä asfaltin omaa kitkaa. Liukkaudentorjunnassa suolaa käytetään lähinnä silloin, kun lämpötila on $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ tai sen yläpuolella. Lämpötilan laskiessa alle $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$:n ($-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ Is-luokan tiellä) suolaa ei yleensä käytetä, sillä se ei enää niin tehokkaasti estä jään syntymistä. Lisäksi on vaarana, että suolan avulla sulanut vesi jäätyy uudestaan ja normaalia liukkaammaksi. Parhaimmillaan suolan levitys voidaan aloittaa muutamia tunteja ennen tien mahdollista jäätymistä ja täten

viivyttaa, tai ehkäistä jopa kokonaan mahdollinen liukkauden syntyminen. Ennusteiden pettäessä suolaus saattaa osoittautua turhaksi, mutta nämä muutamat kerrat eivät lisää suolan kulutusta merkittävästi. [1.] [2, s. 37.]

Teiden ennakkosuolaus on aloitettu vuonna 1983 ja siitä neljä vuotta myöhemmin asetettiin tavoitteeksi, että kaikkien pääteiden pinnat pysyisivät paljaana läpi vuoden. Tämä lisäsi huomattavasti liukkaudentorjuntakemikaalien käyttömääriä. Ennakkosuolauksella pyritään siihen, että liukkautta ei pääse syntymään ja toimenpide aika ei käynnisty. Ennakoiva liukkaudentorjunta mahdollistaa pidemmät hoitoreitit ja on usein edellytys sille, että pysytään toimenpideajoissa. [11, s. 4.]

Suolan lisäksi liukkautta pystytään torjumaan hiekan avulla. Hiekan avulla liukkautta ei pystytä ennakkoon torjumaan, joten hiekkaa käytetään liukkaudentorjunnassa vasta liukkauden syntymisen jälkeen. Hiekoitusmateriaalina toimii yleensä hiekka mutta joissakin tilanteissa myös mursketta voidaan käyttää. Hiekan maksimiraekoko on pääteillä sekä kevyen liikenteen väylillä 6 mm ja muilla teillä 8 mm.

Destia Oy on Suomen suurin infra-alaan keskittynyt palveluyhtiö. Destia suunnittelee, rakentaa ja ylläpitää liikenneväyliä ja ratoja, liikenne- ja teollisuusympäristöjä sekä kokonaiselinympäristöjä ainutlaatuisen infran avulla. Destialla on yhteensä 42 kpl (12/2020) maanteiden hoitourakoita, joissa suoritetaan talvikautena muiden hoitotöiden lisäksi liukkauden torjuntaa sekä lumen aurausta. Maanteiden hoitourakoiden lisäksi Destialla on myös kaupunki urakoita, joissa suoritetaan myös talvikunnossapitoa. [1.] [8.]

1.1 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksessa selvitetään rajoitetulla tiealueella usean kuukauden aikana, miten kierrätys-suola toimii liukkaudentorjunnassa verrattuna ei-kierrätettyyn liukkaudentorjuntasuolaan. Tavoitteena on selvittää, pystytäänkö liukkaudentorjunnassa käytettävästä suolasta tekemään ekologisempaa sekä ympäristöystävällisempää tinkimättä yhtään liukkaudentorjunnan laadusta. Tutkimuksessa kokeiltavan kierrätetyn suolan tavoitteena olisi tuoda markkinoille uusi, entistä ympäristöystävällisempi liukkaudentorjunta materiaali, jossa hyödynnettäisiin haitaksi aiheutuneita klorideja, joita ei vielä ole saatu hyötykäyttöön. Tutkimuksen kannalta toivottavaa olisi, että kierrätetty suola toimisi

liukkaudentorjuntamateriaalina liukkaudentorjunnassa vähintäänkin yhtä hyvin kuin ei-kierrätetty liukkaudentorjuntasuola. Kestävän kehityksen näkökulmasta olisi suotavaa saada markkinoille liukkaudentorjuntasuola, joka vähentäisi kasvihuonepäästöjä, laskisi hiilijalanjälkeä ja edesauttaisi ilmastomuutoksen hidastamista kunnossapidon puolelta.

Tavoitteena on saada tarkat tiedot kierrätysuolaliuoksen tehoavuudesta liukkaudentorjunnasta sekä soveltuvuudesta käytännössä. Tavoitteena olisi saada hyvät tulokset suolan käyttöön soveltuvuudesta, jotta kierrätetty suolaliuos saataisiin käyttöön mahdollisimman pian.

1.2 Tutkimuksen rajaus

Tutkimuksessa otetaan selvää kierrätetyn suolaliuoksen toimivuudesta käytännössä silmä määräisesti sekä tekemällä kitkamittauksia. Kitkamittauksia tehdään mahdollisimman usein ennen suolausta sekä suolauksen jälkeen, jotta saadaan tarkat tiedot siitä, onko suolaliuos tehonnut liukkautta vastaan. Lisäksi suolaliuosta otetaan säilöön läpinäkyviin suljettuihin purkkeihin, jotta nähdään, tapahtuuko suolaliuokselle mitään ajan kuluessa.

Kierrätysuolaliuoksen kustannuspuolen asioihin ei oteta kantaa tutkimuksessa, mutta todennäköistä on, että pidemmällä ajanjuoksulla kustannukset alenisivat.

1.3 Tutkimuksen teettäjä

Tutkimus tullaan toteuttamaan yhteistyössä Destia Oy:n sekä Fortumin kanssa. Destia Oy suorittaa kierrätetyn suolaliuoksen käytännön kokeilun eli itse suolauksen sekä varastoinnin ja Fortum tuottaa Destialle kierrätetyn suolaliuoksen Fortumin jätteenpolttolaitoksen kautta, josta saadaan tarvittavat kloridit kierrätettyyn suolaliuokseen.

2 Työn taustaa ja lähtökohdat

2.1 Tutkimustarve

Ilmastonmuutoksen aiheuttamat keliolosuhteet näyttäisivät lisäävän talvikunnossapidon kustannuksia, erityisesti liukkaudentorjunnan osalta. Leudot ja sateiset talvet kiihdyttävät teiden urautumista sekä muuttavat lumipolanteisen pinnan nopeasti jääpolanteeksi. Päälysteiden reikiintyminen ja rapautuminen lisääntyy sulamisen ja jäätyamisen yhteisvaikutuksesta. Samanaikaisesti tiestöä rasittaa yhä kasvaneiden kuljetusten määrä yhdistettynä kasvaneisiin sallittuihin kokonaispainoihin. Lisääntynyt sademäärä kohottaa pohjaveden pinnan tasoa, jolloin erityisesti alemman hoitoluokan tiestön kantavuus heikkenee. Talvikelit ovat nykyisin yllätyksellisempiä kuin ennen. Liukkaudentorjunnassa tulee enemmän suolauskertoja leutojen talvien aikana, jonka takia kierrätetty suolaliuos on erittäin ajankohtainen asia.

Kierrätys-suolan käyttäminen liukkaudentorjunnassa pohjautuu kiertotalousmenetelmään, jonka tavoitteena on pitää materiaalit mahdollisimman pitkään kierrossa niin, että niiden arvo samalla säilyy. Kiertotaloudessa tuotanto ja kulutus synnyttävät mahdollisimman vähän hukkaa ja jätettä. Kierrätetyllä liukkaudentorjuntasuolalla kiertotaloudessa on vahvat ympäristö- ja ilmasto-ominaisuudet, jotka kytkeytyvät arvon säilyttämiseen klorideissa, jotka muuten olisivat haitaksi ympäristölle. Ympäristömyötäinen tuotesuunnittelu, tuotteen käyttöön pidentäminen, uudelleenkäyttö sekä kierrätysraaka-aineiden käyttö uusien tuotteiden valmistuksessa ovat avainasemassa kyseisessä tutkimuksessa. Tässä kyseisessä tutkimuksessa käytetään etenkin *Refuse*-periaatetta, eli ajatellaan tuotteen tarpeellisuutta ja toteutetaan tuotteen käyttötarkoitus täysin erilaisella tuotteella.

Kierrätys-suola on erittäin ympäristöystävällinen tuote, sillä tuotteen kehityksessä, joilla olisi muuten haitallisia vaikutuksia ympäristölle, vältetään vähäisiksi sen uusiokäytön ansiosta. Lisäksi kyseisen tuotteen hiilijalanjälki on ekologinen. Kierrätetyn suolaliuoksen ansiosta liukkaudentorjunnassa syntyvät kasvihuonekaasut pienenevät.

Tähän mennessä liukkaudentorjunnassa on käytetty pääosin natriumkloridia sekä kalsiumkloridia, joissa ei ole ollenkaan kierrätettyjä ainesosia.

Kierrätettyä suolaa tullaan tutkimuksessa käyttämään täysin vastaavalla tavalla liukkauden torjunnassa kuin normaaliakin, ei-kierrätettyä liukkaudentorjuntasuolaa. Kierrätys-suolaliuoksen ansiosta saadaan ongelmaksi koituneita klorideja uusiokäyttöön ja tämän avulla saadaan myös hiilijalanjälkeä suolan käytössä liukkaudentorjunnassa pienemmiksi. Ongelmaksi koituneet kloridit, joita pystytään hyödyntämään liukkaudentorjunnassa, saadaan Fortumin jätteen polttolaitoksen kautta, jossa koko suolaliuos toteutetaan.

Taloudellisten ratkaisujen puolesta Destialla on hyvät resurssit suorittaa kierrätys-suolaliuoksen käyttökoe laajan liukkauden torjuntaan keskittyneen kaluston sekä käytännön kokeiluun soveltuvan hoitourakan ansiosta.

2.2 Tutkimuskohde

Maantie 126 valittiin kierrätys-suolan käyttökoe alueeksi. Kyseinen maantie alkaa Karkkilan keskustasta (Valtatie 2:n ja Seututie 133:n liittymästä), ja päättyy Lohjan Ikkalaan. Tien hoito sekä ylläpito kuuluu Destialle, Nummen alueurakalle, jonka toimisto sijaitsee vain muutaman kilometrin päässä itse koekäyttö kohteesta. Maantie 126 on Is -luokan tie, jossa toimenpideaika on 2 tuntia sekä keskimääräinen vuorokausi liikenne on n. 3000 ajoneuvoa. Kyseinen maantie sijaitsee kahden tiesääseman välissä, joista saadaan myös tarvittavia säätietoja tarpeen tullen eikä ko. maantiellä ole pohjavesialueita, joita olisi tarvinnut ottaa huomioon suolan käytössä. Kyseinen maantie sijaitsee Lohjan ja Karkkilan kunnan alueella. Käyttökoealue sijaitsee Karkkilan kunnan alueella, joten lupiasioiden kanssa ei byrokraattisten asioiden takia tarvinnut miettiä, kunhan suostumus saatiin itse kunnalta.

Is-luokan tie tulee olla pääosin paljas. Pyrkimyksenä on hyvä pito, mutta sään muutostilanteissa voi lievää liukkautta esiintyä. Kylminä ajanjaksoina tiellä voi olla jonkin verran pitkittäisiä ohuita polannekaistoja, jotka eivät erityisesti vaikuta ajamiseen. Pitkinä pakkauskausina, jolloin suolaus ei ole mahdollista, voi tien pinta olla osittain jäinen. Liukkaus torjutaan pääsääntöisesti ennakoivilla toimenpiteillä. Is-luokan teillä liukkaudentorjunta edellyttää kemikaalien käyttöä, tavallisesti käytetään joko ruokasuolaa (vuorisuolaa) NaCl tai kalsiumkloridia.

Koko käyttökoe tiealueen (mt. 126) pituus on n. 7,7 km, josta n. 3,9 km:ssä tullaan käyttämään kierrätysosuutta. Loppu käyttökokeen tiealueella (n.3,8 km) tullaan käyttämään tavanomaista suolaliuosta sekä raesuolaa kokeen vertailun helpottamiseksi.

Tutkimuskohde, jossa kierrätettyä suolaliuosta käytetään, alkaa tieosoitteesta 126/1/1940 ja päättyy tieosoitteeseen 126/1/5700. Kohteen alkupää (126/1/1940 - 126/1/2780) on taajama-alue, jossa on 50 km/h nopeusrajoitus n. 840 metrin matkalla. Tieosoitteesta 126/1/2780 eteenpäin on taajama-alueen ulkopuolella, johon on asetettu 80 km/h nopeusrajoitus.



Kuva 1. Tienkäyttäjille on ilmoitettu liikennemerkein tiealueella suoritettavasta liukkauden torjunta kokeilusta

Tielle asennettiin liikennemerkit tienkäyttäjiä varten, jotta he tietävät mahdollisista tiellä syntyvistä liukkauksista, mikäli kierrätetyn suolan käyttö liukkaudentorjunnassa ei onnistu.

3 Liukkauden syntyminen

Vuodenajalla on suuri vaikutus keliin. Syksyisin vuorokauden aikana tapahtuva lämpötilan vaihtelu on huomattavaa ja sateen olomuoto vaihtelee veden, rännän ja lumen välillä. Myös keväisin vuorokauden aikana tapahtuvat lämmönvaihtelut ovat nopeita ja suuria. Keväisin tiet yleensä kuivuvat nopeasti, mutta vaaratekijänä ovat jäiset varjopaikat sekä sulamisvesien jäätyminen. Keväisin ongelmaksi koituu usein myös alemmalla tieverkolla lauhtumisen takia tapahtuvat polanteiden peltämiset, joka tekee tien polanteen pinnasta epätasaisen. Talvisin kelin määrittävät pääsääntöisesti matala- sekä korkeapainealueet. Yleensä talvisin kelien muutokset ovat hitaampia ja helpommin ennustettavissa. Tyypillisimmät onnettomuustilanteet tapahtuvat talvisin, jolloin matalapaine kulkee Suomen yli ja lumisateet sekä tuulet voimistuvat. Tienpinnan lämpötilaan vaikuttavat monet eri asiat, kuten pilvisyys, sade, tuuli, pintamateriaalit, routaeristeet, auringon säteily päivällä ja lämmön ulossäteily yöllä sekä erityyiset taitorakenteet kuten sillat. Maaston topografialla sekä geometrialla on myös suuret vaikutukset liukkauteen liittyvissä asioissa ja sen syntymisessä. Talvisin kun auton renkaan sekä tienpinnan välinen kitka on huono tai pienehkö, niin tienpinta on liukas. Liukkauden sekä kitkan suuruuteen vaikuttavat luonnollisesti myös auton renkaan laatu sekä nopeus niissä tilanteissa, missä rengas pääsee nousemaan sohjon, lumen tai veden päälle liirtoon. Aikaisemmillä toimenpiteillä on myös vaikutusta liukkauden suuruuteen, kuten esimerkiksi aikaisemman suolauskerran suolajäämät saattavat alkamaan sulattamaan uutta jäätä. [4.] [9, s. 20.]

3.1 Märän tienpinnan jäätyminen

Auringon laskeutuessa, auringon säteily vähenee, minkä takia tienpinta luovuttaa ilmaan enemmän lämpöä kuin mitä se saa ulkoapäin. Pilvisellä säällä tienpinnasta poistuva lämpösäteily ei ole niin voimakasta kuin pilvettömällä säällä, koska silloin pilvipeite ei ole estämässä lämpösäteilyn poistumista. Pitkäkestoinen ulossäteily viilentää huomattavasti tienpintaa ja tienpinnan lämpötila laskee nopeammin kuin ilmassa. Tällöin tienpinnan lämpötila tulee selvästi kylmemmäksi kuin ilman lämpötila. Mikäli tien pinta on märkä, voi tienpinnalla oleva vesi jäätyä jo paljon aikaisemmin ennen kuin ilman lämpötila laskee alle 0°C:n. Kuitenkin tällaisissa tilanteissa on mahdollista, että ilman lämpötila pysyy koko ajan nollan yläpuolella, vaikka tienpinta pääseekin jäätymään. [10, s. 16.]

3.2 Kuura

Kirkkaina ja heikkotuulisina syys öinä tienpinnalle muodostuu kuuraa ulossäteilyn vaikutuksesta, koska tie luovuttaa lämpöä nopeasti. Kuuraa syntyy erityisen helposti esimerkiksi silloille, koska siltojen alla ei ole maa-ainesta, joka varaisi lämpöä. Tienpinnan ei tarvitse olla märkä kuuran muodostumiseen. [10, s. 16.]

Kuuraa syntyy, kun ilmassa oleva vesihöyry alkaa härmistyä kiinteään muotoon. Ilmassa oleva vesihöyry alkaa tiivistyä tienpinnalle, kun tienpinnan lämpötila laskee alle kastepistelämpötilan. Mitä suurempi lämpötilaero tienpinnalla sekä kastepisteellä on, sitä enemmän vesihöyryä pääsee tiivistymään. Tiivistymisen ajallinen kesto vaikuttaa siihen, miten paljon kosteutta syntyy tienpinnalle. Silmin valkoisen kuuran voi havaita muutamassa tunnissa siitä, kun vesihöyryn tiivistyminen on alkanut. Kuura ei itsessään välttämättä vielä aiheuta suurta liukkautta, mutta liikenne usein kiillottaa kuuran liukkaaksi. Kesä aikoina ei luonnollisesti synny kuuraa vaan tien pintaan alkaa syntymään kosteutta. [10, s. 16.]

3.3 Pakkasliukkaus

Alle -7 °C:n lämpötiloissa syntyvää liukkautta kutsutaan pakkausliukkaudeksi. Tällöin yleensä teille ei suoriteta kemiallista liukkaudentorjuntaa, suolausta. Pakkausliukkauden syntymiseen vaaditaan liikennettä, alhainen lämpötila sekä riittävä ilman kosteus. Ilman sisältävä kosteus alkaa tiivistyä tien pintaan, kun ilma saavuttaa kastepistelämpötilan. Tiellä tapahtuva liikenne kiillottaa tielle härmistyneen kuuran ja kiillottuu tienpintaan. Renkaiden alla kuura muuttuu hetkeksi nestemäiseksi ja jäätyy uudestaan auton mentyä ohi. Voimakas kiillottuminen saattaa tapahtua mm. liikennevaloliittymissä, pienisateisilla rampeilla sekä mäkisillä tieosuuksilla. [10, s. 17.]

3.4 Huurre

Lämmintä ja kosteaa ilmaa virratessa pakkasen puolella tienpinnalle, alkaa syntymään tiepintaan huurretta. Liikenteen vaikutuksesta alkaa huurre sulamaan osittain, minkä takia alkaa muodostumaan liukasta jäätä. Huurteen ja kuuran muodostumisissa on se

eroa, että huurteen muodostumisessa ei tienpinnassa tapahdu lämpötilan laskemista vaan kosteus alkaa tiivistyä, kun kosteaa ilmaa virtaa tien päälle. [10, s. 16.]

3.5 Lauhtumisen aiheuttama liukkaus

Lauhtumisliukkaus on samantyylinen liukkaudentyyppi kuin huurreliukkaus. Molemmat liukkaustyypit syntyvät, kun lämmintä ilmaa virtaa tienpinnalle. Myös kovilla pakkasilla lauhtumisliukkautta voi esiintyä. Tällöin lauhtuvan ilman kosteus nousee ja pääsee tiivistymään suoraan kylmälle tienpinnalle. Tällainen tilanne on tyypillisimmillään pitkän pakkaskauden jälkeen, joka voi kestää jopa useamman vuorokauden. [10, s. 17.]

3.6 Jäätävä sade

Pakkasen puolella voi sataa lumen sijasta myös vettä. Veden osuessa pakkasella olevalle tienpinnalle, vesi jäätyy ja muodostaa tienpinnalle välittömästi ohuen jääpeitteen, vesisateen suuruuden mukaan. Jäätävä sade syntyy, kun maanpinnan lähellä oleva ilmakerros tai tienpinta ovat pakkasen puolella ja ylempänä ilmakehässä esiintyy lämmin kerros. Jäätävä sade on usein vaikeasti ennustettavissa, koska se on usein paikallinen ja lyhytaikainen ilmiö. [10, s. 17.]



Kuva 2. Auton konepellille satanutta jäätävää vesisadetta, joka jäätynyt auton konepellin pintalämpötilan ollessa pakkasen puolella.

4 Liukkaudentorjunnan onnistuminen

Liukkaudentorjunnan onnistumisen kannalta, ennakointi on tärkeää. Paikallisten kelienusteiden avulla pystytään hyvin ennakoimaan mahdollisen liukkauden syntyminen. Näin ollen pystytään suorittamaan ennakkosuolaus, jolla saadaan torjuttua syntyvä liukkaus. Parhaan vallitsevan tiesään näkee parhaiten paikan päällä tiestöä tarkastaessa.

Tiestöä tarkastaessa yleensä ajetaan tie läpi ja tehdään silmin havaintoja mahdollisista liukkauksista sekä kitkoista. Itse kitkan mittaus suoritetaan autoon kiinnitettävillä kitkamittareilla. Lisäksi urakoitsijoilla on käytössä omat kelikeskuspalvelunsa, jotka auttavat säätilan kehityksessä sekä liukkaudentorjunnan ennakoinnissa. Urakoitsijan paikallistuntemuksesta on myös suuri hyöty. Usein urakoitsijalla on tiedossaan mahdolliset vaarapaikat, joihin liukkautta saattaa syntyä joko aikaisemmin tai suuremmissa määrin (varjopaikat, mäet jne.).

4.1 Liukkaudentorjunta

Liukkaudentorjunnan tavoitteena on tarjota mahdollisuus turvalliseen ja toimivaan liikkumiseen sekä kuljettamiseen koko maassa kohtuullisin kustannuksin ottamalla huomioon tienkäyttäjien liikkumistarpeet Suomen tieverkostolla. Liukkaudentorjunnalla estetään liukkauden synty tai parannetaan tienpinnan kitkaa mekaanisesti tai kemiallisesti. Onnistuneen liukkaudentorjunnan saavuttamiseksi edellytetään torjunnalta suunnitelmallisuutta, oikea-aikaisuutta, osaavaa ammattitaitoista henkilöä sekä toimivia ja tehokkaita työmenetelmiä. [2, s. 36.]

Liukkaudentorjunta pyritään tekemään ennakkoon niin, että liukkautta ei synny ja toimenpideaika ei käynnisty. Ennakoiva liukkaudentorjunta mahdollistaa pidemmät hoitoreitit ja on usein edellytys sille, että toimenpideajoissa pysytään. Liukkaudentorjunnan toimenpideaika alkaa, kun tienpinnan kitka alittaa laatuvaatimuksissa esitetyt arvot. Mitoituksen periaatteena on, että liukkaudentorjuntareittien toimenpideajat eivät ylitä hoitoluokalta. Urakan aikana liukkaudentorjuntasuunnitelmia ja -reittejä tarkennetaan, mikäli toimenpideajoissa pysyminen ontuu.

Mikäli liukkaudentorjunnassa havaitaan laadun alituksia, tulee urakoitsijan näissä tilanteissa suorittaa mahdollisimman nopealla toimenpideajalla tie sen vaatiman laadun tasolle. Pahimmillaan tilaaja voi laatia urakoitsijalla sikon. Sakkoon vaikuttavia asioita on mm. mitä toimenpiteitä on tehty ennen huomattua laadun alitusta, alituksen jälkeiset toimenpiteet sekä laadun alituksen aikana oleva tie- ja sääolosuhde.

4.2 Toiminta eri sääolosuhteissa

Liukkaudentorjuntaa pyritään suorittamaan aina ennakkoon keliennusteiden avulla, eikä vasta silloin liukkaus on päässyt syntymään tien pinnalle. Ennen jään muodostumista tehty ennakkosuolaus, saadaan säästettyä suolan määrää.

Liukkaudentorjuntaan haasteellisimpia ilmastonmuutoksen aiheuttamia tilanteita ovat, kun ilman-, maan- ja tienlämpötila on pakkasen puolella ja sateet tulevat vetenä tai alijäähtyneenä vetenä. Tällöin on vaarana, että päällystetyt pinnat jäätyvät nopeasti ja jääpeite vahvistuu ja muodostuu niin sanottua teräsjäätä. Alemman hoitoluokan tiet ovat yleensä lumipolanteisia ja vesisateella ne muuttuvat äkillisesti jääpolanteiksi.

Suolaa käytetään ainoastaan, kun tien pinnan lämpötila ei ole laskenut alle $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$:n (I-suokan teillä). Joillakin erittäin vilkasliikenteisillä teillä voidaan tarvittaessa suolaa käyttää liukkaudentorjunnassa kovemmillakin pakkasilla harkitusti. Yli $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$:n pakkasilla, mikäli suolaa käytetään liukkauden torjunnassa, on vaarana, että suolalla sulanut vesi jäätyy uudestaan jopa normaalia liukkaammaksi. [1.]

Tien pintaa voidaan suolata myös silloin, kun tien ja ilman lämpötilat ovat plussan puolella. Tämä johtuu joko siitä, että lämpötila on laskemassa tai siitä, että ennustettavissa on kovaa tuulta. Kovalla tuulella kosteuden haihtuminen on suurempaa.

Kierrätysuolan koekäytössä ei huomattu mitään erikoisuuksia toiminnassa eri olosuhteilla. Kierrätysuolaliuos toimi hyvin liukkauden torjunnassa ennakkoon ja tiet pidettyä tilaajan vaatimien laatuvaatimuksien mukaisena.

4.3 Liukkaudentorjunnan laatuvaatimukset

Talvihoitoluokkia on viisi. Kaikki yleiset tie on jaettu hoitoluokkiin. Korkein hoitoluokka on Is ja alin hoitoluokka III.

Talvihoitoluokat Suomessa:

- Ise, 1523 kilometriä, 31% liikenteestä, 28% raskaasta liikenteestä
- Is, 7484 kilometriä, 37% liikenteestä, 28% raskaasta liikenteestä
- I, 519 kilometriä, 2% liikenteestä, 2% raskaasta liikenteestä
- Ib, 13517 kilometriä, 18% liikenteestä, 18% raskaasta liikenteestä
- Ic, 1685 kilometriä, 2% liikenteestä, 1% raskaasta liikenteestä
- II, 15113 kilometriä, 7% liikenteestä, 5% raskaasta liikenteestä
- III, 38111 kilometriä, 4% liikenteestä, 4% raskaasta liikenteestä.

Lisäksi:

- TIb, tietyt taajamatiet
- K1 ja K2, kevyen liikenteen väylät.

Ajoradan kitka on pidettävä sellaisena, että se mahdollistaa sujuvan ja turvallisen tieliikenteen. Kitkavaatimus edellyttää, että tienpinta täyttää sen liikenteen normaalisti käytämällä tieosalla siten, että vähintään puolet ajokaistan leveydestä on kitkavaatimuksen mukainen. Tilanne, jossa kitkavaatimus toteutuu keskitiellä ja ajourien välissä, mutta ajourissa ei täyty vaatimusta. Vilkas liikenteisten teiden kitkavaatimukset on kuvattu taulukossa 2. Taulukosta 2. poiketen, hoitoluokka I on poistunut vuonna 2020. I-luokan tiet on korvattu joko Ib tai Is -luokalla. [9, s. 2-8.]

Taulukko 1. Ajoradan kitkavaatimukset vilkkaimmilla teillä.

Talvihoito-luokka	Kitkavaatimus	Kitkavaatimus kylmässä	Toimenpideaika (h)
Is	0,30	< -6 °C, kitka 0,25	2 h vilkkailta 0 h
I	0,28	< -4 °C, kitka 0,25	2 h
Ib ja Tlb	0,25 syys- ja kevättalvi 0,25 pistehiekoitus vakiintunut talvi 0,22 linjakäsittely vakiintunut talvi		3 h (suolaus) 4 h (hiekoitus)

Talvihoitoluokissa Is kaikki jäätymistilanteet torjutaan ennakoivalla suolauksella niin, että liukkaus vältetään tai ainakin liukkauden haitta ja kesto minimoidaan. Talvihoitoluokissa Ise ja Is tiet pyritään pitämään lähtökohtaisesti ympäri vuoden paljaana ja liukkaudentorjuntamenetelmänä käytetään pääsääntöisesti liuossuolausta (NaCl tai CaCl) ja kostutettua suolausta (NaCl). Talvihoitoluokissa Ib ja Tlb käytetään jokaista liukkaudentorjuntamenetelmää kelin mukaan ja alemmilla talvihoitoluokilla II ja III pyritään tienpäälle syntyvä polanne mahdollisimman aikaisessa vaiheessa talven alussa. Polanteen omaavilla, alemman luokan tiestöillä liukkautta torjutaan karhentamalla polanteen pintaa tai hiekoittamalla. [9, s. 2-8.]

4.4 Kelikeskus talvihoidon ohjauksessa

Kelikeskus on Destian kunnossapitoyksikön talvihoidon ohjauskeskus, jonka avulla pystytään pitämään alueurakoitsijat ajan tasalla vallitsevasta säästä sekä sen mahdollisista yllättävistä muutoksista. Destian sekä ilmatieteen laitoksen yhteinen sää- ja hälytyspalveluja tarjoava kelikeskus edes auttaa hoito- sekä kunnossapito toimintaa. Kelikeskus seuraa ympäri vuorokauden jatkuvasti sään ja kelin kehitystä ja reagoi mahdollisiin muutoksiin. Tarvittaessa kelikeskus hälyttää hiekoitus-, suolaus- tai suolauskaluston liikenteeseen oikeaan aikaan oikealle tielle. Kelikeskus tekee hälytyksen kaluston

liikkeellelähdistä suoraan kunnossapitäjälle tai sitten työnjohdolle, mikäli näyttää siltä, että toimenpiteet on syytä aloittaa. Kelikeskus ohjaajan päätöksenteon tukena ovat mm. tiesääasemat, kelikamerat, satelliittikuvat, tutkakuvat sekä ilmatieteen laitoksen meteorologit. [9.]

4.5 Tiedonkeruu- sekä raportointijärjestelmä

Tämän kokeen toteumanseurannassa käytettiin siihen tarkoitettuja nykyaikaisia laitteita. Koe alueella saadaan kerättyä tietoa kierrätyskuolaliuoksen tehoavuudesta käyttämällä optista kelianturia RCM411, joka on suunniteltu täysin talvikunnossapidon laadunseurantaan sekä toimenpiteiden optimaaliseksi ajoittamiseksi. Suolan käytön suuruuden toteumaseuranta suoritetaan saamalla urakoitsijalta kirjallisesti tiedot siitä, että kuinka paljon suolaa on käytetty minäkin liukkaudentorjunta päivänä. [14, s.1.]

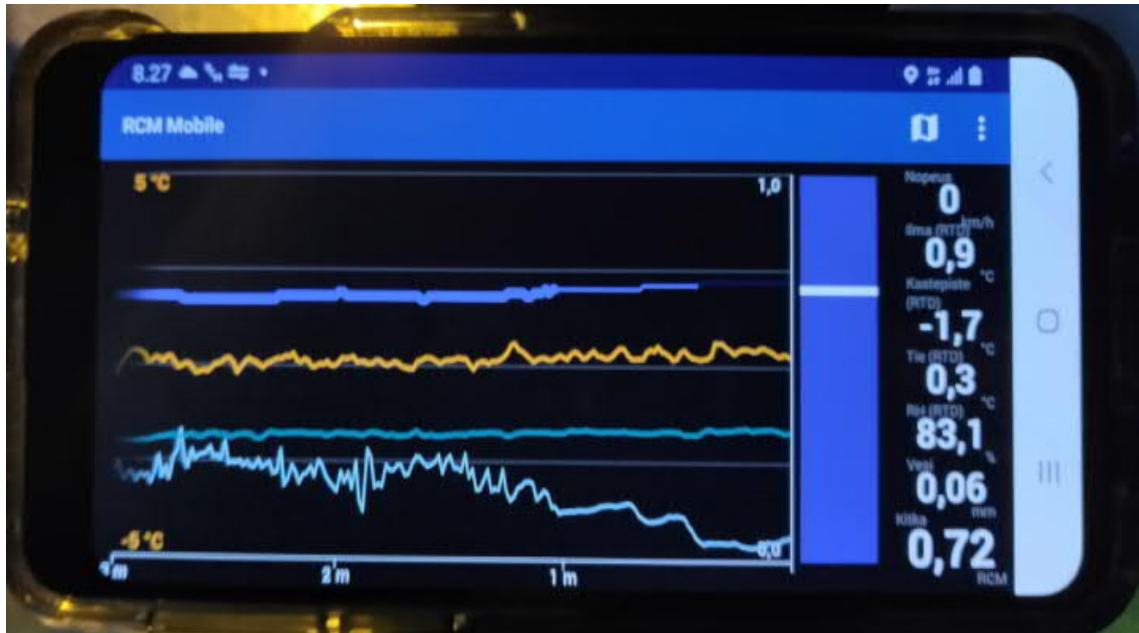
Laitteistoilla saimme mitattua tiestöstä tiedot tien kosteudesta, lumisuudesta sekä kitkan suuruudesta. Anturi lähettää infrapunavaloa tien pintaan ja mittaa heijastuneen valon määrän riippuvuutta valon aallonpituudesta. Koska tunnetusti vesi ja jää vaikuttavat vaihtelevasti eri aallonpituuksilla, voidaan mittaustuloksista päätellä veden olomuoto. Vaimennuksen määrä on suhteessa veden tai jään määrään. Lumi näkyy spektrissä jäänä ja on siten eroteltavissa muuten kovasta jäästä. Mittauksen ja datan käsittelyn suorittaa anturissa oleva mikroprosessori. [13.]

Anturin asentamiseksi täytyy ajoneuvosta löytyä vetokoukku sekä virtapistoke, mihin optinen anturi kytketään. Mikäli vetokoukku ei ajoneuvosta löydy, voidaan anturi asentaa myös takaluokkuun sovittimen avulla. Kelianturi RCM411:n avulla saadaan mitattua tiestöstä mm. kelitilan, vesikerroksen paksuuden, kitkakertoimen sekä tienpinnan reaaliaikaisen lämpötilan. Anturi arvioi tienpinnan tilan, vesi-/jääkerroksen avulla kitkakertoimen. [14, s.2.]



Kuva 3. Henkilöautoon kiinnitetty kelianturi RCM411, jolla saadaan tarkkaa tietoa tien kitkasta sekä muista kitkaan vaikuttavista asioista.

Bluetoothin avulla saadaan siirrettyä kerätty data-antureilta puhelimelle, tabletille tai muille järjestelmille. Tämän lisäksi kaikki data, jota tienpinnasta saadaan kerättyä siirtyvät ne automaattisesti sovellukseen, joka tallentaa paikannustiedot ja lähettää kaikki kerätyt tiedot Mobile Road Condition Map -palvelimelle näytettäväksi. Mobile Road Condition Map -sovelluksen avulla nähdään jokaisen autoon kiinnitetyn kelianturin kerryttämää dataa tienpinnasta reaaliajassa. Sovellus on maailmanlaajuinen, mutta suurin osa data-mittauksista tapahtuu kuitenkin Euroopassa.



Kuva 4. Tuulilasin yläreunaan kiinnitetty puhelin, jossa on auki RCM:n oma mobiilisovellus. Mobiilisovelluksen avulla, puhelimesta näkee reaaliaikaista tietoa tiestön tiedoista kuten mm. kitkasta.

Teconerillä on olemassa myös kitkamittari μ TEC. μ TEC on itsenäinen Android-puhelimen sovellus, joka laskee kitkakertoimen, kun autolla suoritetaan täysjarrutus. μ TEC on hyväksytty Väylän viralliseksi alueurakoiden laaduntarkkailun mittalaitteeksi. Sovelluksen avulla saadaan kitkakertoimen määrittäminen, auton nopeus ja suunta (puhelimien oma GPS) sekä auton tarkka paikka (puhelimien oma GPS). [13.]

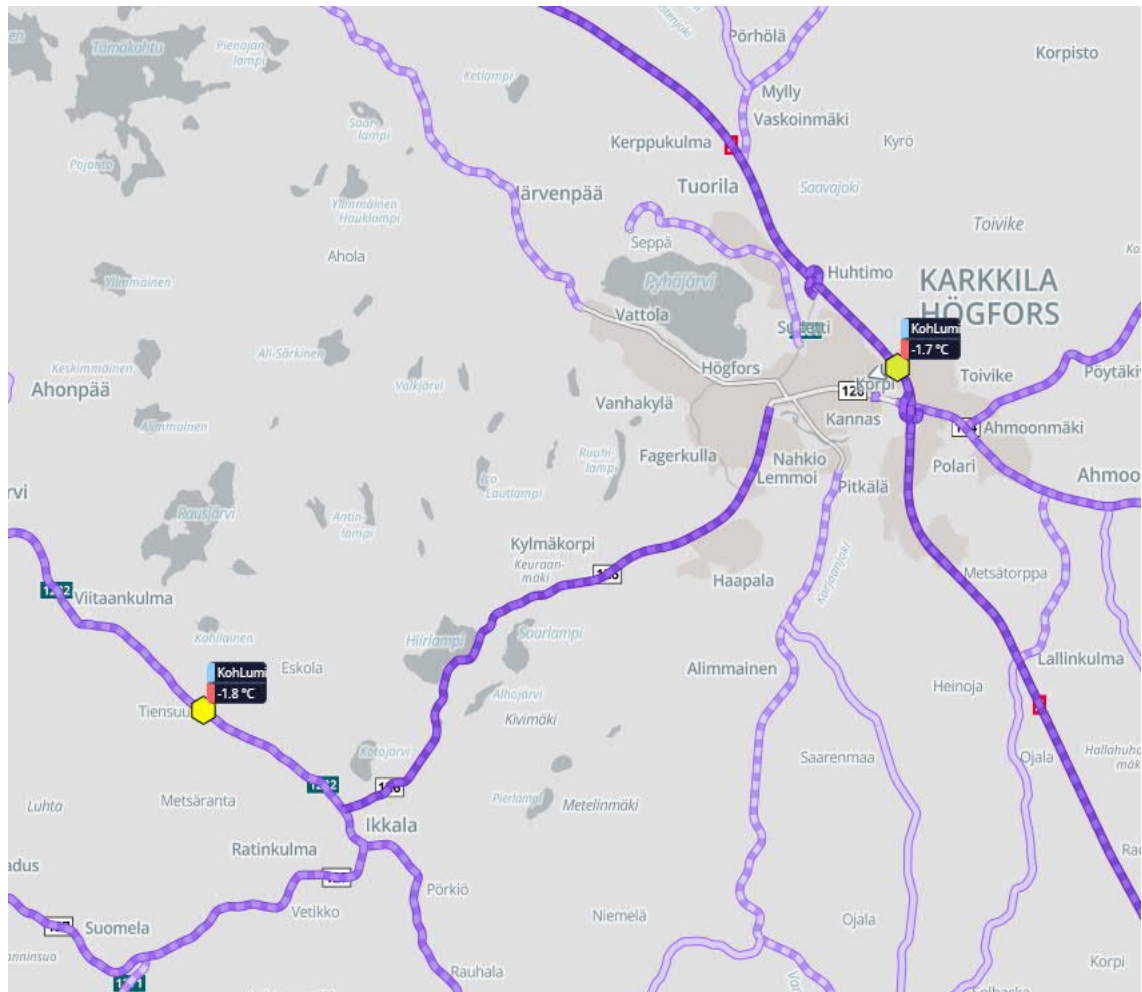
Tienpinnan kitkakerrointa voidaan parhaiten mitata mittaamalla ajoneuvon maksimaalista hidastuvuutta täysjarrutuksessa. Muiden tekijöiden kuin kitkakertoimen vaikutus hidastuvuuteen on talvikunnossapidon tarpeisiin nähden mitätön. μ TEC on puhelimen ohjelma, joka käyttää puhelimen kiihtyvyyssanturia tuon hidastuvuuden mittaamiseen. Anturi antaa kiihtyvyyssiedot kolmessa ulottuvuudessa, jolloin sopivalla matematiikalla voidaan laskea kiihtyvyys/hidastuvuus haluttuun suuntaan. Kun puhelin asetetaan paikalleen ajoneuvoon, voi μ TEC-ohjelma mitata hidastuvuuden riippumatta puhelimen omasta asennosta. Mittaustulosten käsittely sisältää erityistä suodatusta ja muita viisaita algoritmeja, joilla optimoidaan mittauksen nopeutta ja tarkkuutta. Tutkimuksessa ei toteutettu kitkamittauksia μ TEC-ohjelman avulla. [13.]

Taulukko 2. Eri kitka-arvot ja niitä määrittelevät tien liukkaus.

0,00 - 0,14	0,15 - 0,19	0,20 - 0,24	0,25 - 0,29	0,30 - 0,44	0,45 - 1,00
pääkallokehi, märkä jää, erittäin liukas	jäinen liukas	sileä polanne, tyydyttävä talvikeli	pitävä jää- ja lumipolanne, hyvä talvikeli	paljas ja märkä, pitävä keli	paljas ja kuiva, pitävä keli

Käyttökokeen tiealueella (st.126) ei ole omia tiesääasemia. Lähimmät tiesääasemat käyttökokeen tiealueesta ovat tiellä Porintiellä (tieos. 2/13/3800), sekä Karisjärventiellä (tieos. 1282/13/3800). Kyseisiltä tiesääasemilta ei saada tiehen kohdistuvia arvoja koe-käyttö alueelta, mutta näiltä tiesääasemilta nähdään paikallisen alueen muut sääarvot kuten mm. ilman lämpötila sekä paikallisen alueen vallitseva sää. Lisäksi Karkkilassa, Porintiellä sijaitsevalla tiesääasemalle on asennettu kelikamera, jonka avulla tienkäyttäjät voivat katsoa miltä vallitseva sää ja tien kunto näyttävät kyseisellä paikalla.

Tiekameroiden kuvat päivittyvät noin 30-60 minuutin välein. Kaikkien näytettävien keli-kamerakuvien ja säätietojen toimivuus ja ajantasaisuus riippuu useasta eri teknisestä laitteesta. Joskus kuva tai tieto ei välttämättä näy ollenkaan teknisistä sekä muitten ominaisuuksien takia, ja joskus esim. rankan sateen aikana kameran linssi saattaa kastua niin, ettei kuvasta saa selvää. Kelikamera soveltuu hyvin mm. sateen olomuodon havaitsemiseen, lumikertymän havaitsemiseen, pilvisyyden sekä sumun havaitsemiseen sekä tienpinnan kelin arviointiin. Liikenteenohjausyhtiö Fintraffic Oy (vuosina 2018-2020 Traffic management Finland Oy) on Suomen valtioon kokonaan omistama erityistehtäväkonserni, joka toimii liikenne- ja viestintäministeriön omistajaohjauksessa. Fintraffic:in sivustolla näytetään n. 700:n kelikameran välittämät kuvat. [15.]



Kuva 5. Kartalla näkyvät Porintien sekä Karisjärventien sääasemat, joilta saadaan alueen vallitsevan sään sekä tien kelitiedot.

4.6 Raportoitavat työt

Raportoitavina töinä toimivat liukkaudentorjunnassa käytettävät kaksi eri suolaustyyppiä; liuossuolaus sekä kostutettu suolaus. Liuossuolausta käytettiin ennakkosuolauksissa ja kostutettua suolausta käytettiin, kun odotettiin märän tienpinnan lämpötilan laskevan alle $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$:seen.

4.6.1 Liuosuolaus

Liuossuolaus toimii päämenetelmänä ennakoivassa liukkaudentorjunnassa, ja se mahdollistaa hyvin pienten suolamäärien käytön. Liuossuolauksen etuina ovat toimintasäde ja levitysnopeus sekä liuosuolan välitön vaikuttaminen. Liuoksen annostukseen vaikuttaa arvio kelitilanteesta ja sen kehittymisestä. [2, s.41.]

Liuoksen suolapitoisuuden varmistaminen on välttämätöntä aina ennen kuormausta. Liukkaudentorjunta saattaa epäonnistua pahasti, mikäli väkevyys ei ole riittävä. Liuossuola levittyy tasaiseksi kerrokseksi ja laimenee tiellä olevaan kosteuteen. [2, s.41.]

Liuossuolauksen käyttö painottuu pääasiallisesti syksyn sekä kevään vuodenajoille, jolloin pakkasen ei vielä ole suurimmillaan. Liuossuolausta käytetään, kun tien pinnalla on pieni kosteus. Liuossuola levitetään kostean tien päälle, joka estää liukkauden syntymisen ja kostean pinnan jäätymisen. [2, s.41.]

4.6.2 Kostutettu suolaus

Vaatimusten mukainen liukkaudentorjunta edellyttää suolausautomaattien käyttöä. Automaatissa on liuostankit suolan kostutusta varten sekä kuivasäiliö. Laitteella voi levittää kostutettua suolaa, kuivaa suolaa ja pienissä määrin suolaliuosta. Kostutetussa suolauksessa suola sisältää tarvittavan alkukosteuden, joten kontakti tienpinnalle syntyneen jään kanssa suurenee ja tällöin vaikutus jäiseen tienpintaan nopeutuu huomattavasti. Suolan kostutus lisää suolarakeiden painoa sekä sitoo hienoaineisimman suolarakeet. Tämän ansiosta kostutetussa suolauksessa saadaan luotua mahdollisimman vähän hävikkiä sitä levitettäessä tielle. [2, s.40.]

Ohjaamosta suoritetaan suolausautomaatin hallinta. Kuljettaja pystyy säätämään sirottelumäärän, -suunnan ja -leveyden lisäksi kostutuksen määrän portaattomasti 0–100% saakka. Kuitenkin tyypillinen kostutuksen määrä on 25–30%. Kostuttaminen tapahtuu juuri ennen lautasta levittimen lautasella. [2, s.40.]

Mikäli kesken ajon tapahtuu esimerkiksi konerikko, niin väliaikaisena ratkaisuna suolan levitys voidaan toteuttaa kuorma-auton lavalla käsin ennen tielle levittämistä. Lavalle

otetaan vain tarvittavan määrän verran suolaa ja se tasaisesti kostutetaan vedellä 50–100 litraa/ suola m³. [2, s.40.]

Suurin sopiva levitysnopeus kostutetulle suolla on 45 km/h. Mitä kovemalla nopeudella ajetaan kostutetun suolauksen yhteydessä, sitä suurempi on kostutetun suolan hävikki. Tienkäyttäjien tuoma liikenne levittää nopeasti kostutetun suolan koko ajoradalle, jonka takia kostutettu suola olisi tarkoitus levittää n. 3 metrin leveydelle mahdollisimman keskelle ajorataa. Keskelle tietä levitettävä suola tulee mitoittaa niin, että se riittää koko ajoradan leveydelle. Vilkailla 1-ajorataisilla teillä tulee suolata kaista kerrallaan. [2, s.40.]

Tutkimuksessa suoritimme liuossuolauksen lisäksi myös kostutettua suolausta jo olemassa olevan, heikon jään sekä lumen pinnalle.

5 Tutkimus

Tutkimus suoritettiin yhteistyössä Fortumin kanssa. Fortum tuotti Destialle kierrätysuolaliuoksen Fortumin jätteenpolttolaitoksen kautta. Kierrätetyssä suolaliuoksessa käytettiin jätteenpolttolaitokselta saatuja klorideja. Destia Nummen alueen urakoitsijana suoritti liukkaudentorjunnan tutkimuskohteessa kierrätetyllä liukkaudentorjunta suolalla.

Kierrätysuolaliuoksen toimivuus sekä soveltuvuus käytännössä oli tutkimuksen pääasia. Tärkeänä tavoitteena oli tuoda esille kierrätetyn suolaliuoksen toimivuus estämässä syntyvää liukkautta tien pinnalle. Tutkimuksessa tuotiin esille myös kierrätysuolaliuoksen säilyvyys. Säilyvyyden kannalta oli tärkeää seurata, miten suolaliuos säilyy varastoituna, koska liukset joutuvat olemaan pitkiäkin aikoja varastoituna suolaliuossäiliöissä. Lisäksi tutkimuksessa otettiin kantaa kierrätetyn suolaliuoksen teknillisiin ominaisuuksiin. Tarkempia teknillisiä kokeita Fortum on suorittanut laboratorio-olosuhteissa, jossa on suoritettu kierrätetylle suolaliuokselle mm. miten suolaliuos vaikuttaa erilaisiin tierakenteissa oleviin materiaaleihin, miten liuos reagoi jään kanssa ja kuinka hyvin kierrätetty suolaliuos kestää pakkasta verrattuna muihin liukkaudentorjunnassa käytettyihin materiaaleihin.

5.1 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus aloitettiin tutkimalla, löytyykö muita aiheeseen liittyviä opinnäytetöitä sekä otamalla selvää, mitä eri työmenetelmiä liukkaudentorjunnassa käytetään suolauksen osalta. Destia Oy:n aiemmat liukkaudentorjunta menetelmät selvitettiin sekä suolan normaalin kulutuksen määrän talvikauden aikana. Tutkimuksen haastateltavina henkilöinä toimivat Karkkilan kunnan ympäristöpäällikkö sekä Destian laatupäällikkö.

Tutkimuksen aikana tuli ottaa huomioon suolaliuoksen säilyminen sekä liuoksen soveltuvuus käytännössä. Suolan käytäntöön soveltuvuudessa käytetään levittintä, jossa on kaksi erillistä liuossäiliötä. Liuossäiliöistä voidaan vuorotellen pumpata kierrätettyä liuosta sekä ei kierrätettyä liuosta levittimelle. Mekaaninen venttiili estää säiliöiden samanaikaisen käytön. Levittimessä on GPS-pohjainen datankeruu materiaalmääriä ja paikannusta varten. Suolaliuoksen säilymiskokeen takia ostimme paikallisesta tavaratalosta kolme kappaletta lasisia purkkeja, joihin laitoimme vertailuksi jokaiseen eri suolaliuosta. Yhdessä purkissa oli kierrätettyä suolaliuosta, toisessa kalsiumkloridia (CaCl_2) ja kolmannessa oli natriumkloridia (NaCl).

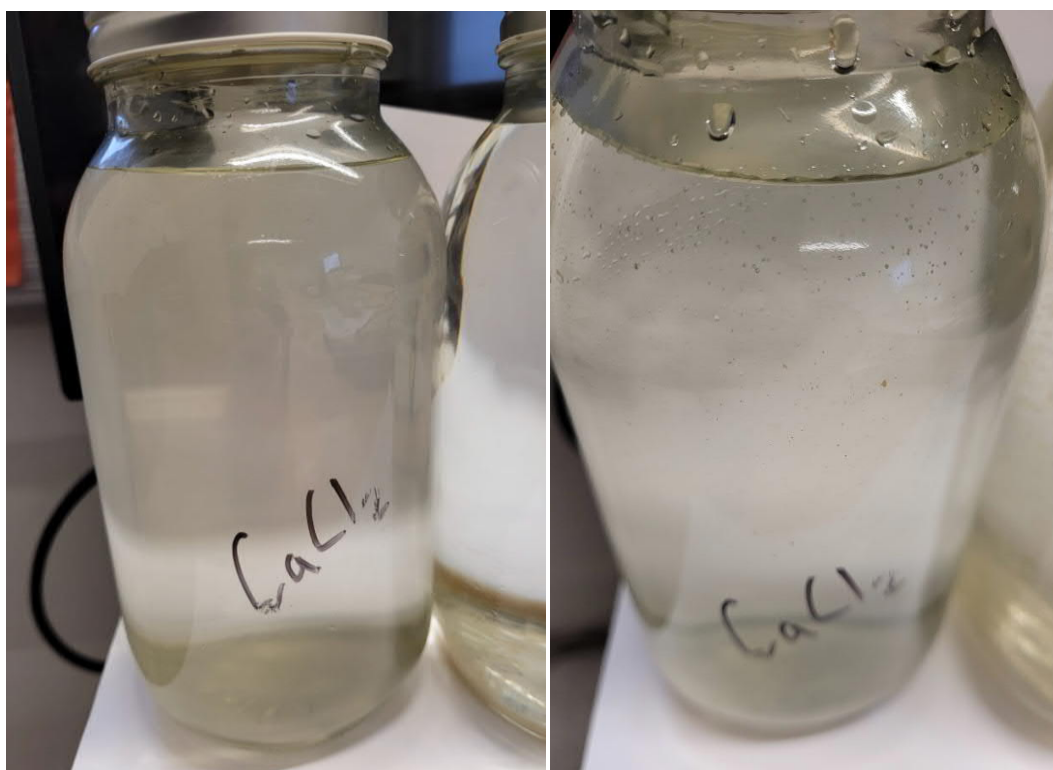
Jotta saadaan tarkat tiedot siitä, että soveltuuko kierrätys-suolaliuos myös käytännössä, suoritimme koealueella kitkanmittauksia nykyaikaisilla kitkamittareilla.

Lisäksi Fortum on suorittanut lukuisia laboratorioskokeita itse kierrätys-suolaliuoksen syövyttävyydestä käytetyille materiaaleille. Lisäksi laboratorio-olosuhteissa on suoritettu jäänsulatuskokeita liittyen jään sulatuskykyyn, jään tunkeutumakykyyn sekä jään alta leikkauskykyyn.

5.1.1 Liuoksien säilyminen

Kokeen alkuvaiheissa otettiin kierrätys-suolaliuksesta, kalsiumkloridisuolaliuksesta (CaCl_2) sekä natriumkloridisuolaliuksesta (NaCl) näytteet lasisiin purkkeihin, jotta nähdään, tapahtuuko liuoksessa muutoksia kokeen aikana. Suolaliukset säilytetään ennen tielle levittämistä suuressa metallisessa säiliössä, joten haluttiin tutkimuksen laajuuden takia ottaa selvää, miten suola ”elää” pienemmässä määrin lasipurkeissa. Lasipurkit olivat värittömiä ja tilavuudeltaan noin litran per purkki.

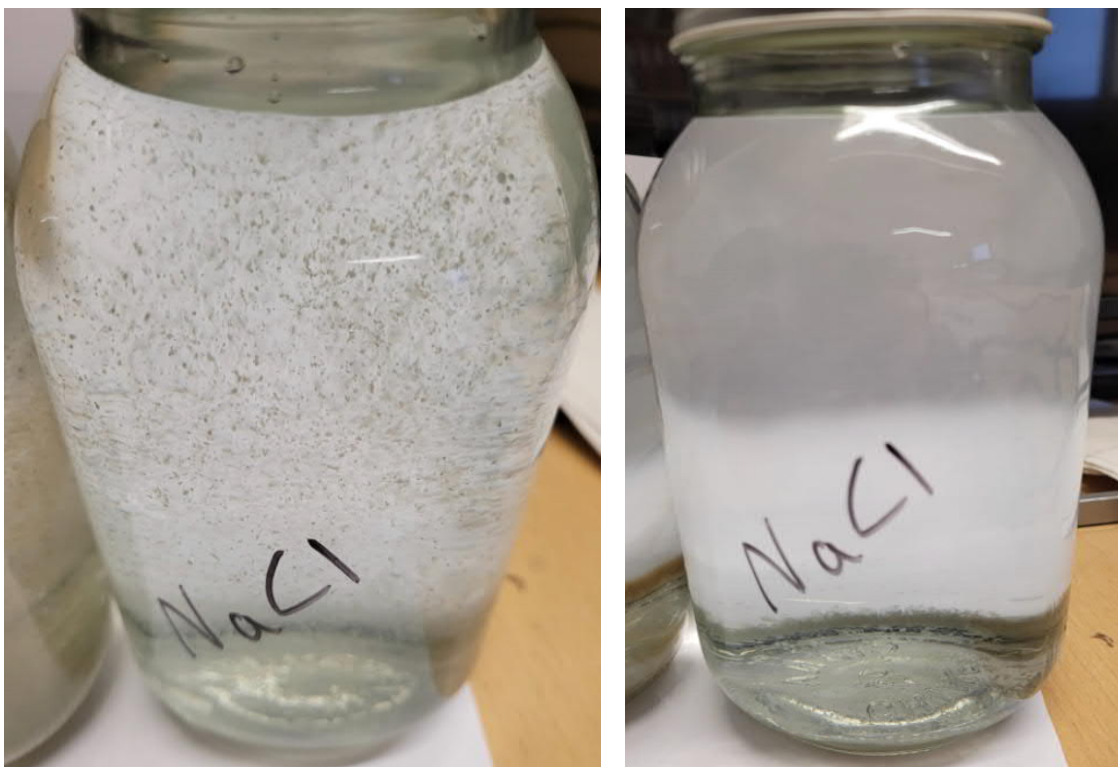
Kalsiumkloridi (CaCl_2) on kalsiumkarbonaatin sekä suolahapon reaktiossa muodostunut valkoinen hyvin hygroskooppinen suola, joka liukenee veteen erittäin helposti. Hygroskooppisen ominaisuutensa vuoksi kalsiumkloridi pystyy nopeammin sulattamaan jäätä ja sitomaan sulamisessa vapautunutta vettä alhaisemmassa ilmakeuhudessa ja lämpötilassa kuin natriumkloridi. Kalsiumkloridia käytetään kunnossapitotöissä maanteillä kesäkaudella pölyn sitomiseen ja talvisin vähäisessä määrin yhdessä natriumkloridin kanssa valtateiden tienpintojen sulana pitämiseen. Erityisen hyväksi kalsiumkloridi on todettu mustan jään torjumiseen. Suomessa kalsiumkloridia saa käyttää ainoastaan liuosmuodossa ja pienellä annostuksella. Sitä voidaan käyttää myös rakeisen natriumkloridin kostutukseen, jolloin natriumkloridi kostutetaan kalsiumkloridiliuoksella ennen tielle sirottelua. Kalsiumkloridi aiheuttaa autojen ruostumista.



Kuva 6. Näytteenottopurkkeihin otettu kalsiumkloridiliuosta

Kalsiumkloridiliuoksessa todettiin lievää sakkaantumista. Päivän kuluessa liuoksessa oleva sakka oli vajonnut purkin pohjalle. Muuten kalsiumkloridi oli väriltään kirkas, eikä muita moitteita liuoksesta löytynyt.

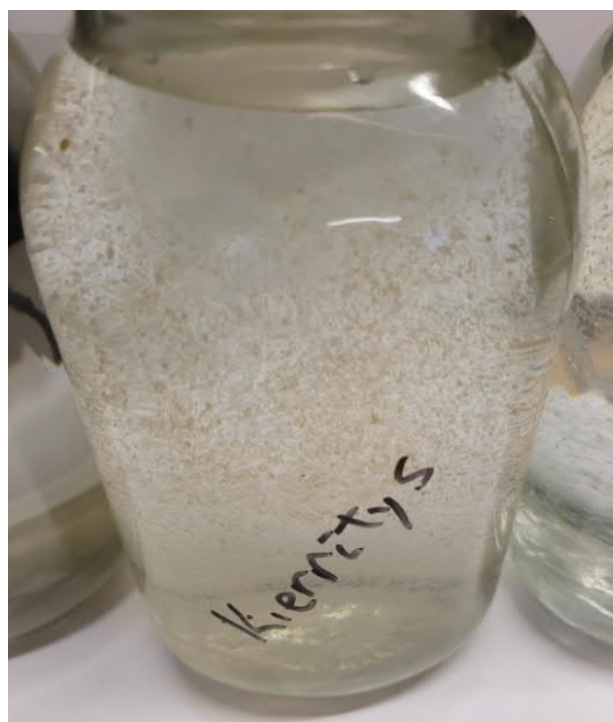
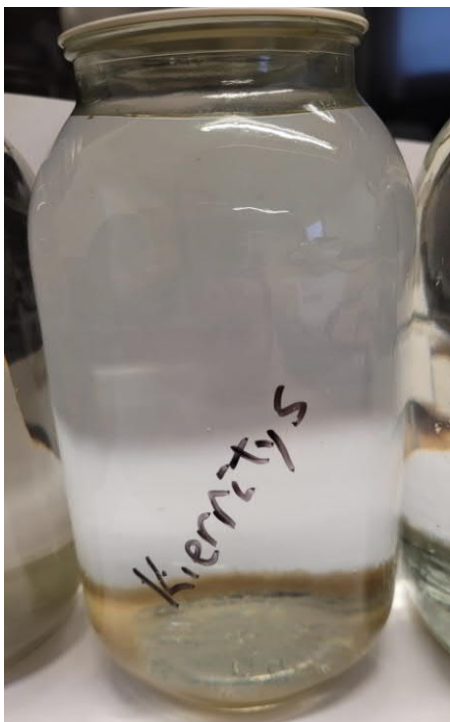
Natriumkloridi (NaCl) eli vuorisuola eli tiesuola on maailmanlaajuisesti yleisesti käytössä oleva edullinen ja tehokas liukkaudentorjunta-aine. Natriumkloridi on vesiliukoinen kemikaali, joka alentaa veden jäätymispistettä. Sen alin jäätymislämpötila, joka voidaan saavuttaa tietyn suolan vesiliuokselle, on $-21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ liuosväkevyydessä 23,3 %. Lämpötilan laskiessa alle $-9,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ natriumkloridi menettää sulatustehonsa. Natriumkloridia käytetään suolaliuoksella kasteltuna, pelkkänä liuksena tai rakeisena liukkaudentorjunnassa.



Kuva 7. Näytteenottopurkkeihin otettu Natriumkloridiliuosta

Natriumkloridiliuoksessa todettiin sakkaantumista. Sakka oli väriltään tumman harmaata tai ruskehtavaa. Natriumkloridiliuoksessa todettiin hieman suurempia määriä sakkaa verrattuna Kalsiumkloridiin. Sakkaantuminen saattaa johtua siitä, että liuoksessa on liikaa suolaa eikä se pääse enää liukenemaan itse liuokseen. Toinen vaihtoehto sakkaantumisesta saattaa johtua kuona-aineista, joita on saattanut joutua liuokseen liuksen tekemisen aikana. Päivän aikana sakka oli kuitenkin jo valunut purkin pohjalle eikä jäänyt enää leijailemaan liuksen sekaan. Suolaliuos oli väriltään kirkasta eikä muita huomioon otettavia asioita liuksesta löytynyt.

Kierrätysuolaliuos itsessään tuotetaan Fortumilla. Jätteenpolttotuhkista sekä savukaasujen puhdistusjätteistä saatavat ainesosat otetaan hyötykäyttöön kierrätysuolaliuosta valmistettaessa. Kierrätysuolaliuos on kalsium-, natrium- ja kaliumkloridien seos, ja se täyttää liukkaudentorjuntastandardin hiilivetyjen ja raskasmetallien pitoisuusrajat.



Kuva 8. Purkissa olevassa kierrätysuolaliuoksessa todettiin sakkaa.

5.2 Liuoksen tuotantokäyttöön soveltuvuus

Liuos on ominaisuudeltaan sekä käytettävyydeltään erinomainen aine liukkaudentorjuntaan.

Tässäkin suolaliuoksessa, sakkaantuminen saattaa johtua siitä, että liuoksessa on liikaa suolaa eikä se pääse enää liukenemaan itse liukseen. Toinen vaihtoehto sakkaantumisesta saattaa johtua kuona-aineista, joita on saattanut joutua liukseen liuoksen tekemisen aikana. Varastosäiliöiden puhtauteen ei otettu kantaa ennen suolaliuoksen varastointia varastosäiliöön, mutta yhtenä vaihtoehtona sakalle on myös se, että sakka on tullut liuoksen mukana varastosäiliöstä. Vaikka sakkaantumista syntyi liuoksen pohjalle, ei

sillä ole merkittävää vaikutusta itse suolauksessa tai sen tehoavuudessa liukkauden torjunnassa. Kokeen aikana ei myöskään huomattu, että sakkaantuminen olisi jotenkin tukkinut suola-automaattien syöttöletkuja tai aiheuttanut muuta tukosta. Sakan määrä liuoksessa ei ollut merkittävä, jotta siitä olisi syntynyt enemmän haittaa. Liuos käyttäytyy kuin normaali suolaliuos liukkauden torjunnassa, poistaen jään tienpinnasta ja estää jään uudelleen syntymisen.

Kitkamittauksissa ei havaittu eroja. Kitka-arvot ovat yhtä hyvät kierrätys-suolaliuosta käytettäessä kuin normaalia liuossuolaa käytettäessä.

Tutkimuksen jälkeen Fortum aikoo tutkia suolaliuoksien varastokontit. Fortumin tavoitteena on selvittää tutkimuksen jälkeen, mistä kyseinen sakkaantuminen johtuu sekä selvittää, mitä kyseinen sakka on. Liukkaudentorjunnassa kokeilujakson aikana sakalla ei ollut vaikutusta sen tehoavuuteen ja käytännön toimivuuteen itse liukkaudentorjunnassa.

5.2.1 Liuoksen ominaisuudet

Fortumin Porin jätteenkäsittelylaitoksella (tuhkanpesulaitos) käsitellään jätteenpolttolaitoksilla syntyvää lentotuhkaa ja APC-jätettä eli savukaasujen käsittelyssä syntyviä jätteitä. Käsittelyssä kloridit poistetaan tuhista ja syntynyt kloridiliuos väkevöidään haluttuun väkevyyteen, noin 20-24%:iin. Suolaliuos puhdistetaan monivaiheisella puhdistusprosessilla, että sen käyttö on terveyden ja ympäristön kannalta riskitöntä. Koska kierrätetty suolaliuos on riskitön aine ympäristön sekä terveyden kannalta, aikoo Fortum jättää jätteeksi luokitellun päättymisen hakemuksen Länsi- ja Sisä-Suomen aluehallintovirastolle.

Kierrätetty suolaliuos koostuu eri klorideista, joten sen ansiosta kierrätetyn suolaliuoksen tehoavuus sekä toimivuus liukkaudentorjunnassa saattaa olla jopa parempaa kuin kalsium- tai natriumkloridin eri sääolosuhteissa. Kierrätetty suolaliuos koostuu natrium-, kalium- sekä kalsiumklorideista, joitten määrät vaihtelevat riippuen jätteenpolttolaitoksella poltetun jätteen takia. Kuitenkaan kloridien vaihtelevissa määrissä ei ole hirveän suuria eroja. Koska kierrätys-suola sisältää myös kalsiumia, se todennäköisesti toimii hyvin myös kesällä pölynsidonnassa.

Fortum on suorittanut vertailukokeiluja laboratorio olosuhteissa, miten natriumkloridi sekä kierrätysuolaliuos vaikuttavat jäähän. Jäänsulatus-, jäätunkeuma- sekä jäänalta-leikkauskyky-testeissä, kierrätetyllä suolaliuksella ja natriumkloridilla ei juurikaan eroja ollut. Jokainen näistä testeistä suoritettiin -2 °C ja -5°C lämpötiloissa. Lisäksi on selvitetty liukkaudentorjunta suolaliuosten korroosivaikutuksia tieympäristössä yleisesti käytettäviin materiaaleihin, kuten hiiliteräkseen, sinkittyyn teräkseen sekä alumiiniin. Korroosio-kokeissa koelämpötila oli huoneenlämpö ja koeaika 64 vuorokautta.

Varastoinnin kannalta kierrätettyuolaliuksella ei ole muita ongelmia kuin sakkaantumisen. Vielä kun saataisiin varmuus sille asialle, että sakkaantumista ei pääsisi syntymään prosessin aikana eikä sitä pääsisi suolasäiliöihin, niin mitään riskejä kierrätysuolaliuksella ei pitäisi olla varastoinnin tai liukkaudentorjunnan kannalta.

Liukkaudentorjunta materiaalien tulee täyttää yleiset laatuvaatimukset taulukossa 3 esitettyjen raja-arvojen puitteissa.

Taulukko 3. Suolaliuksen sisältävien materiaalien raja-arvot.

Table 5 General requirements for calcium chloride and magnesium chloride

Parameter	Limit	Unit
pH of 10 weight % solution	between 5 and 11	
Al (Aluminium)	≤ 50	mg/kg
As (Arsenic)	≤ 2,5	mg/kg
Cd (Cadmium)	≤ 2	mg/kg
Co (Cobalt)	≤ 2	mg/kg
Cr (Chromium)	≤ 5	mg/kg
Cu (Copper)	≤ 5	mg/kg
Hg (Mercury)	≤ 0,5	mg/kg
Ni (Nickel)	≤ 5	mg/kg
Pb (Lead)	≤ 5	mg/kg
Zn (Zinc)	≤ 20	mg/kg
Hydrocarbons	≤ 100	mg/kg
NOTE 1 The limits for Al (Aluminium) and hydrocarbons are foreseen for products which are not of natural origin. There is no need to determine these parameters in natural based CaCl ₂ resp. MgCl ₂ .		
NOTE 2 The parameters are stated as mg/kg of anhydrous product.		

Kierrätetty suolaliuos täyttää liukkaudentorjunnassa käytetyn materiaalin yleiset laatuvaatimukset sekä kemialliset laatuvaatimukset, jotka on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Suolaliuoksen kemialliset laatuvaatimukset.

Table 6 Chemical requirements for calcium chloride solutions

Parameter	Limit Weight %
Calcium chloride	16 - 36
Other chlorides (magnesium chloride, potassium chloride, sodium chloride)	Max. 5
Sulfate	Max. 0,5
Water insoluble matter	Max. 0,2 ^a
The concentrations of liquid calcium chloride shall be specified by the purchaser. Typical concentrations vary from 16 weight % to 36 weight %.	
NOTE 1 Other chlorides and sulfate are expressed as percentage in the anhydrous product.	
NOTE 2 Other chlorides expressed as NaCl.	
^a 10 l of calcium chloride solution shall pass a test sieve (size 0,5 mm) without water insoluble residues after washing with water on the sieve.	

6 Tulokset

Kitkamittauksista saatiin hyvät tulokset kitkamittarin avulla. Ennakkosuolauksen avulla saatiin kitka-arvot pysymään hyvissä lukemissa, eikä liukkautta ollut kerennyt syntymään koealueella sijaitseville tieosuuksille. Liukkaudentorjunnan jälkeen tehdyissä pistokoe kitkamittauksissa kitkamittarin kitkaluku ei laskenut alle 0,45, eli tien pinta oli pitävä.

Kierrätysuolan toimivuutta vertailtiin erilaisissa sääolosuhteissa. Tarkkailimme mm. miten tienpinta pääsee kuivumaan pakkassäässä suolan avulla, miten suola ehkäisee määrän tienpinnan jäätyksen, miten suola tehoaa heikon lumisateen aikana sekä kostean tienpinnan ennakkosuolauksessa eli kostean tienpinnan jäätyksen ennalta ehkäisemisessä. Kaikista näistä em. sääolosuhteista saimme otettua valokuvat, jotta pääsimme vertailemaan kierrätysuolaliuoksen tehoavuutta kuivumisen kannalta myös silmämääräisesti.

Tuotannon yhteydessä kierrätysuolaliuokseen syntyvällä sakalla ei todettu ongelmia liittyen liukkaudentorjuntaan. Tietenkin suurempi määrä sakkaa saattaa johtaa mm. letkujen tukkeutumiseen ja pahimmassa tapauksessa koko liukkaudentorjunta saattaisi epäonnistua, jota ei kuitenkaan kokeilujakson aikana tapahtunut.

6.1 Eri sääolosuhteet

Tutkimuksessa pyrimme saamaan mahdollisimman monelta eri tiesääolomuodolta tulokset suolan tehoavuudesta.

Kastepisteellä tarkoitetaan jotain tiettyä lämpötilaa, johon ilman pitäisi jäähtyä, jotta saavutettaisiin kyllästystila. Toisin sanoen, jos ilman lämpötila laskee samaan lukemaan kuin kastepiste, kohoaa suhteellinen kosteus 100 prosenttiin. Mitä suurempi ero on lämpötilan ja kastepisteen välillä, sitä kuivempaa ilma on. Vastaavasti jos tienpinnan lämpötila on alempi kuin kastepistelämpötila, tiivistyy ilmassa oleva kosteus tienpintaan, jolloin tienpinnasta tulee kostea. Tällöin tienpinnalle alkaa muodostumaan kuuraa talvipakkasilla, joka saattaa usein yllättää tienkäyttäjät liukkaudellaan.

Märkä tienpinta saattaa jäättyä, jos esimerkiksi pakkasjaksoa edeltävällä jaksolla on satanut vettä, jonka jälkeen taivas selkenee ja lämpötila laskee nopeasti. Tienkäyttäjien on muistettava, että vaikka ilmanlämpötila olisi lämpötilamittarin mukaan plussan puolella, voi tienpinta silti olla pakkasen puolella, jolloin saattaa syntyä liukkautta.

Luminen tienpinta on myös liukas. Lumen olomuoto sekä ilman lämpötila vaikuttavat lumen kitkaan tiellä. Luminen tienpinta voi pakkaantua polanteeksi pakkaskeleillä liikenteen ansiosta, joka on hyvin liukasta, varsinkin silloin, kun tienpinta on pakkasella ja alueelle virtaa lämmintä ilmaa. Lämpötilan ollessa plussan puolella, lumi alkaa sulaa ja tienpinnalle alkaa syntyä loskaa sekä sohjoa. Polanteen sulaessa, polanne muuttuu erittäin epätasaisesti, joka aiheuttaa polanteelle suuria epämuodostumia sekä huomattavaa epämukavuutta tienkäyttäjälle. Liukkaudentorjunnan kokeilu alueella kuitenkin polanetta ole päässyt syntymään sen hoitoluokan takia (Is).

6.2 Silmämääräinen havainto tehoavuudesta

Ensimmäisessä vertailussa pääsimme näkemään, miten suolattu tienpinta on päässyt kuivumaan, kun kastepiste on ollut kuivan puolella.



Kuva 9. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on tienpinnalle edellisenä iltana (2.12.2020) levitetty Natriumkloridia ja oikeanpuoleisessa kuvassa kierrätysuolaliuosta.

Kuvasta 9 voimme silmin päätellä, että suolaliuosten tehoavuus kuivumisen kannalta on ollut melko sama. Tieosuudet kuivuivat samalla tavalla ja tien kuivumisessa ei havaittu silmämääräisesti eroja 3.12.2020. Tiekohteet olivat suolattu edellisenä iltana (2.12.2020) klo 19 ennakkoon, liukkauden torjumiseksi.



Kuva 10. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on tienpinnalle aamulla (17.12.2020) levitetty Natriumkloridia ja oikeanpuoleisessa kuvassa kierrätysuolaliuosta.

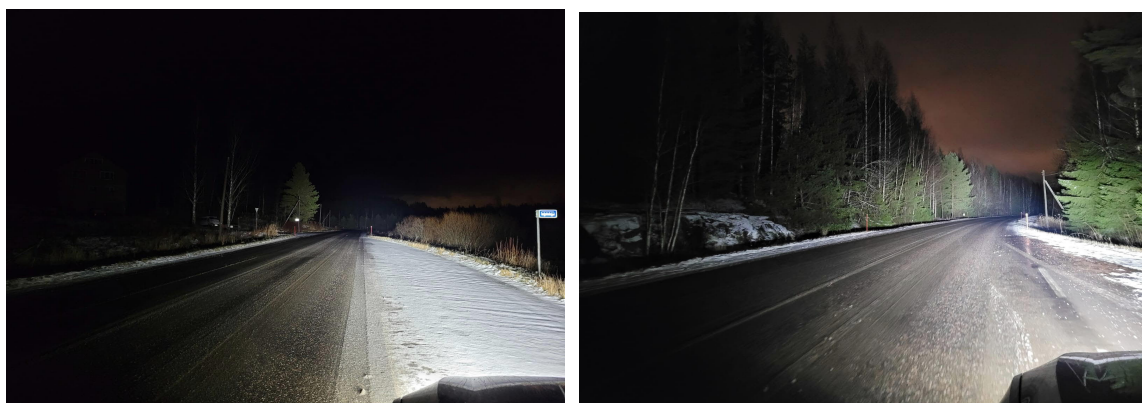
Seuraavan silmämääräisen havainnon kävimme tekemässä 17.12.2020 klo: 12, kun suolaus oli tehty samana aamuna tienpinnalle, joka oli jo hieman päässyt jäätymään (17.12.2020) klo: 05.00 ennen aamuliikennettä, koska yön aikana ilman- ja tienlämpötilat

olivat olleet pakkasen puolella ja kastepiste on ollut pakkasen puolella. Saman päivän aikana olimme tehneet myös kitkamittauksia Teconerin kitkamittarilla. Mittauksen suoritimme 17.12.2020 klo: 11:55. Kitkamittarilla saimme kierrätys-suolan koealueelta kitka-arvoksi 0,70 ilman lämpötilan ollessa +0,4 °C. Tienlämpötila oli anturin mukaan -1,5 astetta ja kastepiste -2,4 °C.



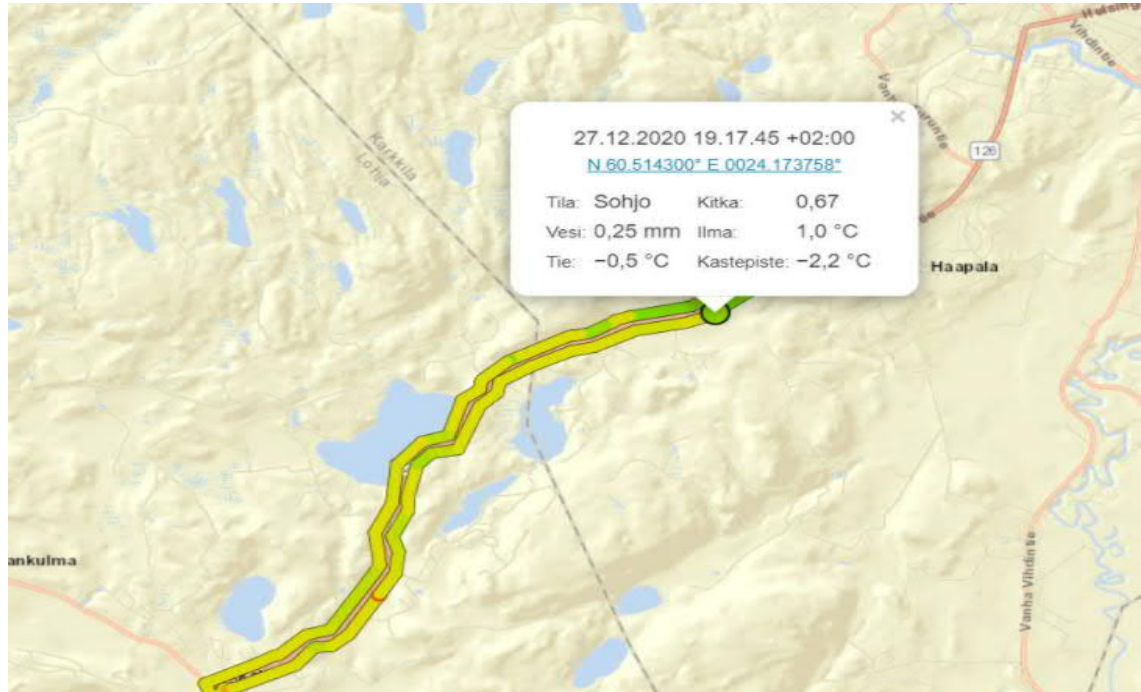
Kuva 11. 17.12.2020 kitkamittarilla suoritetun mittauksen tulokset

Suolaliuosten kuivumisessa ei havaittu silmämääräisesti eroja. Tienpinnat kuivuivat samaan tahtiin kastepisteen ollessa plussan puolella.



Kuva 12. Oikeanpuoleisessa kuvassa on käytetty kierrätys-suolaliuosta ja vasemmanpuoleisessa kuvassa on käytetty natriumkloridia 27.12.2020.

27.12.2020 klo: 19.00 seuraava havainto suoritettiin lumisateen aikana. Tavoitteena oli nähdä miten kierrätetty suolaliuos vaikuttaa tien ollessa luminen. Destia Oy:n Kelikeskuksen kautta saatiin Karkkilan optisen tiesääaseman vallitsevan sään sekä tiesään tiedot.



Kuva 13. Teconerin kitkamittarilla suoritetun mittauksen tukokset. Mittari oli havainnut tiellä sohjoa sekä vettä. Suolaliuos oli toiminut hyvin, jonka ansiosta kitka-arvo oli 0,67).

Teconerin kitkamittarin avulla saatiin koalueen tiestä tarkemmat kitka-, lämpötila-, sekä vesimäärän arvot. Kyseisenä päivänä lumisade oli alkanut tiesääaseman mukaan n. klo: 07.00 ja suolaus oli suoritettu koekäyttö alueelle n. klo: 08:00. Silmämääräisen havainnon perusteella kierrätetty suolaliuos on jopa paremmin sulattanut tienpinnalla olevan mahdollisen pienen lumen, sekä estänyt tienpinnalle uuden lumen kerryttämisen. Molemmissa tapauksissa varsinainen ajokaista oli hyvin sula, mutta varsinaisen silmämääräisen eron havaitsi selvästi bussipysäkkien kaistoilla. Natriumkloridikin oli hienosti sulattanut lumen tienpinnalta, mutta ei ihan yhtä hyvin kuin kierrätetty suolaliuos. Siitä ei voitu olla täysin varmoja, että onko natriumkloridi suolaliuoksen käyttöalueella ollut lumen samentaminen suurempaa kuin kierrätetyn suolaliuoksen käyttöalueella.



Kuva 14. Vasemmanpuoleisessa kuvassa liukkaudentorjunnassa on käytetty kierrätysuoliuosta ja oikeassa kuvassa natriumkloridia

26.3.2021 klo: 7.30 suoritettiin viimeisin silmämääräinen havainto tutkimuksen osalta. Kyseisellä suolauskerralla ei todettu ongelmia kummankaan liukkaudentorjuntamateriaalin osalta liukkaudentorjunnassa. Liuossuolat olivat hyvin estäneet tien pinnalle mahdollisten liukkauden syntymisen. Tällä kerralla suolaus suoritettiin edeltävänä aamuyönä n. klo: 04.30. Liukkaudentorjunta suoritettiin, koska tien pinnat olivat pakkasella ja alkoi heikko sade. Ilman lämpötilan ollessa plussan puolella sateen olomuotona oli vesi, ja veden osuessa pakkasen puolella olevaan tienpintaan, olisi ollut vaarana, että ilman liukkaudentorjuntaa vesi olisi päässyt jäätymään tien pinnalle.

Tutkimusten teknisten sekä silmämääräisten havaintojen lisäksi haluttiin saada palautetta koskien kierrätysuolan koekäyttöön ja sen toimivuuteen käytännössä.

7 Palautteet

Nummen alueurakalle on tullut tienkäyttäjälínjan kautta ainoastaan yksi palaute liittyen liukkaudentorjuntaan 16.3.2021. Kyseisessä palautteessa oli kerrottu Nummen alueurakka-alueella sijaitsevista monien eri teiden liukkauksista, joista yhtenä osana mainittiin tie, jossa kokeiltiin kierratetyn suolaliuoksen toimivuutta liukkaudentorjunnassa. Tienkäyttäjälínja on Väyläviraston ylläpitämä linja, jonka kautta voi ilmoittaa tien kunnossapítäjälle maanteiden kunnosta ja liikenteen ongelmista. Tienkäyttäjän linjalle kuuluvia ilmoituksia ovat esim. maanteiden päällystevauriot (kuopat, reiät), tiellä oleva vesi, tielle kaatunut puu, pölyävä soratie ja liukas tie.

Valvojalta (ELY keskus) ei myöskään ole tullut mitään palautetta eikä urakoitsijalle ole myöskään tullut suoria yhteydenottoja liittyen kierrätys-suolan kokeiluun.

Palautteiden lisäksi suoritimme haastatteluja koskien kierrätys-suolaliuokseen. Halusimme saada laajan näkökulman myös haastattelujen kautta, jotta näkisimme muitten mielipiteitä asiasta. Haastattelujen kohdehenkilöiksi pyrimme valitsemaan henkilöitä, jotka toimivat vahvasti liittyen ympäristöön vaikuttavissa asioissa sekä henkilöitä, joilla olisi laaja kokemus liukkaudentorjunnasta. Haastattelujen ansiosta saimmekin erittäin kattavan kuvauksen eri näkökulmista tutkimukseen liittyen.

7.1 Haastattelut

Haastateltavina henkilöinä toimi Karkkilan kunnan ympäristöpäällikkönä toimiva Pirjo Siik sekä Destialla kunnossapitopuolen laatupäällikkönä toimiva Rauno Kuusela. Haastattelun tarkoituksena oli saada haastateltavilta henkilöiltä yleisnäkemys suolan käytöstä liukkauden torjunnassa sekä omia mielipiteitä kierrätetystä suolan käytöstä liukkauden torjunnassa.

Ensimmäinen haastattelu Karkkilan kunnan ympäristöpäällikön Pirjo Siikin kanssa käytiin 18.1.2021 klo: 10:00, joka tehtiin puhelimen välityksellä puhumalla.

Pirjo kertoi haastattelussa, että hänellä ei ole mitään suolan käyttöä vastaan liukkauden torjunnassa, koska turvallisuus on erittäin tärkeässä roolissa tienkäyttäjien keskuudessa. Kyseessä on kemiallinen aine, jolla liukkautta torjutaan, joten on hyvä ottaa pohjavesialueet huomioon suolan levityksen yhteydessä. Myös sateitten mukana huuhtoutuvat suolat täytyy ottaa huomioon ympäristön kannalta.

Pirjolle tuli myös positiivisena yllätyksenä, että liukkautta vastaan toimivaa suolaa pystytään tuottamaan kierrätetyistä materiaaleista. Hänen mielestään kaikkea kiertotalouteen liittyviä hankkeita pitää tukea.

Toinen haastattelu Destian laatupäällikkönä toimivan Rauno Kuuselan kanssa käytiin Teams-sovelluksen välityksellä 27.1.2021 klo: 14:00.

Rauno on toiminut Destialla pitkään laatupäällikön roolissa, joten näkemys suolan käytöstä liukkaudentorjunnassa oli varsin kattava.

Rauno kertoi haastattelussa, että suolaa käytetään liukkauden torjunnassa, koska liikenne sitä tarvitsee toimiakseen liukkailla talvikeleillä. Mikäli halutaan hyvä liikenneturvallisuus talvikeleillä, niin on pakko käyttää kemiallista ainetta liukkauden torjumisessa, kuten esimerkiksi suolaa.

Kierrätetyn suolan avulla saadaan muista lähteistä saasteet hyötykäyttöön, mikä on hieno asia ympäristön kannalta, kunhan kierrätys-suola saadaan tuotettua ja varastoitua siten, että se ei lisää muista lähteistä päästöjä, mukaan lukien kierrätys-suolan kuljetukset varastoihin.

Mikäli tulevaisuudessa siirrytään täysin kierrätys-suolan käyttöön, niin täytyy tuotantoa lisätä huomattavasti. Kierrätetyn suolan tuottaminen ei saa katketa, koska liukkautta on jatkuvasti torjuttava joka tapauksessa.

Kierrätetty suola on periaatteessa samaa tavaraa kuin kalsiumkloridi, joten sitä saataan myös pystyä käyttämään kesällä pölynsidonnassa, mikä taas lisäisi kierrätetyn suolan tuotantoa. Tuotannon yhteydessä kierrätys-suolaliuokseen syntyvä sakkautuminen täytyy myös ottaa huomioon, sillä pahimmassa tapauksessa saattaisi koko liukkauden torjunta epäonnistua suuren sakkauksen myötä.

Muiden asioiden huomioon ottaminen, kuten asfaltin kuluminen, auton ruostuminen, ihmisen terveys jne. ei pitäisi olla yhtään ongelmallisempi kuin normaalin suolaliuoksen kanssa.

Rauno myös huomauttaa, että suolan käyttö liukkaudentorjunnassa on mennyt liiallisuuksiin. Tienkäyttäjät voisivat tulla asiassa vastaan esimerkiksi ajamisnopeuksien kanssa.

Lisäksi Rauno mainitsi aikaisemmasta liukkauden torjuntaan liittyvästä kehittämisestä, jossa suolaliuoksen mukaan lisättiin sokerijuurikkaasta tuotettua sokeria, koska sokerikaan ei jäädy kovin herkästi. Kokeilujakson ongelmaksi koitui makea tienpinta, jota

villieläimet kuten peurat sekä hirvet menivät nuolemaan. Tästä syystä eläinonnettomuuksien määrä kasvoi ja kokeilujakso keskeytettiin.

8 Yhteenveto ja pohdinta

Liukkaudentorjunnassa onnistuttiin hyvin kierrätysuolaliuoksen osalta eikä liuksesta koitunut mitään suurempia ongelmia tutkimuksen aikana. Liuos suoriutui ennakkosuolauksen osalta hyvin eikä liukkautta päässyt syntymään tieosuudelle, kuten myös muista sääolosuhteista mitä tutkimuksen aikana todettiin liukkaudentorjunnassa. Kierrätysuolaliuos on hyvin käyttökelpoinen tuote liukkaudentorjunnassa, eikä sen käytölle ole esteitä käytettävyyden kannalta.

Varastoinnin kannalta kierrätettyuolaliuoksella ei ole muita ongelmia kuin sakkaantuminen. Vielä kun saataisiin varmuus sille asialle, että sakkaantumista ei pääsisi syntymään prosessin aikana eikä sitä pääsisi suolasäiliöihin, niin mitään riskejä kierrätettyuolaliuoksella ei pitäisi olla varastoinnin tai liukkaudentorjunnan kannalta.

Ilmastonmuutoksesta johtuvat leudot talvet tuovat liukkaudentorjunnan tärkeyden hyvin esille. Vakituiset talviolosuhteet saapuvat suomeen yhä myöhempään, jonka takia alkutalvesta liukkaudentorjuntaa joudutaan suorittamaan erityisen paljon lämpötilan vaihdellessa 0 celsiusasteen molemmin puolin. Lämpötilojen vaihtelun myötä liukkaudentorjuntaa on jouduttu lisäämään, jonka takia myös suolaa on jouduttu käyttämään yhä enenevässä määrin. Suolauksien lisääminen on myös tuonut merkittävässä määrin enemmän kustannuksia kunnossapidon puolelle. Lisätyn liukkaudentorjunnan takia, kierrätetty suolaliuos onkin erittäin hyvä vaihtoehto liukkaudentorjunnassa, ilmastonmuutokseen liittyvissä asioissa. Uusiokäyttöön (liukkaudentorjuntaan) soveltuvien tuhkien sekä savukaasujen puhdistusjätteistä valmistettu kierrätettyuolaliuos on erittäin hyvä keino ottaa askel eteenpäin ilmastonmuutosta vastaan kunnossapidon puolella.

Omasta mielestäni kierrätetty suolaliuos on erittäin hyvä asia hiilijalanjälkeä sekä ilmastonmuutosta ajatellen liukkaudentorjunnassa. Tutkimustulosten perusteella kierrätettyuolaliuos suoriutuu liukkaudentorjunnasta erittäin hyvin eikä näe syytä olla ottamatta kierrätettyä suolaliuosta käyttöön liukkaudentorjunnassa. Uskon että tuotannon

yhteydessä liuoksessa todettu sakka saadaan kuriin eikä sakkaantumisesta koidu sen kummempia ongelmia liukkaudentorjunnassa. En myöskään usko, että kierrätyspuolasta koituisi mitään suurempia kustannuspuolen hankaluuksia, päinvastoin.

Jatkotutkimukselle kierrätyspuolaliuoksella on hyvät mahdollisuudet. Kierrätyspuolan kustannuspuoliin tässä tutkimuksessa ei otettu kantaa, joista olisi hyvä tehdä jatkotutkimus. Jatkotutkimuksessa tulisi ottaa huomioon logistiset kustannukset ja varastoinnin kustannukset sekä kierrätyspuolaliuoksen tuottamisen kustannukset.

Lopuksi haluan vielä kiittää kaikkia tutkimuksessa mukana olleita. Suuret kiitokset Fortumin henkilöstölle, kouluni puolen ohjaajalle Mika Räsäselle sekä yrityspuolen ohjaajaleni Sami Ylikarjulalle.

Lähteet

1. Väylä, liukkaudentorjunta, <https://vayla.fi/kunnossapito/tieverkon-kunnossapito/talvihoito/liukkauden-torjunta> Luettu 16.12.2020
2. Väylä, teiden talvihoito – menetelmätieto, <https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2230006-01i.pdf> Luettu 18.12.2020
3. Teconer, <https://www.teconer.fi/keli-ja-kitkanmittaus/> Luettu 28.12.2020
4. Tiehallinto, liukkaus <https://www.tieh.fi/talviliikenne/liukkaus.ht> Luettu 28.12.2020
5. Suomen tieverkon historia, https://fi.wikipedia.org/wiki/Suomen_tieverkon_historia Luettu 6.1.2021
6. Väylä, tieverkon kunnossapito, talvihoito, <https://vayla.fi/kunnossapito/tieverkon-kunnossapito/talvihoito> Luettu 11.1.2021
7. ELY-keskus, kunnossapito <https://www.ely-keskus.fi/kunnossapito2> Luettu 15.1.2021
8. Destia, kunnossapito <https://www.destia.fi/palvelut/kunnossapito> Luettu 15.1.2021
9. Pilvi Hyvösen opinnäytetyö vuodelta 2015, tien lämpötilakartoitus vt1:llä Espoon Hoidonjohtourakan alueella https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/96763/Hyvonen_Pilvi.pdf?sequence=1&isAllowed=y Luettu 19.1.2021
10. Mikko Sepänmaan opinnäytetyö vuodelta 2010, pääteiden liukkaudentorjunnan työmenetelmien kehittäminen https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/16463/Sepanmaa_Mikko.pdf?sequence=1&isAllowed=y Luettu 19.1.2021

11. Sami Lastikan opinnäytetyö vuodelta 2012, tiesuolan levittimen tiedonkeruujärjestelmä https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/44154/las-tikka_sami.pdf?sequence=1 Luettu 25.1.2021
12. Destia, <https://www.destia.fi/> Luettu 4.2.2021
13. Teconer, RCM411-kelianturi <https://www.teconer.fi/keli-ja-kitkanmitaus/#RCM411> Luettu 6.2.2021
14. Teconer, RCM411-kelianturi https://www.teconer.fi/wp-content/uploads/1_RCM_Datasheet_fi.pdf Luettu 6.2.2021
15. Kelikamerat, <https://www.kelikamerat.info/> Luettu 10.2.2021

