

**TIESUOLAN ANNOSTELUOHJEEN KRIITTINEN TARKASTELU MD30-
MITTARIN AVULLA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Liikenneala, insinööri (AMK)

Kevät 2023

Mikael Ruuttula

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Väylävirasto. Työn tavoitteena oli selvittää, voidaanko maanteiden hoidossa käytettävää suolamäärän käyttöohjetta muuttaa. Taustalla vaikuttivat alalla vallitsevat käsitykset, joiden mukaan suolan käyttöä voitaisiin vähentää. Tarvetta suolan optimoinnille oli vuosikymmenten ajan perusteltu ympäristötekijöillä. Venäjän hyökkäyssodan aiheuttaman kustannusnousun sekä uuden urakkamallin myötä suolasta oli tullut maanteiden hoitourakoille aiempaa suurempi taloudellinen rasite.

Työssä tarkasteltiin kriittisesti vuonna 2017 päivitettyä tiesuolan annosteluohjetta. Liikennevirasto oli ohjetta julkistaessaan maininnut, että sen annokset voitaisiin joissain tilanteissa alittaa. Opinnäytetyöllä pyrittiin selvittämään, alitetaanko ohjeannokset käytännön työssä säännöllisesti. Tarkoituksena oli tehdä annosteluohjeesta päivitetty versio, mikäli se tutkimusjakson perusteella olisi perusteltua. Apuna tähän pyrittiin käyttämään Vaisalan MD30-mittaria. Kunnossapitoajoneuvoon kiinnitetty laite mahdollisti suolan annostelulle oleellisen kelitiedon keräämisen koko tutkimusreitiltä. Kelitietoja saatiin myös tutkimusreitin varrella olleen tiesääsaman kautta.

Mäntsälän hoitourakan suolauksia oli kolmen kuukauden tutkimusjaksolla kaikkiaan 67. Urakan käyttämät suola-annokset osuivat hyvin ohjeen vaihteluväliin. Ennakkosuolaukset tehtiin taulukon mukaisilla annoksilla. Lumisateen yhteydessä tehdyissä suolauksissa ohjearvot alitettiin kaksi kertaa samankaltaisissa olosuhteissa. Melkein puolet lumisadesuolauksista hoidettiin käyttäen ohjeen minimiannosta.

Tutkimusjakson olosuhteet poikkeavat tilanteista, joihin annosteluohjeen taulukkoarvot on suunnattu. Siksi taulukkoa ei tutkimusjakson perusteella suositella muutettavaksi, eikä MD30-mittari tarjoa tähän apua. Ohjeen osana on lisäkohtia, jotka paremmin ohjeistavat annostelua jaksolle tyypillisiin tilanteisiin. Tulosten perusteella herää ajatus, voitaisiinko annosteluohjeeseen tuoda lisämaininta pienemmän suola-annoksen käytöstä olosuhteissa, joissa ohjeannos tutkimusjaksolla alitettiin. Asia olisi varmistettava suuremmalla otoksella. Lisäkohtiin liittyvät kehitysideat voitiin tunnistaa ilman MD30-mittarin apua.

Annosteluohjeen maininta kustutetun suolan käytöstä lumisateella herättää tutkimusjakson perusteella kysymyksiä. Urakan kuivasuolaukset olivat onnistuneita hyvin maltillisilla suola-annoksilla lumisadesuolauksissa, joissa suolan tarttumisen mahdollistamaa kosteutta on tiellä todennäköisesti valmiiksi.

Avainsanat Annosteluohje, liukkaudentorjunta, talvikunnossapito, tiesuola, kelitieto



Traffic and Transport Management

Abstract

Author Mikael Ruuttula

Year 2023

Subject A critical study of the guidelines in road salt application by using Vaisala Mobile Detector MD30

Supervisors Teppo Sotavalta (HAMK) ja Mika Terhelä (The Finnish Transport Infrastructure Agency)

This thesis has been commissioned by The Finnish Transport Infrastructure Agency. The goal of the thesis was to determine whether or not it would be reasonable to make changes to the guideline amounts of salt used for antiskid treatment in traffic routes. The hypothesis was based on the presumptions common at the industry that believe further reductions in the application rates of road salt could be achieved. For years, the justification for salt optimization needs had been based on environmental factors. Recently, the rise of costs caused by Russian invasion of Ukraine, together with the new contract model, has made road salt a greater economic burden for the winter road maintenance companies.

The thesis set to perform a critical study of the guidelines in road salt application rates updated in 2017. When publishing the new guidelines, The Finnish Transport Agency had noted that in practice sufficient amounts of road salt might be less than what the updated application rates suggest. The thesis aimed to find out whether or not in reality smaller amounts of salt were regularly applied in the maintenance work.

The aim was to create a new updated version of the guidelines, if it was proven to be justifiable based on the results received during the research period. Vaisala's Mobile Detector MD30 was used in the study. The device attached to the maintenance vehicle made it possible to collect data of the road conditions, essential to defining sufficient salt application rates throughout the entire chosen study route. Additional weather data was received from the road weather station along the route.

Road maintenance in Mäntsälä area performed antiskid treatment with salt 67 times during the three-month research period. The salt application rates used in those treatments did mostly fit the range suggested in the guidelines. In all of the preventive anti-icing treatments, the salt application rates used followed the amounts suggested in the table. In salt applications performed during snowfall, the values fell under the range twice, both in similar conditions. The guideline minimum application rate was used in almost half of the salt applications performed during snowfall.

The road conditions during the research period were not equivalent to those the guideline values were set to cover. Hence no changes can be recommended to the guideline table based on the study results. MD 30 detector did not offer any help in this regard. However, there are additional sections in the guidelines referring to the kind of weather conditions that took place during the research period. Based on the results of the research, one may suggest adding another such section into the guidelines, regarding the possibility to use

smaller amount of salt in similar conditions, where the amounts used fell under the guideline rates. To justify this addition, further research should be conducted using larger sample. All these suggestions for further development were recognized without the help of MD 30 detector.

Based on the study results, the instruction to use wet salt when applying salt during snowfall can be questioned. Dry salt applications were successfully performed with very modest application rates during the snowfall, most likely because there was already enough moisture on the surface of the road to enable the salt to stick well.

Keywords: Salt application rate, antiskid treatment, winter road maintenance, road salt

Pages: Number of pages: 50, number of attachment pages: 5

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Organisaatiot ja roolit.....	2
2.1	Väylävirasto.....	2
2.2	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.....	3
2.3	Kuljetus ja Maanrakennus P. Salonen Oy	3
2.4	Mäntsälän maanteiden hoitourakka 2020–2025	3
2.5	Vaisala Oyj.....	4
3	Liukkaudentorjunta	5
3.1	Käytännöt ja materiaalit	5
3.2	Ympäristö	7
4	Muuttuva ilmasto ja kunnossapito.....	8
4.1	Ilmastonmuutos yleisesti	8
4.2	Ilmastonmuutoksen vaikutus liukkaudentorjuntaan.....	9
4.2.1	Alijäähtynyt vesi	9
5	Työnjohto ja suolauspäätökset	10
5.1	Hoitoympäristön muutokset ja kustannuspaine	10
5.2	Suolan annostelu.....	12
5.2.1	Keli- ja liikenneolosuhteet.....	12
5.2.2	Työnjohtajien koulutus ja kokemus	12
6	Tutkimuksen toteutus	14
6.1	Tutkimusmenetelmät.....	14
6.2	Rajaus ja tutkimusreitti	16
6.3	Kunnossapitoajoneuvo ja sirotinautomaatti	19
6.4	MD30-mittari ja RoadAI	20
6.4.1	Kalibrointi	21
6.5	Suolausten perustiedot.....	23
6.5.1	Suolaustapahtumat ja annostelu	23
6.5.2	Fluent Kunto	25
6.5.3	Vaisala RoadAI Map.....	29
6.6	Sää- ja tiesääasematietojen kerääminen	31

6.7	MD30-mittausdatan kerääminen	35
7	Tulokset	39
7.1	Ennakkosuolaukset	40
7.2	Lumisadesuolaukset.....	41
8	Johtopäätökset	43
8.1	Suolaustapahtumat ja annosteluohje	43
8.2	MD30-mittari	46
	Lähteet.....	48

Kuvat

Kuva 1.	Tutkimuksessa käytetyn suolan punnitustosite tutkimusjaksolta.....	6
Kuva 2.	Kolme kuvakaappausta tutkimusreitistä Google Mapsin oletusnäköymästä (Google Maps, 2023).....	17
Kuva 3.	Vasemmalla tutkimuksessa käytettävä kunnossapitoajoneuvo.....	19
Kuva 4.	Kunnossapitoajoneuvo takaa sekä sirotinautomaatti.	19
Kuva 5.	Ajoneuvon keulaan asennettu tutkimuksessa käytettävä MD30-mittari.	20
Kuva 6.	MD30:n tienpinnan tilaa mittaava sensori.	20
Kuva 7.	MD30:n lämpötila- ja kosteussensorit.....	21
Kuva 8.	Ruutukaappaus RoadAI-mobiilisovelluksen aloitusnäköymästä.	22
Kuva 9.	Ruutukaappaus RoadAI-mobiilisovelluksen päävalikosta.	23
Kuva 10.	Sirotinautomaatin monitori.....	24

Kuva 11. Työtapahäiriöiden etsiminen hakukriteereillä, kuvakaappaus Fluent Kunto - järjestelmästä.	26
Kuva 12. Työtapahäiriöiden seuranta-ajajat Fluent Kuntoon ruutukaappauksessa.....	27
Kuva 13. Työn seuranta-ajajat Fluent Kuntoon ruutukaappauksessa.	28
Kuva 14. Työn seuranta-ajajien tiedot Fluent Kuntoon kuvakaappauksessa.	28
Kuva 15. Kuvakaappaus Vaisala RoadAI Mapin aktiivisesta suodattimet-tilasta.....	29
Kuva 16. Tiesäätämisen mittausajankohden kartoittaminen Digitaattien Swagger UI - käyttöliittymästä (Fintraffic, 2023-b).	33
Kuva 17. Tiesäätämisen mittauksen hakeminen Digitaattien Swagger UI -käyttöliittymästä (Fintraffic, 2023-a).	34
Kuva 18. Listat-tila kelaatorttien lataamiseksi, kuvakaappaus RoadAI Mapista.....	36
Kuva 19. Luo raportti -näkyä kelaatorttien lataamiseksi, kuvakaappaus RoadAI Mapista.	36
Kuva 20. RoadAI Mapista ladattu parametrimitausraportti, ruutukaappaus Excelistä.	37
Kuva 21. Kuvakaappaus koontiexcelin keskiarvot-välilehdestä.	39
Kuva 22. Tutkittava uusin tiesuolan annosteluohje (Liikennevirasto, 2017, s. 74).....	40
Kuva 23. Ennakkosuolaustapahtumat tutkimusjaksolla.....	41
Kuva 24. Keskeisimmät sääolosuhteet ennakkosuolauksissa.	41
Kuva 25. Lumisadesuolaukset tutkimusjaksolla.	42
Kuva 26. Annosteluohjeen alituskerrat koko vuorokauden näkymässä.	43

Liitteet

Liite 1	Tutkimusaineiston koonti
Liite 2	Aineistonhallintasuunnitelma

1 Johdanto

Liukkaudentorjunta on keskeinen osa maanteiden kunnossapitoa. Teiden suolaus on vuosikymmeniä puhuttanut ympäristönäkökulmasta, mutta hoitourakoiden kiristynyt kilpailu, urakkamallin muutokset sekä Venäjän hyökkäyssodan aiheuttama kustannusnousu ovat korostaneet myös asian taloudellista puolta. Luonnon varjeleminen tuskin on tipahtanut toissijaiseksi, sillä ympäristötietoisuus on yhä kasvanut ilmastonmuutoksen myötä. Asian tärkeys näkyy ELY-keskuksen, Väyläviraston sekä todennäköisesti useiden maanteiden hoidon parissa työskentelevien arvoissa.

Urakoiden toimintaa ohjaavat ja velvoittavat laatuvaatimukset pätevät myös liukkaudentorjuntaan, mikä osaltaan hankaloittaa tiesuolan käytön vähentämistä. Laatuvaatimuksia ei ole luotu urakoitsijan tai tienkäyttäjän kiusaksi, vaan kyse on liikenneturvallisuudesta sekä rajallisten resurssien mahdollisimman tehokkaasta kohdistamisesta. Näköpiirissä ei ole, että tiesuolan käytöstä voitaisiin kokonaan luopua. Alan yleisen ilmapiirin perusteella optimointivaraa tiesuolan käytössä uskotaan olevan. Mäntsälän hoitourakka pyrkii suolan käytön minimointiin päivittäisessä työssään.

Mäntsälän hoitourakka on syksystä 2020 alkaen toteuttanut pilottia yhteistyössä Väyläviraston ja Vaisala Oyj:n kanssa. Kokeilussa kunnossapitoajoneuvoihin sekä kerrallaan yhteen työnjohdon autoon on asennettu kuhunkin Vaisalan optinen MD30-mittari sekä sen pariin yhtiön RoadAI-sovelluksella varustettu älypuhelin. Kokemuksia järjestelmän hyödyllisyydestä laadunvalvonnassa on jo jaettu, mutta osapuolten kesken mielenkiintoa on herättänyt myös sen soveltuvuus suolan optimointiin.

Liikennevirasto on esitellyt julkaisunsa yhteydessä päivitettyä versiota vanhasta Tiehallinnon annosteluohjeesta (kuva 22). Julkaisun mukaan (Liikennevirasto, 2017, s. 74) suolauksista voi usein selvitä ohjetta pienemmällä suolamäärällä. Väitteen pohjalta muodostuu opinnäytetyön tutkimuksen hypoteesi. Tutkimuksella pyritään vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin: Alitetaanko annosteluohjeen mukaiset suolamäärät käytännön työssä säännöllisesti? Ovatko ohjetaulukon suolamäärät päivitettävissä paremmin käytäntöä

vastaavaksi? Helpottaako MD30-mittari uuden annosteluohjeen laadintaa? Mikäli aiheellista, laaditaan tutkimuksen päätteeksi päivitetty annosteluohjetaulukko.

2 Organisaatiot ja roolit

Opinnäytetyötä ja siihen liittyvää tutkimusta tehdään tarkastelemalla maanteiden hoitourakan toimintaa liukkaudentorjunnan näkökulmasta. Kunnossapidollista työtä ohjaavat organisaatioiden tarpeet ja vaatimukset, joita urakka pyrkii toiminnallaan tyydyttämään. Tässä luvussa kerrotaan, mikä rooli eri organisaatioilla on hoitourakan ja sen myötä opinnäytetyön kannalta.

2.1 Väylävirasto

Väylävirasto on liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalalla toimiva Suomen valtion virasto, joka vastaa tie- ja rautatieverkon sekä vesiväylien kunnossapidosta ja kehittämisestä. Tavoitteena Väylävirastolla on saavuttaa toimiva väyläverkko, joka osaltaan edesauttaa Suomen hyvinvointia, kilpailukykyä ja kestävää kasvua. (Väylävirasto, 2022-f)

Asiakaslähtöisyys, turvallisuus sekä toimivuuden turvaaminen ovat tilaajaorganisaationa toimivan Väyläviraston toiminnan perusta. Väylävirasto pyrkii rakentamisen ja kunnossapidon kautta kiinnittämään yhä enemmän huomiota ilmastovaikutuksiin. Liikennejärjestelmäsuunnittelun ja väylänpidon on Väyläviraston linjausten mukaan tuettava kestävää liikennettä ja päästöjen vähentämistä. (Väylävirasto, 2021)

Väylävirasto toimii opinnäytetyön toimeksiantajana. Opinnäytetyön tutkimustuloksia verrataan Tiehallinnon aikoinaan julkaisemaan ja Liikenneviraston myöhemmin päivittämään taulukkomuotoiseen suolan annosteluohjeeseen. Toimintansa lopettaneen Tiehallinnon vastuut on jaettu Liikenneviraston ja ELY-keskusten kesken ja sittemmin lakkautetulta Liikennevirastolta vastuut siirtyivät edelleen Väylävirastolle.

2.2 Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

ELY-keskukset huolehtivat alueellisesti valtionhallinnon linjausten toimeenpanemisesta sekä kehittämistehtävistä elinkeinon, liikenteen ja ympäristön osa-alueilla. Suurin osa ELY-keskuksista hoitaa kaikkea kolmea vastuualuetta, mutta osa tehtävistä on keskitetty toisen alueen ELY-keskukselle. (ELY-keskus, 2023-a)

Liikenteen osalta ELY-keskukset toimivat Väyläviraston kontrolloimina. Rakennus- ja kunnossapitotyöt ELY-keskus tilaa kilpailutetuilta urakoitsijoilta. ELY-keskukset huolehtivat maanteiden turvallisuudesta, sujuvuudesta, hoidosta sekä kunnossapidosta omalla vastuualueellaan. (ELY-keskus, 2022)

2.3 Kuljetus ja Maanrakennus P. Salonen Oy

Kuljetus ja Maanrakennus P. Salonen Oy on vuonna 1965 perustettu maansiirtoalan perheyritys. Pauli Salonen perusti yrityksen taannoin vaimonsa Pirkon avustuksella. Kahden hengen yritys on vuosien saatossa kasvanut sisukkaalla ja pitkäjänteisellä työllä noin sata henkilöä työllistäväksi yhtiöksi. (Kuljetus ja Maanrakennus P. Salonen Oy, n.d.)

Liikenneympäristöjen hoito on osa Kuljetus ja Maanrakennus P. Salonen Oy:n liiketoimintaa. Yhtiö toimii pääurakoitsijana viisi vuotta kestävässä Mäntsälän hoitourakassa, joka käynnistyi lokakuussa 2020. Näin ollen yhtiö kantaa päävastuun hoitourakan kunnossapitotöistä. Yritys toimii ensimmäistä kertaa pääurakoitsijana maanteiden hoitourakassa. Aiemmin Kuljetus ja Maanrakennus P. Salonen Oy on toiminut Uudenmaan hoitourakoissa aliurakoitsijana. Opinnäytteen tekijä työskentelee yhtiön palveluksessa osana Mäntsälän hoitourakan työnjohtoa.

2.4 Mäntsälän maanteiden hoitourakka 2020–2025

Mäntsälän hoitourakassa työskentelevät henkilöt edustavat eri yrityksiä, mutta he yhdessä muodostavat urakan organisaation, Mäntsälä MHU:n. Suurin osa hoitotöistä on jaettu aliurakoitsijoille vastuualueittain, mutta yksittäisissä työkohteissa voi työntekijöitä olla

pääurakoitsijalta, useammalta aliurakoitsijalta sekä vuokratyöfirmalta. Organisaatiolla on yhteinen päämäärä, jonka mukaan hoitourakka-aluetta kunnossapidetään mahdollisimman hyvin Väyläviraston antamien laatuvaatimusten ja ohjeistusten mukaisesti.

Urakan työjohto työskentelee yksistään pääurakoitsijan palveluksessa. He kantavat päävastuun hoitourakan töistä ja pitävät huolen niihin liittyvistä raportointivelvoitteista ELY-keskuksen ja Väyläviraston suuntaan. Työjohto neuvottelee määrättyjen kilpailutussääntöjen puitteissa kunnossapitotöihin liittyvät sopimukset aliurakoitsijoiden kanssa. Yrityksen koosta ja resursseista riippuen, voi aliurakoitsijoilla olla myös omaa työjohtoa, joka vastaa lähinnä nimenomaiselle yritykselle annettujen hoitotehtävien toimeenpanemisesta.

2.5 Vaisala Oyj

Vaisala Oyj on Suomessa perustettu globaalisti toimiva yhtiö, joka tarjoaa mittausratkaisuja sekä -palveluja teollisuuden, sään ja ympäristön tarpeisiin. Yhtiö on perustettu vuonna 1936 ja sillä on lähes kolmekymmentä toimistoa eri puolella maailmaa. (Vaisala, n.d.)

Urakalla on käytössään kaikkiaan yhdeksän optista Vaisalan MD30-mittaria. Mittareista yksi on urakan omaisuutta ja kahdeksan Väylävirasto on hankkinut urakalle tutkimuskäyttöä varten. Väylävirasto pyrkii selvittämään, millaisia hyötyjä mittareiden laajemmalla hyödyntämisellä voidaan maanteiden hoitourakassa saavuttaa, sillä aiemmin vastaavanlaisia mittareita on hoitourakoissa ollut käytössä vain työjohtolla. Mittareita on testattu, ja tullaan testaamaan, ainakin talvikausilla 2021–22 sekä 2022–23. (Väylävirasto, 2022-d, s. 3 & 8)

Yllä mainittu tutkimus ei ole sama kuin opinnäytetyön tutkimus, mutta ne kytkeytyvät toisiinsa. Opinnäytetyössä hyödynnetään yksittäistä kunnossapitoajoneuvoon asennettua MD30-mittaria, sekä muita resursseja, joita toista tutkimusta ja hoitourakkaa varten on hankittu.

3 Liukkaudentorjunta

Väylävirasto ja Varsinais-Suomen ELY-keskus kilpailuttavat viiden vuoden välein maanteiden hoitourakat, jotka vastaavat urakka-alueensa tiestön päivittäisestä hoidosta. Urakat ovat laatuvastuu-urakoita, joissa noudatetaan Väyläviraston määrittämiä laatuvaatimuksia. (Väylävirasto, 2022-c)

Suomessa teille levitetään suolaa vuodessa noin 120 tuhatta tonnia (Punkari, 2022). Talvikokeilla teiden suolauksella pyritään saavuttamaan tien pintaan parempi pito. Toimenpiteiden myötä liikkuminen tiestöllä on turvallisempaa ja sujuvampaa. Runsasliikenteisillä teillä pienikin liukkaus voi johtaa vakavaan onnettomuuteen. (Väylävirasto, 2022-b)

3.1 Käytännöt ja materiaalit

Yleiset tiet jaetaan seuraaviin talvihoitoluokkiin: Ise, Is, Ib, Ic, II ja III. Näistä luokan Ise palvelutaso on korkein ja III luokan matalin (Liikennevirasto, 2018, s. 6). Opinnäytetyön tutkimusreitti kuuluu korkeimpaan Ise talvihoitoluokkaan.

Hoitoluokissa Ise, Is ja Ib liukkaus pyritään torjumaan aina ennakoiden. Mainituissa hoitoluokissa käytetään liukkaudentorjuntamateriaalina suolaa, mutta hoitoluokassa Ib voidaan kylminä kausina käyttää myös suolahiekkaa. (Liikennevirasto, 2018, s. 15–17)

Hiekka ei pysy ajoradalla vilkasliikenteisillä väylillä, minkä takia pääteiden liukkaudentorjuntamateriaalina käytetään suolaa. Päätiät ovat suolauksen ansiosta paljaana suuren osan talvesta. (Väylävirasto, 2022-b)

Kalsiumkloridia käytetään lähinnä suolaliuoksena, jolla rakeinen natriumkloridi kostutetaan paremman tarttuvuuden saavuttamiseksi. Sellaisenaan kalsiumkloridiliuos soveltuu ainoastaan ennakkosuolaukseen, jolloin annoskoko jää suhteellisen pieneksi. Ainetta sallitaan käytettävän hyvin rajallinen määrä autojen likaantumishaittojen ja tien pinnan hitaan kuivumisen vuoksi. (Liikennevirasto, 2017, s. 68)

Tielle levitettävä raesuola on vuorisuolaa eli natriumkloridia, jota valmistetaan merivedestä haihduttamalla. Korvaavia liukkaudentorjuntamateriaaleja on kehitelty ja tutkittu, mutta ongelmaksi muodostuu vuorisuolaan nähden 10–100 kertaa kalliimpi hinta. (Punkari, 2022)

Natriumkloridia käytetään kuivana, suolaliuoksella kostutettuna tai pelkkänä liuksena. Raesuolana sitä käytetään koko Suomessa (Liikennevirasto, 2017, s. 68). Tutkimusreitillä käytettävä suola on Berner Oy:n toimittamaa rakeista vuorisuolaa. Suolaa ei toimiteta pakkauksessa, vaan se kuormataan kasaksi suolahalliin.

Kuva 1. Tutkimuksessa käytetyn suolan punnitustosite tutkimusjaksolta.

INKOO SHIPPING OY AB		Nro 198170	
Satamatie 454			
10210 INKOO			
PUNNITUSTOSITE			
Rekisteri	[REDACTED]		
Kuljettaja			
Tuote	48	Vuorisuolaa irtona/Berner	
Asiakas	1828	Kuljetus ja Maanrakennus P.Salonen Oy Ahertajankatu 1 04440 JÄRVENPÄÄ	
Brutto	67760 kg	18.01.2023 07:38	[A35550] 34320 kg + 33440 kg
Taara	25740 kg	18.01.2023 07:06	[A35542] 15800 kg + 9940 kg
Netto	42020 kg	Huom: [REDACTED] Mäntsälän mhu	

Talvihoitokautena 2022–2023 on Mäntsälän hoitourakalla ollut haasteita saada liuossuolaa johtuen maailmanpoliittisesta tilanteesta sekä tavarantoimittajasta. Mainitusta syystä opinnäytetyöhön liittyvissä suolauksissa ei lähtökohtaisesti käytetä lainkaan liuosta. Liikenneviraston mukaan (2017, s. 67) kuivan suolan käyttö lisää sen kulutusta ja hävikkiä.

Tyypilliset suolaustilanteet jakautuvat ennakoivaan suolaukseen sekä ennen lumisadetta tapahtuvaan suolaukseen. Ennakoivassa suolauksessa liukkaus pyritään torjumaan ennakoon, jolloin tarvittava suolamäärä on pienempi kuin jos suolattaisiin jo jäätynyttä tien pintaa. Ennakkosuolausta käytetään tilanteissa, joissa muutoin liukkauden ennustetaan muodostuvan erittäin ongelmalliseksi. Esimerkiksi riski mustasta jäädä, alijäähtyneestä vesisateesta tai kuuraantumisesta käynnistää ennakkosuolauksen. Niin sanotulla lumisadesuolauksella pyritään välttämään lumen tamppaantuminen polanteeksi tienpintaan. (ELY-keskus, 2023-b)

3.2 Ympäristö

Tiesuolan pohjavesille aiheuttamat vaikutukset alkoivat ilmetä varsin nopeasti suolauksen aloittamisen jälkeen 1960-luvulla. Suola voi veteen liuettuaan kulkeutua tieltä muualle ympäristöön. Tiesuolan vaikutus näkyy pohjavesissä kohonneina kloridipitoisuuksina ja siten laadun heikkenemisenä. Kloridi ei ole terveydelle haitallista, mutta liian kloridipitoinen talousvesi voi aiheuttaa metallien korroosiota sekä makuhaittaa. Suolauksen aiheuttamia haittoja on mahdollista torjua vaihtoehtoisilla liukkaudentorjunta-aineilla, pienemmillä suolamäärillä sekä luiskasuojauksilla (Liikennevirasto, 2015, s. 16)

Liukkaudentorjunnan riskit pohjavedelle ovat suurimmillaan vilkasliikenteisillä teillä. Tiestö on perinteisesti kulkenut harjuja pitkin ja niiden maaperä läpäisee hyvin vettä. Suolausta on onnistuttu vuosikymmenten aikana vähentämään, mutta ilmastonmuutos ja vaihtelevat talvet vaikuttavat suolamääriin. Vuonna 2018 päivitettyjen talvihoidon toimintalinjojen myötä suolamäärien ennustetaan kasvavan 25 prosenttia. (Väylävirasto, 2022-e)

Väylävirasto osallistuu pilaantuneiden maa-alueiden tutkimiseen ja kunnostamiseen. Perussääntönä on, että pilaantumisen aiheuttaja, mikäli on tiedossa, maksaa ja toteuttaa kunnostuksen. Tyypillisesti maa-alueita puhdistetaan liikenteen suunniteluun ja rakentamiseen liittyvien hankkeiden yhteydessä. Vuosien saatossa puhdistustoimia on tehty yhteistyössä liikennöitsijän, ympäristöviranomaisen ja kunnossapitäjän kanssa. (Väylävirasto, 2022-e)

4 Muuttuva ilmasto ja kunnossapito

Yleisesti kuulee puhuttavan, kuinka säästä on tullut ennalta arvaamattomampaa ilmastomuutoksen myötä, eivätkä vuodenojoille asetetut ennakko-odotukset enää yhtä usein kohtaa todellisuuden kanssa. Kappaleessa tarkastellaan väitteiden todenperäisyyttä. Lisäksi kappaleessa käsitellään vaikeita liukkaudesta aiheuttavia sääilmiöitä, joiden uskotaan yleistävän ilmastomuutoksen myötä ja vaikuttavan liukkaudentorjuntaan sekä siinä käytettävän suolan annosteluun.

4.1 Ilmastomuutos yleisesti

Ilmastomuutoksella tarkoitetaan sääkuvien tilastollisessa jakaumassa ilmenevää merkittävää ja pysyvää muutosta. Maailmankaikkeuden aikana tiedetään ilmaston radikaalisti muuttuneen lukuisia kertoja johtuen pääasiassa auringon kiertoradan muutoksista. Ilmiö on pääsyy muun muassa lukuisille jääkausille. (EKOenergy, 2021)

Viime vuosikymmeninä ilmasto on muuttunut poikkeuksellisen nopeasti nostaen maailman keskiarvolämpötiloja. Nopea lämpeneminen on johtunut antropogeenisestä, eli ihmisen toiminnasta aiheutuvasta, maapallon lämpenemisestä. Ilmiössä ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuus kasvaa pääasiassa poltettaessa fossiilisia polttoaineita. Prosessia on entisestään pahentanut sademetsien hakkuista johtuva hiilinielujen hupeneminen. (EKOenergy, 2021)

Suomi sijaitsee suhteellisen pohjoisessa sekä suuren mantereen reunalla, mikä tekee Suomen säästä hyvin vaihtelevaa. Sääoloista on selvästi tunnistettavissa sekä mantereisen että merellisen ilmaston piirteitä. Tästä syystä Suomen ilmastoa kutsutaan myös väli-ilmastoksi. Ilmaston lämpeneminen näkyy Suomessa voimakkaimmin talvella, mutta voimakkaita pakkastalvia voi yhä esiintyä. Niiden todennäköisyys kuitenkin pienenee vuosi vuodelta. Ilmastomuutoksen myötä Suomessa sadepäivien määrä kasvaa talvella ja kesällä sateet ovat rankempia. Todennäköisesti sademäärien kasvu johtaa myös tulvien yleistymiseen. (Saukkonen, 2020, s. 16, 25 & 32)

4.2 Ilmastomuutoksen vaikutus liukkaudentorjuntaan

Ilmastomuutoksella on ollut merkittävä vaikutus liikenneverkon olosuhteisiin etenkin talviaikana. Sääolosuhteiltaan vaikeat ajanjaksot ovat lisääntyneet, mikä on tehnyt talvihoidosta haastavampaa ja kalliimpaa. Mahdollisimman sujuva ja turvallinen liikenne täytyy kuitenkin turvata. (Väylävirasto, 2022-a)

Talvihoidolliset toimenpiteet toteutuvat maan eri osissa paikallisten olosuhteiden mukaisesti. Leudompien talvien myötä yhä pohjoisempana vallitsee Etelä-Suomelle tyypillisiä olosuhteita, jolloin talvihoito täytyy sopeuttaa vastaamaan muuttunutta tilannetta. Suolausalue laajenee vähitellen kohti pohjoista, koska päätiet voidaan pitää suolalla sulana yhä pohjoisempana. (Tiehallinto, 2009, s. 55–56)

Etelä-Suomessa, varsinkin rannikkoalueella, ovat talvien pitkät lämpimät jaksot yleistyneet. Lämpötila on ollut yhä enemmän jäätymispisteen yläpuolella, jolloin liukkaudentorjunnan tarve on vähentynyt. Ilmiö on näkynyt laskevasti sekä suolan käyttömäärissä että suolausten lukumäärissä. Muualla Suomessa, myös pohjoisella rannikolla, on trendi ollut suolan suhteen päinvastainen nollakelien yleistyttyä. Korkeimmissa talvihoitoluokissa päätiet pidetään pääosin suolalla paljaana, jolloin ennakoiva liukkaudentorjunta korostuu. Erityisesti jäätävien sateiden vaikea ennakointi hankaloittaa ennakoivaa liukkaudentorjuntaa. Suolan käyttö on kasvanut myös alemmissa hoitoluokissa, kun polanteisena ylläpidettävien teiden polanteet pehmenevät sohjoksi, joka edellyttää poistamista suolalla. Kokonaisuutena liukkaudentorjunta on muuttumassa vaativammaksi ja suolan kokonaiskäyttö on Etelä-Suomen vähenevistä suolamääristä huolimatta kasvussa. (Tiehallinto, 2009, s. 56)

4.2.1 Alijäähtynyt vesi

Alijäähtyneen vesisateen eli jäätävän sateen synty edellyttää, että ilmassa on eri lämpöisiä ilmakerroksia. Sade syntyy plusasteisessa kerroksessa tai sulaa sen läpi pudotessaan. Lähempänä maanpintaa pisara alijäähtyy kohdatessaan pakkasen puolella olevan kerroksen. Sataessaan pisara ei ehdi jäätymään, vaan tekee sen välittömästi koskettaessaan maanpintaa. Alijäähtynyttä vesisadetta muistuttava sääilmiö tapahtuu myös silloin, kun

plusasteista vettä sataa pakkasen puolella olevalle pinnalle. (Foreca, 2021)

Hartosen mukaan (2008, s. 28) alijäähtyneen vesisateen ennustaminen on vaikeaa, sillä ilmiön tarkka ennustaminen edellyttäisi tarkkaa tietoa ilmakehän kolmiulotteisesta lämpötilarakenteesta kahden kilometrin korkeuteen asti.

Jäätävää tihkusadetta esiintyy noin kymmenen kertaa useammin kuin jäätävää vesisadetta Hartonen (2008, s. 29). Jäätävässä tihkusateessa lähellä maanpintaa olevan pakkassään sumupilvestä loppuvat kesken hiukkaset, joiden ympärille jääkiteet voivat muodostua. Pisarat putoavat alijäähtyneinä alas ja jäätyvät pudotessaan pinnoille. Syntymekanismi jäätävään sateeseen verrattaessa on erilainen, mutta autoilijan näkökulmasta ilmiö on yhtä ikävä. (Foreca, 2021)

Toistaiseksi alijäähtynyttä vesisadetta ilmenee varsin harvoin, vain muutamia kertoja vuodessa. Ilmiön uskotaan kuitenkin yleistyvän ilmastonmuutoksen myötä, koska otolliset olosuhteet yleistyvät talvilämpötilojen noustessa. (Moksu, 2022)

Mäntsälän hoitourakan työnjohtajien arvion mukaan (K. Nieminen & J. Rosenqvist, henkilökohtainen tiedonanto, 19.1.2023) viime vuosina jäätävän sateen kaltaisia ilmiöitä on voinut esiintyä talvikuukausina viikoittain. He korostavat, ettei kyse ole vain urakan saamasta varoituksesta, vaan toteumasta.

5 Työnjohto ja suolauspäätökset

Kappaleessa käsitellään asioita, joilla voi olla sääolosuhteiden ja Väyläviraston laatuvaatimusten lisäksi vaikutusta työnjohtajien liukkaudentorjuntaa koskeviin päätöksiin. Lisäksi sivutaan tyypillistä ammatillisen kehityksen polkua, joka päätösten taustalta usein löytyy.

5.1 Hoitoympäristön muutokset ja kustannuspaine

Kahdeksaa työmaapäällikköä on haastateltu maanteiden hoitourakoista. Vuonna 2019 alkaneista urakoista haastateltavia on ollut kaksi, sekä vuosina 2020 ja 2021 alkaneista

urakoista on ollut molemmista kolme haastateltavaa. Kaikkien haastateltavien mukaan koettiin 2021–2022 poikkeuksellinen talvi, joka aiheutti kustannusten nousua. Suuri osa työmaapäälliköistä on tunnistanut keskenään erilaisten vuosien ja talvien olevan maanteiden hoitoalla normaalia. Muutama on kokenut olevansa huolissaan ilmastomuutoksen vaikutuksista tuleviin vuosiin. (Frantsi, 2022, s. 59 & 62–63)

Kustannusten nousua, epävarmuutta ja lisääntyntä riskiä on aiheuttanut urakoissa myös Venäjän hyökkäyssota, mikä on kustannustason nousun kautta vaikuttanut urakan toteutumiseen ja aliurakoitsijoiden asenteisiin. Kaikissa urakoissa aliurakoitsijat ovat tyytymättömiä haastatteluhetken urakkasopimuksiin. He ovat myös huolissaan tulevasta kustannuskehityksestä. (Frantsi, 2022, s. 61–63 & 69)

Työmaapäälliköistä suuri osa on kokenut uuden urakkamallin epäselväksi, jolloin kukaan ei tiedä kuinka mallin mukaan kuuluisi toimia. Kaikki työmaapäälliköt ovat kokeneet taloudellisiin tavoitteisiin liittyvää epävarmuutta tulevan välikatselmuksen suhteen johtuen uudesta urakkamallista. (Frantsi, 2022, s. 62 & 69)

Venäjän hyökkäyssodan alettua on tiesuolan hinta vaihdellut. Helmikuun 2023 alussa ollaan tilanteessa, jossa suolan hinta on vakiintunut vähintään 50 prosenttia korkeammaksi kuin vuotta aikaisemmin, eli juuri ennen sotaa. (J. Rosenqvist, henkilökohtainen tiedonanto, 2.2.2023)

Opinnäytteen tekijä on saanut käyttöönsä syksyllä 2022 alkaneen Heinolan urakan sisäisiä asiakirjoja. Asiakirjojen osana olevien tehtävä- ja määräluettelon mukaan (ELY-keskus, 2021) liukkaudentorjunnassa käytettävä suola luokitellaan hankintoihin, joka sisältyy urakan tavoite- ja kattohintaan. Tarjouslomakkeessa on maininta, että kattohinnan ylittävistä kustannuksista vastaa urakoitsija. Mäntsälän urakan vastaaviin dokumentteihin (ELY-keskus, 2019) on kirjattu samalla tavalla.

Uudistettu urakkamalli on osallistanut hoitourakoiden kilpailutuksiin uusia toimijoita, minkä myötä kilpailu alalla on lisääntynyt. Syksyllä 2020 alkavissa urakoissa aloittaa kaksi uutta pääurakoitsijaa, mikä osoittaa uusillakin toimijoilla olevan mahdollisuuksia kilpailutuksissa. ("Maanteiden hoito kiinnostaa yhä useampaa yritystä", 2019)

5.2 Suolan annostelu

5.2.1 Keli- ja liikenneolosuhteet

Suola-annoksen valintaan vaikuttavat muun muassa tienpinnan lämpötila, tienpinnan kosteus, liikennemäärä sekä näiden kehittyminen. Lisäksi suolausmenetelmä, mahdollisen sateen määrä ja laatu, ajoitus sekä liukkaan peitteen määrä ja laatu vaikuttavat suola-annoksen suuruuteen. Usein on mahdollista selvittää ohjeannosta pienemmällä suolamäärällä. Osaava työnjohto kykenee valitsemaan keskimääräistä pienemmät suolamäärät, jolloin varman päälle toimimalla ei aiheuteta turhaan märkiä tienpintoja. (Liikennevirasto, 2017, s. 73)

Mäntsälän kokenut työmaapäällikkö on samaa mieltä entisen Liikenneviraston kanssa suolan annosteluun vaikuttavista tekijöistä, mutta korostaa myös tuulen merkitystä. Hänen mukaansa säätietojen ennustettu kehittyminen on annostelupäätöksissä kaikista tärkein. (J. Rosenqvist, henkilökohtainen tiedonanto, 8.12.2022)

Jotta suola tehoaisi hyvin, on tiellä kuljettava 2500–3000 ajoneuvoa vuorokaudessa, jolloin renkaiden lämpö riittää kuivattamaan tien pinnan (Hakala, 2008). Kun tietty liikennemäärä onnistutaan saavuttamaan, ei ylimenevällä liikenteellä ole suolan toimivuuden suhteen merkitystä. Talvihoitoluokka myös itsessään kertoo, että väylää voidaan hoitaa suolalla myös liikennemäärän osalta. Liikennemääriä ei kannata huomioida suola-annosta päätettäessä tarkkojen määrien kautta, vaan vuorokaudenajan ja siihen liittyvän ruuhkaisuuden mukaan. (J. Rosenqvist, henkilökohtainen tiedonanto, 1.2.2023)

5.2.2 Työnjohtajien koulutus ja kokemus

Suomessa ei ole oppilaitosta, jossa suoranaisesti opetettaisiin väylien kunnossapitoa. Työnjohtajien työkokemus- ja koulutusvaatimuksia on avattu hoitourakan asiapapereissa. Pääsääntöisesti samana vuonna alkavien ja yhtä vaativien hoitourakoiden asiakirjojen sisältö on yhtenevä.

Urakan sisäiseen materiaaliin kuuluvan urakkaohjelman mukaan Mäntsälän urakka luokitellaan vaativaksi urakaksi. Ohjelman mukaan Mäntsälän urakassa vastuunalaiselta työnjohtajalta ja päätoimiselta apulaiselta edellytetään teknillisessä koulussa tai ammattikorkeakoulussa suoritettua tutkintoa. Hyväksyttäviä ovat yhdyskunta-, rakennus-, logistiikka-, ympäristö- tai konetekniikan tai liikennealan tutkinnot. Lisäksi vastuunalaisen työnjohtajan työnjohtotasosta hoitokokemusta on oltava vähintään kolme vuotta. Päätoimiselta apulaiselta vastaavaa kokemusta edellytetään vähintään yksi vuosi. Kolmannelta työnjohtajalta edellytetään vähintään kolme vuotta maanteiden tai katujen ympärivuotista hoitokokemusta. (ELY-keskus, 2019)

Heinolan hoitourakka luokitellaan niin ikään vaativaksi. Sen urakkaohjelman mukaan (ELY-keskus, 2021) vaatimukset työnjohdon koulutuksen ja kokemuksen suhteen ovat samat kuin Mäntsälän urakassa.

Mäntsälän hoitourakan työnjohdossa on tapahtunut vuoden 2022 aikana vaihtuvuutta. Opinnäytetyön tekijä on työskennellyt helmikuusta 2022 kevääseen 2023 insinööriharjoittelijana Mäntsälän urakassa kaikkiaan kuuden eri työnjohtajan kanssa. Kun heidän työskentelyään on seurannut lähietäisyydeltä, on opinnäytetyön laatijalle syntynyt käsitys siitä, kuinka työnjohtajien ammatillinen pääoma tavallisesti karttuu.

Nähdyn perusteella työnjohtajilla ei ole yleensä aikaa opiskella etukäteen Väyläviraston oppaista tietoa, vaan haasteiden hetkellä oppaat kaivetaan esille, mikäli työnjohdosta kenelläkään ei ole vastausta ongelmaan. Työlle on ominaista, että kiireellinen ongelma voi tulla vastaan täysin yllättäen tien päällä, jolloin työkaverilta avun kysyminen on olosuhteiden takia loogisempaa. Kuvatussa toimintakulttuurissa kokematon päivystäjä turvautuu herkästi työkaverin apuun myös pelkästä tottumuksesta. Asiassa ei ole mitään väärää, mutta mikäli kokeneemmalla on esimerkiksi tapana määrätä liian suuria suola-annoksia, voi toimintamalli periytyä uusille työnjohtajille. Hyvienkin toimintamallien siirtäminen uusille työnjohtajille voi olla haastavaa, kun vaikuttavia tekijöitä on paljon.

6 Tutkimuksen toteutus

Toiminnallinen opinnäytetyö on kehittämistyö, jolla tavoitellaan käytännön toiminnan edistämistä, järjestämistä, ohjeistamista ja tehostamista työelämässä. Työssä kehitetään, toteutetaan ja arvioidaan uusia tuotteita toimintatapoja, palveluja tai työkäytäntöjä.

(Hämeen ammattikorkeakoulu, 2020, s. 6)

Tutkimuspainotteisessa opinnäytetyössä on lähtökohtana selkeästi määritelty tutkimusongelma tai -kysymys, johon etsitään vastausta käyttäen tyypillisiä tutkimusmenetelmiä ja tarkoituksenmukaisia aineistoja. Tutkimuspainotteiselle opinnäytetyölle on tyypillistä, että empiirisen aineiston avulla haetaan vastausta tutkimusongelmaan, esimerkiksi kokeen, kyselyn tai haastattelun avulla. (Hämeen ammattikorkeakoulu, 2020, s. 6)

Opinnäytetyöstä on tunnistettavissa sekä tutkimuksellisen että toiminnallisen opinnäytetyön piirteitä. Työssä tutkitaan Mäntsälän hoitourakan suolaustapahtumia, joiden keli- ja suola-annostietoja verrataan Liikenneviraston annosteluohjeeseen (kuva 22). Tutkimuskysymysten mukaisesti taulukkoa arvioidaan pohtimalla, ovatko siinä ohjeistettut suola-annokset päivitettävissä pienempiin annoskokoihin hoitourakan kokemusten perusteella. Aihetta lähestytään pyrkimyksellä huomioida taulukosta poiketen suolaushetken lähituntien liikennemääriä, sillä ne yleisesti vaikuttavat tiesuolan toimivuuteen. Tarkoituksena on, että taloutta ja etenkin ympäristöä rasittavan tiesuolan käyttöä voitaisiin vähentää mahdollisesti päivitettävän annosteluohjeen kautta.

6.1 Tutkimusmenetelmät

Suolaavan kunnossapitoajoneuvon keulaan asennettu MD30-mittari toimii eräänlaisena liikuteltavana tiesääasemana, jonka avulla kerätään toimenpidehetken keliolosuhteet koko tutkimusreitiltä. Lisäksi kelitietoja otetaan käyttöön tutkimusreitien tiesääasemasta. Kahdesta kanavasta saatavilla säätiedoilla varmistetaan, että tutkimus saadaan mahdollisten haasteidenkin ilmaantuessa tehdyksi. Etukäteen on mahdotonta tarkkaan ennustaa, millaista säätä tutkimukseen varatulla ajanjaksolla on ja montako suolauskertaa se tulee sisältämään.

Näin ollen tietoja suolaustapahtumista kerätään mahdollisimman kattavasti, jotta tutkimusaineistosta voidaan vetää vähintään suuntaa antavia johtopäätöksiä.

Opinnäytetyöllä pyritään vaikuttamaan urakan toimintaan mahdollisimman vähän. Päivystäjä päättää suola-annosten suuruudet, eikä opinnäytetyön tekijä osallistu päätöksentekoon. Tutkimusta tehdään oletuksesta, että valitulla suola-annoksella saavutetaan Väyläviraston laatuvaatimukset. Mikäli laatutasoa ei valitulla suola-annoksella saavuteta, tekee päivystäjä normaaliin tapaan päätökset lisäsuolauksesta, joka uutena suolaustapahtumana voi vaikuttaa osaltaan tutkimustuloksiin.

Tutkimusaineistoa kertyy lähtökohtaisesti hyvin paljon. Tulosten järkevä analysointi ja esittely edellyttää sen siirtämistä tiiviimpään muotoon. Useasta kanavasta saatava aineisto kerätään omille välilehdilleen Excel-pohjaan, joka on opinnäytetyötä varten luotu. Tätä pohjaa nimitetään opinnäytetyössä koontiexceliksi. Se sisältää seuraavasti nimetyt välilehdet:

- 1 Suolaustapahtumat
- 2 Tiesääasema
- 3 MD30-raaka
- 4 MD30-keskiarvot
- 5 MD30-mittausarvot
- 6 Yhteenveto

Dataa arkistoidaan välilehdille 1, 2, 5 ja 6. Välilehtiä 3 ja 4 hyödynnetään MD30-mittarin kelimittauksista muodostettujen keskiarvojen määrittämiseen, jotka prosessin jälkeen kopioidaan välilehdelle 5. Välilehden 6 tarkoituksena on koota samalle riville tietyn suolauskerran kaikki useasta lähteestä kerätyt tiedot. Sinne kopioituvat tiedot Excel-kaavojen myötä automaattisesti välilehdiltä 1,2 ja 5.

Välilehteen 1 syötetään suolaustapahtuman perustiedot, jotka kopioituvat Excel-kaavojen myötä automaattisesti välilehdille 2,5 ja 6. Tiesääasematiedot suolausten ajalta syötetään välilehdelle 2 niiden lähteenä olevista JSON-tiedostoista. Välilehtiin 1 ja 2 syötetään arvot

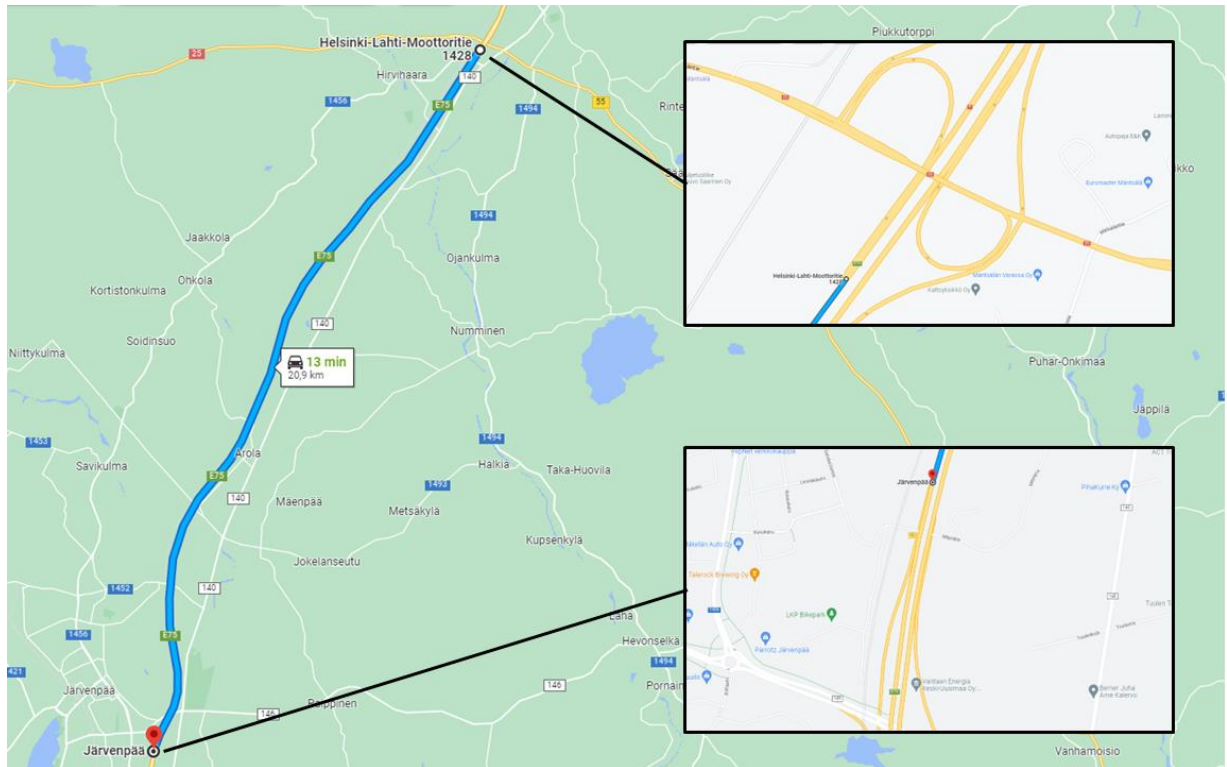
manuaalisesti käsin niiden tietolähteistä. Prosessia tiedon hankkimiseksi eri lähteistä avataan yksityiskohtaisemmin luvuissa 6.5–6.7 sekä niiden alaotsikoiden alla. Näissä kappaleissa kerrotaan myös, mitä säätietoja konkreettisesti kerätään.

Tulosten analysointi tapahtuu vertaamalla hoitourakan suolaustapahtumien tietoja tutkittavaan annosteluohjeeseen välilehtien 1 ja 6 avulla. Suolauksista kerätyistä tiedoista keskeisimpiä ovat käytetty suolan annoskoko, ajankohta, MD30-mittarin ja tiesääaseman mittaussarvot suolaushetkellä sekä karkea liikennemäärä. Tutkimuksen kannalta vähemmän oleellisia mittaustietoja kerätään MD30-mittarilla tukemaan sen tärkeimpien mittaustulosten luotettavuuden arviointia. Näitä tietoja ei esitellä opinnäytetyön tuloksissa.

6.2 Rajaus ja tutkimusreitti

Tutkimuksessa tarkastellaan Mäntsälän urakan valtatie 4:n eteläisellä reitillä tapahtuvia suolauksia kolmen kuukauden ajan. Reitti valittiin tutkimukseen, koska korkeimpaan Ise-talvihoitoluokkaan kuuluvana sieltä saadaan paras mahdollinen otos. Tutkimus kattaa reitillä kaikki joulukuun 2022 sekä tammi- ja helmikuun 2023 suolaukset. Noin 21 kilometrin pituinen tutkimusreitti ulottuu Mäntsälästä valtatie 25:n liittymästä Järvenpään eteläiseen liittymään. Reittiä tarkastellaan vain pohjoisesta etelään. Ajosuunta tuli valituksi tutkimukseen, koska se palvelee paremmin mahdollisuutta arvioida liikenteen vaikutusta suolan toimivuuteen. Monet suolaukset ajoittuvat aamuyöhön, jonka jälkeen liikennevirta on voimakkaampi pohjoisesta etelään. Tutkimuksessa tarkastellaan vain suoria moottoritien osuuksia. Eri tienumeroa kantavat kiihdytyskaistat, rampit ja levähdysalueet rajataan tutkimuksen ulkopuolelle. Toisen ajosuunnan lisäksi myös moottoritien ohituskaista rajataan pois tutkimuksesta. Tietyissä olosuhteissa siihen levitettävä suolamäärä on peruskaistaan verrattuna eri. Lähtökohtaisesti suolaus hyväksytään tutkimusaineiston osaksi vain tapauksissa, joissa koko reitti on ajettu suoraviivaisesti ja keskeytyksittä.

Kuva 2. Kolme kuvakaappausta tutkimusreitistä Google Mapsin oletusnäkymästä (Google Maps, 2023).



Tutkimusreititin tieosoiteväli on noin $4 / 111 / 4480 - 4 / 108 / 750$. Tieosoitearvoilla ilmaistuna tutkimusalue on suurpiirteinen, koska kuljettajan ajolinjat ja MD30-mittariin liitetyn RoadAI-mobiilisovelluksen tieosoitemittaukset poikkeavat eri kerroilla hieman toisistaan. Esimerkiksi kuljettajan ajaessa moottoritien peruskaistaa, voi RoadAI ottaa sijaintitiedon virheellisesti viereiseltä rampin aloittavalta tai päättävältä kaistalta. Tällaisessa skenaariossa jää samalta kohdalta peruskaistan mittausarvot huomioimatta, koska aineistosta poistetaan muuhun kuin tieosoitteella nelostiehen viittaava aineisto.

Tutkimusalueen ulkopuolelle rajataan Ohkolan silta, jonka kohdalla tien pinnan tiedetään jäätyvän keskimääräistä herkemmin. Silta on tutkimusreitillä ainoa kohta, jossa kuljettaja säättää suolamäärää perusannosta korkeammaksi. Sillan kohdalla MD30-mittarin mittausarvoista jätetään huomioimatta tieosoiteväli $4 / 109 / 5557 - 4 / 109 / 5283$. Poistettava väli on määritelty ja arvioitu tarkastelemalla muutaman tutkimusjaksoa edeltäneen mittauskerran arvoja tien lämpötilan osalta.

Tutkimusreitillä liukkaudentorjunnasta vastaa lähtökohtaisesti sama kuljettaja käyttäen samaa kunnossapitoajoneuvoa. Kuljettajalla on vuosien kokemus maanteiden hoidosta ja kokonaisen talven kokemus MD30-mittarista. Ajoneuvon kiinnitetty MD30-mittari pyritään pitämään koko tutkimusjakson samana. Mahdolliset tuuraajat käyttävät reittiä suolatessaan eri ajoneuvoa, eikä heillä ole käytössään Vaisalan laitteita. Riittävän otoskoon takaamiseksi myös sijaisten tekemät suolaukset kirjataan, jolloin levitettyä suolamäärää suhteutetaan ainoastaan tiesääaseman kelitietoihin. Tulosten analysoinnissa pyritään turvautumaan tuuraajien aikaiseen aineistoon mahdollisimman vähän.

Koska liikennemäärä vaikuttaa suolan toimivuuteen, pyritään se karkealla tasolla huomioimaan tutkimuksessa. Kuten mainittua, päivystäjät yleisesti huomioivat liikennemäärät kellonajan perusteella ja hyvin karkeasti, esimerkiksi asteikolla ”vähäinen”, ”normaali” ja ”ruuhkaliikenne”. Mainittua kolmiportaista asteikkoa käytetään myös opinnäytetyön tutkimuksessa. Arkipäivinä ruuhkaliikenteeksi luokitellaan liikenne tutkimusreitillä kellonaikoina 6:30–9:00. Vähäiseksi liikenteeksi tulkitaan liikenne kellonaikoina 21:00–05:00. Muu arkiliikenne luokitellaan normaaliksi. Lauantaisin ja sunnuntaisin vähäiseksi liikenteeksi tulkitaan sama aikahaarukka, mutta kaikki muu liikenne on normaalia.

Ruuhkaliikennettä määriteltäessä on asiaa hahmoteltu liikennesuunnittelussa käytettyjen termien aamuhuipputunti (AHT) ja iltahuipputunti (IHT) pohjalta. Termejä käytetään mitoittavina arvoina esimerkiksi väyläsuunnittelun välityskykymittauksissa. Varsinaista iltahuipputuntia ei ole tutkimusjaksolle arvoitu, koska aikavälillä 15:00–17:00 liikenne suuntautuu pääosin Helsingistä poispäin, eli tutkimusreittiin nähden päinvastaiseen suuntaan. AHT on arvioitu tässä tapauksessa tavallista pitkäkestoisemmaksi. Muut luokitukset kellonaikoihin ovat täysin opinnäytetyön laatijan arvioimia. Tutkimuksen jokainen suolauskerta luokitellaan jonkun liikennemääräluokan mukaan mitoitetuksi. Luokka määräytyy sen mukaan, missä jaottelun mukaisessa aikahaarukassa ollaan kolme tuntia suolauksen jälkeen. Suolaushetki puolestaan määräytyy Ohkolan tiesääaseman kohdalla tehdyn suolauksen mukaan.

6.3 Kunnossapitoajoneuvo ja sirotinautomaatti

Tutkimusreitin vakiokuljettajan käyttämä kunnossapitoajoneuvo on Sisu Polar 525 -kuorma-auto. Vuosimallin 2021 Sisu on 4-akselinen ja helmikuun 2023 alkupuolella sillä on ajettu kaikkiaan noin 138 000 kilometriä. Talvella 2022–2023 autolla tehdään talvikunnossapitotöitä pääasiallisesti juuri valtatie 4:n eteläisellä reitillä Mäntsälän hoitourakan alueella.

Kuva 3. Vasemmalla tutkimuksessa käytettävä kunnossapitoajoneuvo.



Kuorma-autossa käytetään tutkimusjaksolla Rascon sirotinautomaattia, joka on niin ikään vuosimallia 2021. Automaatissa on 10 kuution säiliö liuossuolalle ja samankokoinen raesuolalle. Se on tilavuudeltaan mahdollisesti markkinoiden suurin. Laite on kalibroitu kokeneen tutkimusreitin vakiokuljettajan toimesta syksyllä 2022 ennen talvikauden ensimmäisiä suolauksia.

Kuva 4. Kunnossapitoajoneuvo takaa sekä sirotinautomaatti.



6.4 MD30-mittari ja RoadAI

Kuorma-auton keulan oikeaan nurkkaan on asennettu optinen Vaisalan MD30-mittari. Sen osana on kolme eri anturia.

Kuva 5. Ajoneuvon keulaan asennettu tutkimuksessa käytettävä MD30-mittari.



Kumisuojan osin piilottama sensori mittaa pinnan tilaa, eli vesikerroksen paksuutta, veden olomuotoa sekä kitka-arvoa (kuva 6).

Kuva 6. MD30:n tienpinnan tilaa mittaava sensori.



Valkoinen puikkomainen sensori mittaa ilman lämpötilaa, kastepistelämpötilaa sekä suhteellista kosteutta (kuva 7). Kolmas sensori mittaa pinnan lämpötilaa (kuva 7).

Kuva 7. MD30:n lämpötila- ja kosteussensorit.



Mittari tarvitsee aina pariin älypuhelimen, johon on asennettu Vaisalan toimesta RoadAI-mobiilisovellus. Mitatun kelidatan sovellus lähettää automaattisesti selainpohjaiseen RoadAI Map -ohjelmistoon, jonne aineisto arkistoituu. Mukaan tallentuu myös samalla hetkellä puhelimella ja sen sovelluksella kuvattua videokuvaa. Kunnossapitoajoneuvoista mittausdataa kertyy automaattisesti, kun ajoneuvoon ja sen myötä Vaisalan laitteisiin kytketään virrat.

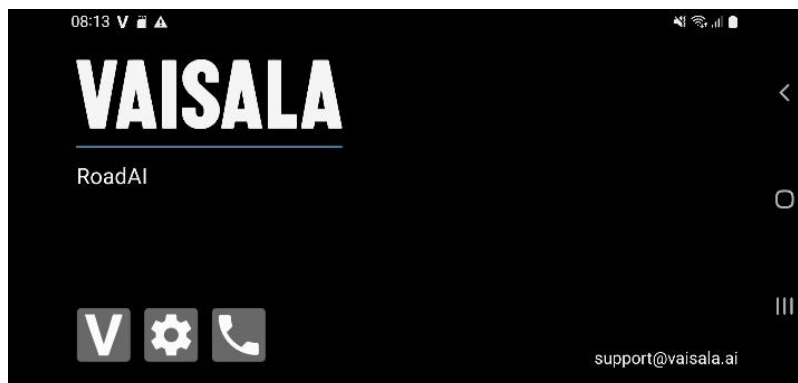
6.4.1 Kalibrointi

MD30-mittari on kalibroitu ohjekirjassa opetetulla tavalla ennen tutkimuksen käynnistämistä. Mikäli tutkimusjaksolla joudutaan käyttämään toista mittaria, tehdään siihen vastaavanlainen kalibrointi mahdollisimman samanlaisissa olosuhteissa. Onnistunut kalibrointi edellyttää, että mittari on oikeaoppisesti asennettu ajoneuvossa haluttuun kohtaan. Kalibrointi tehdään RoadAI-sovelluksen avulla, jolloin laitteiden välillä on oltava Bluetooth-yhteys. Sovellus aukeaa automaattisesti, kun puhelin käynnistetään. Kalibrointi voidaan tehdä sisä- tai ulkotilassa. Tässä tapauksessa kalibrointi on tehty sisällä. Toimenpide

koostuu kahdesta osasta, levykalibroinnista ja kerroinkalibroinnista. Ajoneuvon on oltava molemmissa kalibroinneissa pysähdyksissä.

Levykalibroinnin avulla mittarille opetetaan sen korkeusasema. Koska tutkimusreitillä käytettävä mittari on ollut edellisenä talvena eri ajoneuvossa, on levykalibrointi täytynyt tehdä uudelleen. Levykalibroinnissa Vaisalan toimittama valkoinen kalibrintilevy asetetaan mittarin alapuolelle tasaiselle alustalle siten, että se on suorassa linjassa kuvan 6 anturin kanssa. Asia varmistetaan ottamalla kepin avulla eripuolilta anturin kumisuojan reunoja suora linja kohti levyä, jolloin joka mittauskohdasta anturin on osuttava levyn kohdalle. Ohjeen mukaisesti kalibrintilevyn on oltava kuiva ja puhdas. Ohje ei ota kantaa kalibrintipaikan valaistukseen, mutta varmuuden vuoksi valaistus on pyritty saamaan mahdollisimman hyväksi. Koska kalibrointiin käytettävän tilan vakiovalaistus on hämärä, on levyä valaistu taskulampulla. Levyn muodostuvia varjoja tai pistemäisiä valokuvioita on pyritty välttämään.

Kuva 8. Ruutukaappaus RoadAI-mobiilisovelluksen aloitusnäköymästä.



Kuvan 9 tilanne aukeaa, kun on ensin painettu kuvan 8 näkymässä V-tunnusta ja seuraavasta näkymästä symbolia, jossa on kuvan 9 tapaan kolme viivaa. Kalibrointi käynnistetään painamalla "Set Reference", joka kuvasta poiketen on aktiivinen puhelimen ollessa riittävän lähellä virtoihin kytkettyä MD30-mittaria. Sovellus kysyy seuraavassa näkymässä kalibrintitapaa ja "Plate Reference" -valinnan jälkeen järjestelmä ilmoittaa noin 30 sekunnin kuluttua hyväksytystä levykalibroinnista. Mikäli näin ei tapahdu, on olosuhteet varmistettava ja toimenpide toistettava. Kalibroinnissa on käytettävä nimenomaan Vaisalan toimittamaa valkoista levyä.

Kuva 9. Ruutukaappaus RoadAI-mobiilisovelluksen päävalikosta.



Kerroinkalibrointi tehdään levykalibroinnin jälkeen. Siinä mittari opetetaan tunnistamaan tien pinta sen värin avulla. Käytettäessä valmiita kertoimia, avataan kalibrointi valitsemalla edellisessä vaiheessa ”Manual Road Reference”. Tässä vaiheessa valitaan ”Road Reference”, jos mittarin halutaan itse mittaavan ja määrittävän tätä kautta kertoimet. Vaihtoehdossa tienpinnan on oltava kuiva ja sula. Tutkimusta varten MD30-mittariin syötetään valmiit sen ohjekirjasta löytyvät desimaaliarvot, jotka perustuvat keskiarvoihin. Arvot ovat järjestyksessä 3,696, 3,729 sekä 3,664. Ne syötetään samassa järjestyksessä omiin tekstikenttiin, jotka avautuvat, kun valinta manuaalisesta arvojen syötöstä on tehty. Toinen kalibrointitapa ei ollut tutkimuksen tapauksessa mahdollinen, koska kuivaa ja sulaa päällystettä ei myöhään syksyllä kalibroitaessa ollut helposti löydettävissä.

6.5 Suolausten perustiedot

Osiossa käsitellään keinoja selvittää tutkimusreitin suolausten tarkka ajankohta sekä niissä käytetty suola-annos. Selvitystyö edellyttää päättelykykyä sekä useasta kanavasta tulevan informaation yhdistämistä. Usein myös tutkimusreitin kuljettajan ja opinnäytetyön laatijan välinen vuorovaikutus on isossa osassa.

6.5.1 Suolaustapahtumat ja annostelu

Kun päivystäjä on tehnyt liukkaudentorjuntaa koskevan hälytyksen ja tutkimusreitti on suolattu, lähettää kuljettaja suolaustiedot WhatsApp-ryhmään. Opinnäytteen laatija pystyy

tästä informaatiosta päättämään, että tutkimusreittiä on suolattu muutaman tunnin sisällä. Kanava on perustettu nimenomaan hoitourakan suolaustapahtumia varten. Perussääntönä on, että tiedot toimitetaan ryhmään kuvana, joka on otettu sirotinautomaatin monitorista. Kuvasta näkyy muun muassa käytetty kokonaissuolamäärä, levitysleveys sekä tutkimuksessa huomioitava neliömetrikohtainen perusannos. Toisinaan kuljettaja ilmoittaa yhdellä kuvalla useamman suolauskerran tietoja, sillä urakkaa kiinnostaa pääasiassa käytetyn suolan kokonaismäärä. Tällöin monitorissa näkyy yksi annoskoko, joka ei välttämättä ole ollut suolauskerroilla sama. Käytetty suola-annos varmistetaan tällaisessa tapauksessa kuljettajalta tai päivystäjältä.

Opinnäytetyössä tarvitaan erästä tiesääseman mittausarvoa, joka ei ole tiettävästi mistään lähteestä löydettävissä enää 26 tunnin jälkeen suolaushetkestä. Tämä tarkoittaa, että jokainen suolauskerta edellyttää opinnäytetyön tekijän osalta nopeaa reagointia. Näin ollen mahdolliset suolauksiin liittyvät epäselvyydet havaitaan ajoissa. Kuljettajalta tai päivystäjältä voidaan varmistaa tietoja, jotka ovat vielä tuoreessa muistissa.

Kuljettaja säätää levitysleveyden sellaiseksi, että suola tulee levitettyksi oikeaoppisesti mahdollisimman keskelle kaistaa. Esimerkiksi liikenneolosuhteiden takia kuljettajan täytyy tehdä leveyksiin toisinaan pieniä muutoksia. Opinnäytetyössä lähdetään oletuksesta, että tutkimusreittiä hoitavan kokeneen kuljettajan toimesta suola saadaan levitettyksi kaistan keskelle. Tästä syystä opinnäytetyössä ei oteta kantaa levitysleveyksiin.

Kuva 10. Sirotinautomaatin monitori.



6.5.2 Fluent Kunto

Kaikista tiestöllä tehdyistä töistä tallentuu jälki Fluent Kunto -järjestelmään. Data kerätään hyödyntäen älypuhelimien GPS-paikannusta ja niihin asennettua Kunto-sovellusta. Kunnon asema seurantajärjestelmänä on tärkeä, sillä jos tutkimusreitillä käytettävä MD30-mittari menee epäkuntoon, tai reitillä käytetään toista autoa, on seurantatiedot saatava Kunnon kautta. Urakka on myös velvoitettu käyttämään seurantajärjestelmänään joko Kuntoa tai kilpailevaa Autori-sovellusta. Osa järjestelmän datasta siirtyy automaattisesti edelleen Väyläviraston Harja-järjestelmään muun muassa urakan valvojan nähtäville.

Työnjohto analysoi Kuntoon kertyvää dataa tietokoneen selainversion kautta. Urakasta riippumattomista syistä suolausdata ei toistaiseksi siirry tarkoitetulla tavalla sirotinautomaatilta Kuntoon. Siksi WhatsApp-ryhmään on turvauduttava. Järjestelmän toimiessa oikein, näkisi kartalta esimerkiksi neliömetrikohtaisen suola-annoksen reitillä kymmenien metrien tarkkuudella. Järjestelmästä on kuitenkin nähtävissä, milloin ja kenen toimesta mitään tietä on suolattu.

Yleisesti haasteita voi muodostua kuljettajan säätäessä manuaalisesti työläjeja puhelimen Kunto-sovelluksesta. Auraukselle ja suolaukselle löytyy sovelluksesta omat työläjinsä ja usein näitä hoitotöitä tehdään rinnakkain. Jos suolaus lopetetaan hetkellisesti, voi sen työläji unohtua päälle pelkän aurauksen ajaksi. Suolaus voi olla työläjina päällä myös siirtymissä, kun ollaan menossa suolaamaan moottoritien ramppeja ja levähdysalueita. Tällöin Kunto-järjestelmään voi tallentua tutkimusreitiltä lukuisia suolauskertoja, joista vain osassa tielle on konkreettisesti levitetty suolaa.

Järjestelmän selainversioon kirjautuminen edellyttää organisaation omaa kirjautumislinkkiä, käyttäjätunnusta ja salasanaa. Kun linkin syöttää selaimen osoitekenttään, aukeaa pelkistetty tummansininen Fluentin logolla ja organisaation nimellä varustettu näkymä. Sivusto kysyy käyttäjätunnusta ja salasanaa, jotka saadaan organisaation ylläpitäjältä. Lisäksi ylläpitäjän on täytynyt antaa järjestelmään vähintään työnjohtajan käyttöoikeudet. Seuraavaksi aukeava sivu muistuttaa hyvin paljon jo kuvan 11 näkymää. Jo tästä näkymästä voidaan löytää kuvassa aktiivisena näkyvät ”Työnjohtaja”- ja ”Raportointi”-linkit. Näitä

klikkautuaan aukeaa kuvan 11 mukainen sivusto. Esimerkissä kenttiin on syötetty kaikki opinnäytetyössä tarvittavat hakuehdot. Ne ovat aikaväli, tien numero, työläji eli littera, henkilö sekä urakka. Kun halutut kriteerit on valittu, klikataan seuraavaksi alarivin painiketta ”Kartta”. Työvaihe etenee seuraavaksi kuvien 12–14 mukaisesti.

Kuva 11. Työtapahakujen etsiminen hakukriteereillä, kuvakaappaus Fluent Kunto -järjestelmästä.

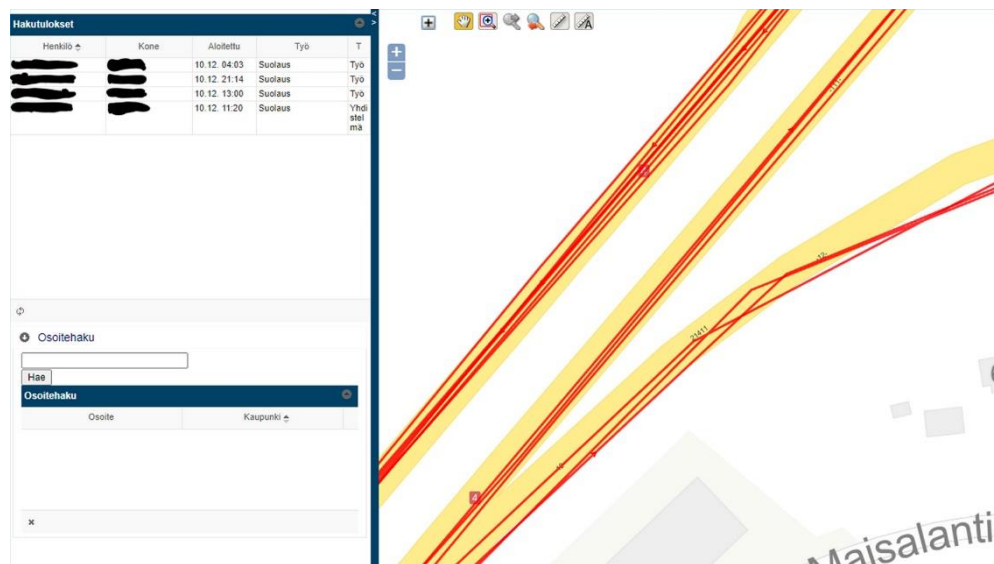
The screenshot displays the Fluent Kunto search interface. On the left is a sidebar with the company logo 'PSALONEN OY' and a 'Työhaku' (Job Search) menu containing options like 'Ajopäiväkirja', 'Tuntiraportti', 'Määräraportti', 'Käyttöraaportti', 'Tieosaraportti', 'Siltöjen pesu', 'Tiestölöki', 'Hoitoaluearaportti', and 'Sirotinraportti'. The main area features a top navigation bar with tabs for 'Ylläpitäjä', 'Työnjohtaja', and 'Kuljettaja'. Below this is a search bar with fields for 'Aikaväli' (10.12.2022 00:00 - 10.12.2022 05:00), 'Kesto' (Kaik), 'Keskinop. km/h' (Kaikki), 'Tieosoite' (Tien nro: 4, Tieos nro:), and 'Katuosoite' (Katunimi:). The search results are organized into several sections: 'HENKILÖ' (1 valittuna, 102 valittavana), 'LITTERA' (1 valittuna, 49 valittavana), 'URAKKA' (1 valittuna, 4 valittavana), 'PAIKKA' (Ei yhtään valittuna, Ei yhtään valittavana), 'KONERYHMÄ' (Ei yhtään valittuna, 5 valittavana), 'TYÖKONE' (Ei yhtään valittuna, 116 valittavana), and 'HANKE' (Ei yhtään valittuna, 1 valittavana). Each section contains a list of items with checkboxes and a 'Valitse' button. At the bottom, there are buttons for 'Hae', 'Kartta', 'Edellinen haku', and 'Tyhjennä'.

Suolaukset tallentuvat Kunto-järjestelmän karttaan viivoina. Viivat kuvaavat työn aikana kuljettua reittiä. Järjestelmän asetuksista eri työläjien viivoille on määritelty oma väri. Mäntsälän hoitourakassa suolaukset näkyvät punaisella. Kartalle voi joskus piirtyä ei-toivottuja viivoja myös järjestelmän erikoisen toimintalogiikan takia. Oletetussa tilanteessa hakuehtoihin on määritelty työläjiksi suolaus, tunnin aikahaarukka ja tien numeroksi neljä. Hakutuloksena on viivoja suolaustapahtumista, joiden aikana on jossain vaiheessa ajettu nelostietä. Aikahaarukan sisällä suolausta on voitu tehdä millä hoitourakan tiellä tahansa. Hakua voidaan tarkentaa työn tekijän perusteella, mutta joskus hakutuloksen työtapahatuma voi sisältää useita suolauskertoja. Työtapahatuman pituus määräytyy sen mukaan, milloin kuljettaja on aloittanut ja päättänyt työläjin puhelimen Kunto-sovelluksella. Kiireisenä

vuorokautena on voinut olla jopa neljä suolausta, joista jokaisen kuljettaja on sisällyttänyt samaan työtapahutumaan. Etenkin jos suolauskerrat pitävät sisällään myös siirtymäaajoja työlaji päällä, näkyy Kunnon kartastolla sekavasti useita päällekkäisiä viivoja. Mikäli halutaan tietää toimenpiteiden tarkka ajankohta tietyssä paikassa, on seurantaviivaa klikattava työnjohdon käyttämässä selainversiossa. Tämä puolestaan on vaikeaa viivojen päällekkäisyyden takia. Mikäli ajot ovat yhtenä rivinä, eli yhtenä työtapahutumana, on viivojen ryppästä vaikea selvittää tehdyn työn ajankohta tarkassa tiestön pisteessä.

Kuvan 12 esimerkistä huomataan, kuinka seurantaviivat menevät päällekkäin. Esimerkki perustuu kuvan 11 kaltaiseen hakuun, johon on syötetty ajankohdaksi 10.12. klo 00:00–23:59. Kuljettaja on pilkkonut todellisuudessa kolme tutkimusreitille tehtyä suolausta neljäksi työtapahutumaksi, jotka näkyvät rampeille ja levähdysalueille tehtyjen kierrosten myötä kuutena ajosuuntakohtaisena viivana. Viivoja voidaan karsia karttanäkymästä tarkastelemalla kutakin suolausriviä erikseen. Pelkkää ensimmäistä suolausta voidaan tarkastella korjaamalla kellonajaksi kuvan 11 tilanteessa esimerkiksi 00:00–05:00.

Kuva 12. Työtapahutumien seurantaviivat Fluent Kunnon ruutukaappauksessa.



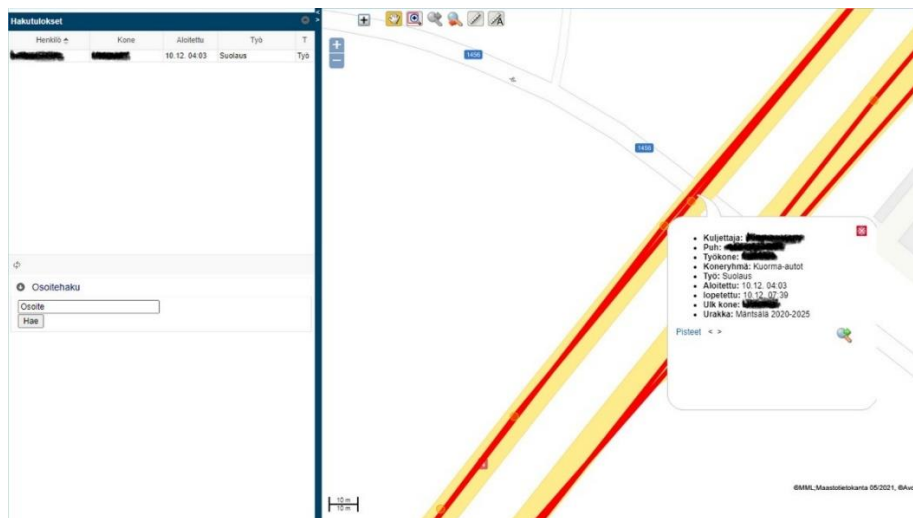
Kun on tarve selvittää, milloin tutkimusreitille on konkreettisesti levitetty suolaa, saadaan tieto tarkastelemalla seurantaviivoja, jotka kulkevat yhtäjaksoisesti tutkimusreitien päästä päähän. Rampeja ja levähdysalueita suolattaessa näin ei lähtökohtaisesti tapahdu.

Vakiokuljettajan kanssa käydyn keskustelun perusteella rampit ja levähdysalueet käydään

suolaamassa erillisellä kerralla. Keskustelun myötä voidaan luottaa, ettei näillä kerroilla tutkimusreitille levitetä suolaa.

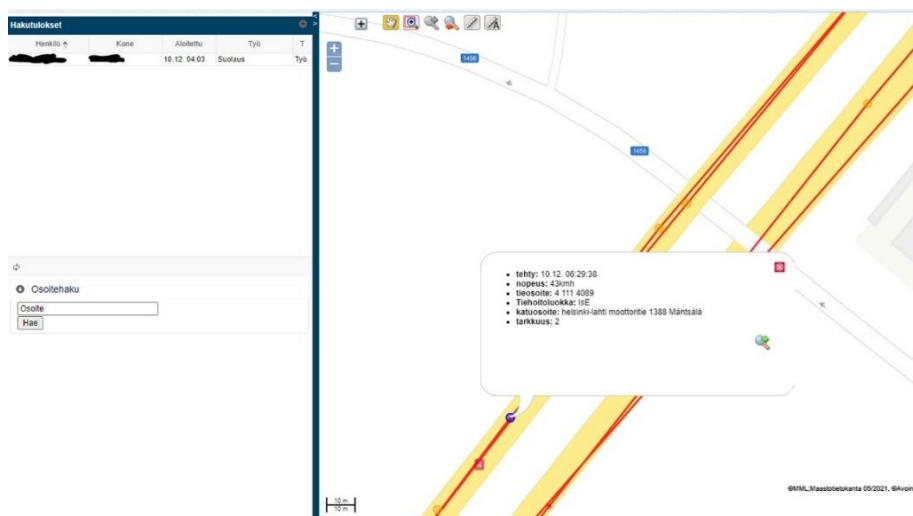
Kuvassa 13 näkyy infolaatikko, joka avautuu seurantaviivaa klikattaessa. Kun laatikon alakulmasta painetaan tämän jälkeen ”Pisteet”, ilmestyy eri puolille viivaa keltaisia pisteitä, jotka näkyvät haaleana kuvassa.

Kuva 13. Työn seurantapisteen Fluent Kunnon ruutukaappauksessa.



Pistettä klikkaamalla avautuu tiedot pisteen sijaintia vastaavasta tieosoitteesta sekä sen kohdalla tehdyn työn ajankohdasta (kuva 14).

Kuva 14. Työn seurantapisteen tiedot Fluent Kunnon kuvakaappauksessa.



6.5.3 Vaisala RoadAI Map

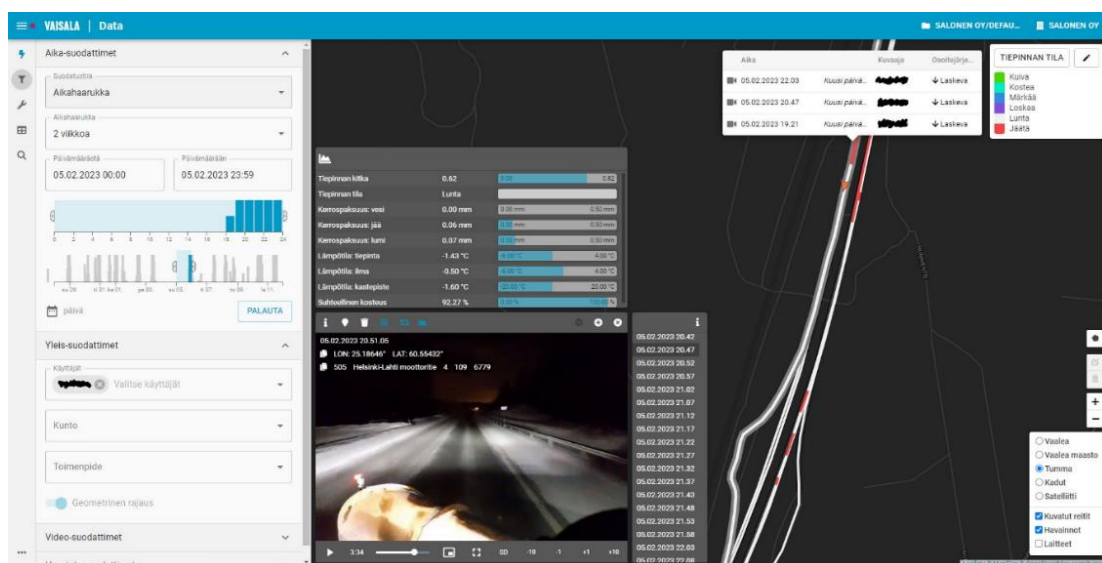
Koska tutkimuksessa käytettävään kunnossapitoajoneuvoon on kiinnitetty MD30-mittari, voidaan suolauksia seurata myös selainpohjaisen Vaisala RoadAI Mapin kautta.

Järjestelmään kirjautuminen tapahtuu oheisesta linkistä: <https://map.vionice.io/data>.

Kenttään syötetään tunnuksena toimiva sähköpostiosoite ja salasana. Vaisalan järjestelmässä linkittyminen organisaatioon tapahtuu sähköpostin myötä. Organisaation pääkäyttäjän on ensin täytynyt lisätä käytettävä sähköpostiosoite joko jäseneksi tai toiseksi pääkäyttäjäksi. Jäsen on käyttäjätasona riittävän laaja tutkimuksen tekemiseen.

Kun tunnuksilla kirjaudutaan sisään, on seuraavassa näkymässä suppilosymboli, joka tarkoittaa ”Suodattimet”-tilaa. Aktiivisena ollessaan symboli näkyy tumman harmaalla pohjalla vasemmassa laidassa (kuva 15). Kun WhatsApp-ryhmään on tullut tieto suolauksesta, on tieto oletettavasti lähetetty sinne pari tuntia suolauksen jälkeen. Aikataulun ollessa tiedossa karkealla tasolla, on kuvassa näkyviin hakusuodattimiin helppo syöttää halutut ajankohdat. Jos kohdassa ”Aikahaarukka” lukee 2 viikkoa, ei hakua voi muodostaa yli 2 viikkoa vanhoilla päivämäärillä. Haarukka on säädettävissä tarvittaessa vuosien mittaiseksi. Hakua kannattaa rajata myös käyttäjän mukaan, koska tutkimusreittiä käytetään siirtymiin myös muiden kunnossapitoajoneuvojen toimesta. Kuvaan valittu ”Käyttäjä” on tutkimusreitillä käytettävä kunnossapitoajoneuvo.

Kuva 15. Kuvakaappaus Vaisala RoadAI Mapin aktiivisesta suodattimet-tilasta.



Seuraavassa vaiheessa järjestelmä näyttää viivoina kartalla haun mukaiset tapahtumat. Työlajeja ei tunneta, vaan viivaa piirtyy sinne missä käyttäjä on aikahaarukan puitteissa RoadAI-sovellusta käyttänyt. Viivan väri määräytyy tiellä vallinneiden olosuhteiden mukaan. Kuvan 15 oikean yläkulman väripaletti selitteineen kertoo värin määräytyvän tienpinnan tilan mukaan. Yläkulmasta voi vaihtaa mitattavaa arvoa. Värin voi vaihtaa muuttumaan minkä tahansa MD30-mittarin tai Vaisala RoadAI-puhelimen mittaamaan suureen kanssa, esimerkiksi tien lämpötilan. On kuitenkin hyvä ymmärtää, etteivät olosuhteet välttämättä ole sellaiset kuin viivan väri antaa aluksi ymmärtää. Kun karttaa zoomaa lähemmäksi, muuttuu viivan väri usein vaihtelevaksi. Tällä varmistetaan, etteivät mahdolliset epäkohdat jäisi työnjohdolta laajassa näkymässä huomaamatta. Järjestelmä voi isossa näkymässä näyttää koko tien esimerkiksi jäiseksi, vaikka tarkempi tarkastelu osoittaisi tiellä olevan hyvin pieniä jäisiä kohtia siellä täällä.

Kuten kuvasta 15 havaitaan, on ajotapahtumia kaikkiaan kolme. Listaus näistä näkyy kuvassa ja se on auennut klikkaamalla kartalla olevaa viivaa. Listan riviä klikkaamalla voidaan valita haluttu ajotapahtuma. Aktiivinen tapahtuma aukeaa ajankohtatietoineen pieneen videoikkunaan. Kellonaika saattaa hieman poiketa listan ja videoikkunan välillä, mutta tarkkuus on riittävä oikean ajotapahtuman valitsemiseen. Videoikkunan yläosan harmaassa palkissa olevista painikkeista voidaan klikata kuvan mukaisesti kelitiedot näkyviin. Kelitiedot muuttuvat juoksevasti ja sijaintikohtaisesti videon edetessä. Kartalla näkyvä oranssi nuolimainen symboli näyttää ajosuunnan lisäksi ajoneuvon karttasijainnin, joka vastaa videokuvaa ja sen yhteydessä annettua tieosoitetta.

Kuvasta 15 huomataan, kuinka aktiivisen tapahtuman viiva on korostettu harmaalla. Ominaisuuden ansiosta kuljettu reitti on helppo hahmottaa. Esimerkkikuvan reitistä on selvästi havaittavissa koukkaus levähdysalueen kautta. Järjestelmä pilkkoo videokuvan viiden minuutin osiksi ja korostettuna näkyy aina viiden minuutin jakso kerrallaan. Videoikkunan alalaidassa näkyvä sekuntimäärä ja aikajana kuvastavat sijaintia viiden minuutin jaksolla. Katsomalla videon loppuun tai siirtämällä sen sinne hiirellä klikaten, aukeaa uusi viiden minuutin jatko-osa automaattisesti. Videolla voi edetä molempiin suuntiin myös klikkaamalla seurantaviivaa kartalla halutusta kohdasta.

Tutkimukseen liittyvällä kunnossapitoajoneuvolla hoidetaan lumisadesuolauksissa peruskaistaa ja se kulkee ohituskaistaa hoitavan ajoneuvon takana. RoadAI Mapin kautta voidaan näissä tilanteissa nähdä videokuvassa edellä ajava kunnossapitoajoneuvo ja tehdä päätelmiä suolaustavasta.

Lumisadesuolauksia tulee usein lyhyessä aikaikkunassa useita, joten ennakkosuolausolosuhteissa viivaa piirtyy seurantajärjestelmiin vähemmän. Näin ennakkosuolausten reitti on usein helpompi hahmottaa. Ennakkosuolausten kohdalla kuljettaja todennäköisemmin ehtii ja muistaa lähettää suolaustiedot saman tien WhatsAppiin.

6.6 Sää- ja tiesääasematietojen kerääminen

Kelitiedot poimitaan Ohkolan tiesääaseman mittauksista, koska se on ainoa kiinteä asema tutkimusreitillä. Se sijaitsee karkeasti reitin puolella välissä. Asema mittaa yhtäaikaaisesti kaikilla antureillaan viiden minuutin välein. Tutkimukseen valitaan aina sen mittaushetken aineisto, joka osuu kellonajallisesti lähimmäksi Ohkolan aseman kohdalla tehtyä suolausta.

Tiesääasematiedot kerätään Digitraffic-palvelusta, jonka data perustuu valtio-omisteisen Fintrafficin ylläpitämiin tiedonkeruujärjestelmiin. Samaa mittausdataa hyödyntävät useat palveluntarjoajat, mutta tietyin rajoituksin. Alalla tiettävästi useiden urakoiden käyttämä OmaKeli-palvelu näyttää tiellä valmiiksi olevan suolan määrän vain lähiminuuttien osalta. Palvelun tarjoamasta arkistomateriaalista on kyseinen mittausarvo karsittu pois. Onkin käytännön syistä selvää, että mikäli kyseisiä tietoja halutaan tarkastella tutkimuksessa, on tietoihin päästävä tuntien viiveellä käsiksi. Tästä syystä tutkimuksessa on päädytty keräämään myös muut kelitiedot suoraan Digitrafficilta. Data on saatavilla kahden tunnin kuluttua mittaushetkestä ja se katoaa 24 tunnin jälkeen ilmestymisestään.

Digitrafficin sivuilla ei ohjeisteta palvelun käyttöä niin hyvin kuin opinnäytteen laatijan kaltaisen aloittelijan mielestä olisi toivottavaa. Näin ollen esimerkiksi anturi- (SID) ja asematunnusten (RoadStationID) selvittämisessä on täytynyt käyttää luovuutta. Tunnukset löytyvät oheisen linkin takaa: <https://arijuki.net/tiesaa/?roadid=1009&sensorfilter=0>.

Tietojen paikkansapitävyyttä on arvioitu käyttämällä asema- ja anturitunnuksia Digitrafficin palvelussa alla kuvatulla tavalla ja vertaamalla saatuja tuloksia OmaKeli-palvelun ilmoittamiin arvoihin. Epäkohtia ei ole löytynyt.

Esimerkin tilanteessa liukkaudentorjuntaa on tehty Ohkolan tiesääaseman kohdalla kohti etelää 9.2.2023 noin kello 10:08. Ajankohta on ensin selvitetty seurantajärjestelmistä.

Seuraavaksi selvitetään, millä tarkoilla ajanhetkillä Ohkolan tiesääasema on mitannut kelitietoja kopioimalla selaimen osoitekenttään osoite:

https://tie.digitraffic.fi/swagger/#/Beta/weatherDataHistory_1. Kohtaan "Weather Station id" syötetään arvoksi 1009, joka on Ohkolan aseman tunnus. Seuraavaan "Sensor id"-

kenttään syötetään aseman sensorin tunnus, esimerkiksi ilman lämpötilasensorin numero 1.

Viimeinen "Fetch history after given time" -osio on vapaaehtoinen, mutta sitä kannattaa

hyödyntää, jotta tulokseksi saadaan suolaushetken lähimmät mittaukset. Jos kohta jätetään

tyhjäksi, näyttää järjestelmä mittausarvoja viimeisen 26 tunnin ajalta. Kenttään syötetään

ISO8601-standardia käyttäen ajankohta, jonka jälkeisiä mittaustuloksia halutaan tarkastella.

Syötettävän ajankohdan on oltava yli viisi minuuttia ennen suolausajankohtaa, jolloin mikään

viiden minuutin välein tapahtuvista mittauksista ei rajaudu haun ulkopuolelle. Esimerkissä

kenttään syötetään 9.2.2023 kello 10:00 muodossa 2023-02-09T10:00:00Z. Numeroita

voidaan muuttaa halutun ajankohdan mukaan, mutta merkkimäärä pysyy koko ajan samana.

Kirjaimet T ja Z pysyvät ajankohdasta riippumatta vakiona. Lopputuloksena saadaan tietyn

aseman ja sensorin mittausarvoja eri ajanhetkiltä. Tässä työvaiheessa siis selvitetään, millä

tarkoilla kellonajoilla mittauksia on ylipäätään tehty. Koska kaikkien sääaseman antureiden

tiedetään mittaavan samalla ajanhetkellä, voidaan tarkalla kellonajalla helposti selvittää

myös muiden sensorien mittausarvot. Kuten kuvasta 16 voidaan todeta, osuu ajanhetken

2023-02-09T10:09:53Z mittaus lähimmäksi suolausajankohtaa.

Kuva 16. Tiesääaseman mittausajankohtien kartoittaminen Digitrafficin Swagger UI -käyttöliittymästä (Fintraffic, 2023-b).

GET /api/beta/weather-history-data/{stationId}/{sensorId} List the history of sensor value from the weather road station

Parameters

Name	Description
stationId * required integer(\$int64) (path)	Weather Station id
sensorId * required integer(\$int64) (path)	Sensor id
from string(\$date-time) (query)	Fetch history after given time

Execute Clear

Responses

200

Response body

```
{
  "roadStationId": 1009,
  "sensorId": 1,
  "sensorValue": 2.2,
  "measuredTime": "2023-02-09T10:04:53Z"
},
{
  "roadStationId": 1009,
  "sensorId": 1,
  "sensorValue": 2.2,
  "measuredTime": "2023-02-09T10:09:53Z"
},
{
  "roadStationId": 1009,
  "sensorId": 1,
  "sensorValue": 2.2,
  "measuredTime": "2023-02-09T10:14:54Z"
},
{
  "roadStationId": 1009,
  "sensorId": 1,
  "sensorValue": 2.2,
  "measuredTime": "2023-02-09T10:19:53Z"
},
{
  "roadStationId": 1009,
  "sensorId": 1,
  "sensorValue": 2.2,
  "measuredTime": "2023-02-09T10:19:53Z"
}
```

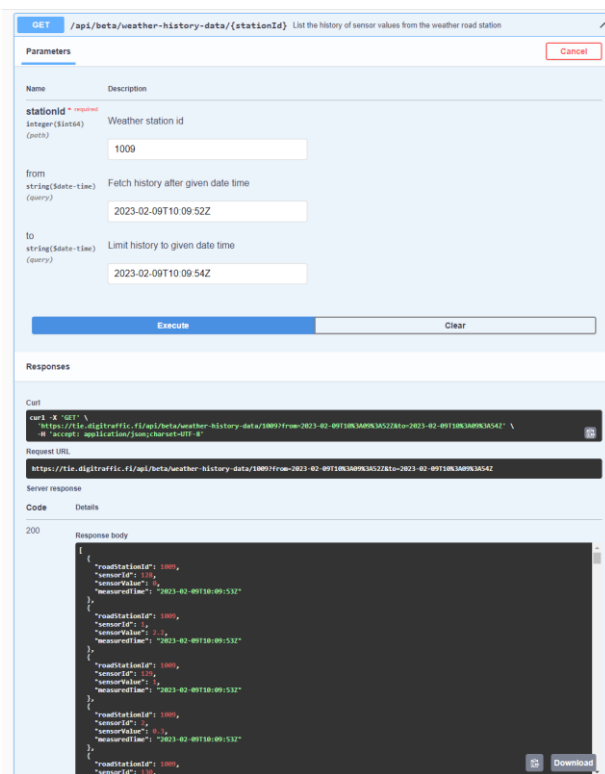
Download

Kun edellisessä työvaiheessa on löydetty suolaushetkeä lähin mittausajankohta, selvitetään samalta hetkeltä valitun tiesääaseman muiden anturien mittausarvot. Se tehdään kopioimalla seuraava linkki selaimen osoitekenttään:

<https://tie.digitraffic.fi/swagger/#/Beta/weatherDataHistory>. Ensimmäinen kohta on edellisestä vaiheesta tuttu, eli syötetään Ohkolan tiesääaseman tunnus. Kahden seuraavan kentän avulla haarukoidaan edellä määriteltä mittausajankohta. Jos esimerkkinä käytetään yllä olevaa ajankohtaa, syötetään "Fetch history after given date time" -kohtaan ajankohta sekuntia ennen, eli 2023-02-09T10:09:52Z. Seuraavaan "Limit history to given date time" -kenttään syötetään samalla logiikalla ajankohta sekuntia jälkeen. Lopuksi tiedot ladataan tietokoneelle JSON-tiedostomuodossa kuvan 17 oikeassa alanurkassa näkyvällä "Download"-

painikkeella. Ladatun tiedoston saa auki esimerkiksi Windowsin Muistiolla. Tällä tavalla mittausdataan pääsee tarvittaessa käsiksi koska tahansa jälkikäteen. Tutkimuksessa huomioidaan seuraavat mittausarvot: Ilman lämpötila (SID: 1), tien lämpötila 2 (5), kastepiste (9), keskituuli (16), kosteuden määrä (51) sekä suolan määrä 2 (53). Tien lämpötilan ja suolan määrään yhteydessä olevalla arvolla 2 tarkoitetaan ajosuuntaa pohjoisesta etelään.

Kuva 17. Tiesääaseman mittauksen hakeminen Digitrafficin Swagger UI -käyttöliittymästä (Fintraffic, 2023-a).



Ohkolan tiesääaseman kautta ei ole saatavissa pilvisyysarvoja. Arvot kirjataan suolaushetkiltä ylös Mäntsälän Hirvihaaran sääasemasta, joka on suolausreittiä maantieteellisesti lähimpänä. Tietolähteenä käytetään Ilmatieteenlaitoksen nettisivuja. Pilvisyysarvot kirjataan käyttäen Ilmatieteenlaitoksen käyttämää luokittelua: 0/8 selkeää, 1/8-2/8 melkein selkeää, 3/8-5/8 puolipilvistä, 6/8-7/8 melkein pilvistä, 8/8 pilvistä, 9/8 pilvisyyttä ei voida määrittää.

Digitrafficin työkalu tiesääsematietojen keräämiseksi on beta-versio. Siten on mahdollista, ettei työkalu ole lähitulevaisuudessa enää samanlainen. Linkit toimivat paremmin osoitekenttään kopioitaessa kuin linkistä klikkaamalla.

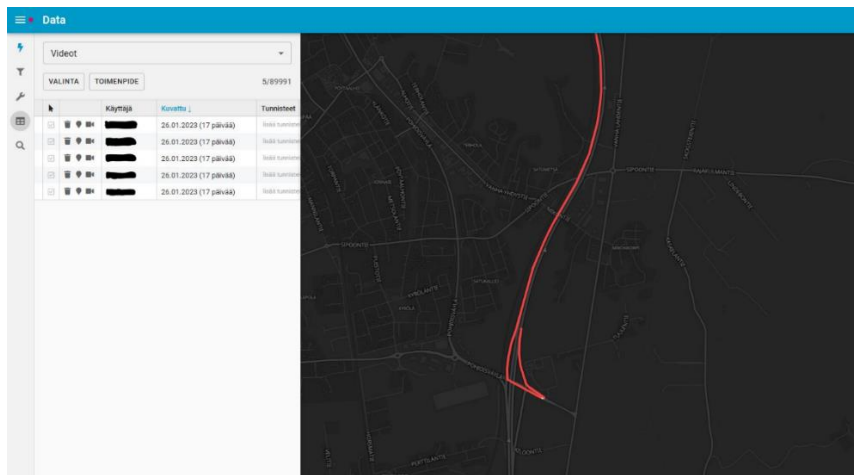
6.7 MD30-mittausdatan kerääminen

MD30-mittari ja aina sen kanssa käytettävä älypuhelin aloittavat automaattisesti datan tallentamisen, kun ajoneuvo käynnistetään. Kuljettajan on ainoastaan huolehdittava, että nopeasti tyhjenevän akun vuoksi puhelin saa jatkuvasti virtaa. Mittaustuloksista ladataan RoadAI Mapista Excelillä avattava parametrimittausraportti, josta poistetaan opinnäytetyön ulkopuolelle rajatut tiedot. Raportista kerätään opinnäytetyötä varten seuraavat kelitiedot: Tienpinnan kitka ja lämpötila, kerrospaksuus vedestä, jäältä ja lumesta, ilmanlämpötila, kastepistelämpötila sekä suhteellinen kosteus. Raporttiin tallentuu mittarin 20 metrin välein tekemät mittaukset omille riveilleen. Sekunnin tuhannesosien tarkkuudella olevan kellonajan perässä on tieosoite sekä kohdalta mitatut arvot mainittujen suureiden osalta. Mittaustuloksista lasketaan kunkin suureen keskiarvot.

Raportin lataamiseksi hakua rajataan kuvan 15 mukaisesti. Mittaustulokset tallentuvat videon tapaan viiden minuutin erissä ja ne tallentuvat parametrimittausraporttiin täysinä erinä. Näin ollen raporttiin on lähes aina otettava ylimääräisiä mittaustuloksia. Jos aikahaitarin aloitusajaksi on syöttänyt keskelle videota osuvan kellonajan, näyttää järjestelmä karttaviivana hakutulokset vasta seuraavan videon alusta alkaen. Raporttiin tallentuvat tulokset juuri niiltä osuuksilta, jotka kartassa näkyvät.

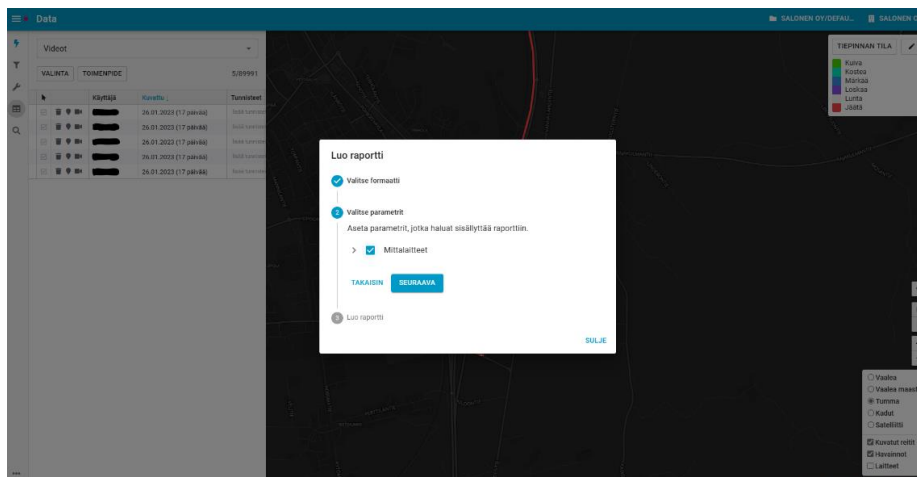
Kun hakua on suodattanut haluamallaan tavalla, avataan osio "Listat" klikkaamalla neljästä ruudusta koostuvaa symbolia. Aktiivinen symboli näkyy tummalla pohjalla vasemmassa reunassa kuvassa 18.

Kuva 18. Listat-tila keliraporttien lataamiseksi, kuvakaappaus RoadAI Mapista.



Tämän jälkeen varmistetaan, että pudotusvalikosta on valittuna ”Videot” ja kaikkien muutaman listatun videon edessä on valintaruksi. Seuraavaksi klikataan ”Toimenpide” ja aukeavasta valikosta ”Luo raportti”, joka aukeaa kokonaan uuteen ikkunaan (kuva 19). Ikkunassa näkyvien otsikoiden mukaisesti osio on kolmivaiheinen. Kun formaatiksi on valittu pudotusvalikosta ”Parametrimittausraportti”, edetään parametrien valintaan. Siinä helpoin ja nopein tapa on valita raksimalla ”Mittalaitteet”, jolloin kaikki parametrit tallentuvat raportille. Edessä olevan nuolen avulla haettavia parametrejä voi karsia, mutta ne voidaan myös poistaa Excelissä. Viimeisessä ”Luo raportti”-vaiheessa painetaan ainoastaan samoin nimettyä nappia, jolloin raportin latauslinkki lähetetään käyttäjätunnuksen mukaiseen sähköpostiosoitteeseen.

Kuva 19. Luo raportti -näkymä keliraporttien lataamiseksi, kuvakaappaus RoadAI Mapista.



Seuraavaksi klikataan muut tieosat uudelleen aktiiviseksi ja poistetaan valinta mahdollisista turhista tieosista. Aikasarakkeen arvot lajitellaan vanhimmasta uusimpaan, ja varmistetaan, että ne vastaavat alku- ja loppuarvoiltaan niitä ajanhetkiä, jotka on videoikkunan kautta todettu ennen raportin lataamista. Turhat rivit alku- ja loppupäästä poistetaan. Työvaiheessa on huomioitava, että raporttiin tallentuva kellonaika heittää jostakin syystä kahdella tunnilla todellisiin ja videoikkunassa näkyviin arvoihin. Lopuksi tiedosto tallennetaan. Jokaiselle suolaustapahtumalle luodaan oma kansio, joka sisältää MD30-mittausraportit sekä arvot Ohkolan tiesääsemasta.

Kuva 20. RoadAI Mapista ladattu parametrimittausraportti, ruutukaappaus Excelistä.

[illegible]

Mittausarvoista luodaan tutkimuksessa huomioitavat keskiarvot opinnäytetyön tekijän laatimaan koontiexceliin. Kuva 21 havainnollistaa tätä työvaihetta ja sen alaosassa näkyvät välilehtien nimet. Edellisen vaiheen Excel-pohjasta aineisto kopioidaan otsikoita lukuun ottamatta koontiexcelin välilehdelle 3, jonka ensimmäisellä rivillä samat otsikot ovat valmiina. Ennen kopiointia on varmistettava, että edellisen kopiointikerran jäljiltä kaikki muut rivit ovat tyhjiä. Exceliin syötetyn keskiarvofunktion mukaisesti keskiarvo muodostuu välilehden 4 riville 3, minkä jälkeen arvot kopioidaan riville 5 edellisen suolauskerran keskiarvojen päälle. Tällä rivillä kunkin solun kohdalla painetaan ensin F2, sitten F9 ja viimeiseksi Enteriä. Toimenpiteen myötä arvot muuttuvat itsenäisiksi, eli riviltä 3 kopioituneet Excel-kaavat ovat poistuneet. Tämän jälkeen riviltä 5 kopioidaan arvot välilehden 5 ensimmäiselle vapaalle riville. Rivin edessä on oikea ajankohta, koska se on Excel-kaavojen myötä automaattisesti kopioitunut ensimmäiseltä välilehdeltä. Tässä vaiheessa voidaan poistaa tienpinnan tilaa kuvaava solu. Kyseinen mittausarvo ei ole numeerinen, siksi siitä ei voida laskea keskiarvoa. Mittausarvo on päätetty kuitenkin sisällyttää ladattavaan raporttiin, koska raakadatana se antaa viitteitä mittarin toimivuudesta.

Jostakin syystä yllä olevat työvaiheet, jossa tietoa siirrellään riviltä toiselle, täytyy tehdä täsmällisesti yllä kuvatulla tavalla. Muussa tapauksessa neljännen välilehden rivin 3 (kuva 21) kaavat menevät sekaisin, vaikka solut ovat lukittuja. Keskiarvokaavaan on syötetty kolmannen välilehden rivit 2–1800, koska kultakin suolauskerralta tulee rivejä varmuudella alle 1800, eikä Excel huomioi keskiarvolaskelmassaan tyhjiä rivejä.

Kuva 21. Kuvakaappaus koontiexcelin keskiarvot-välilehdestä.

H3												
=KESKIARVO('3 MD30-raaka'!\$Q\$2:\$Q\$1800)												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2	Aika (UTC)	Tie pinnan kiika	Tie pinnan tila	Kerros paksuus: vesi	Kerros paksuus: jää	Kerros paksuus: lumi	Lämpötila: tie pinta	Lämpötila: ilma	Lämpötila: kaste piste	Suhteellinen kosteus		
3	27.2.2023	0,75453	#JAKO/0!	0,00000	0,03226	0,00691	-1,26987	0,62393	0,15115	96,63782		
4												
5		0,75453	#JAKO/0!	0,00000	0,03226	0,00691	-1,26987	0,62393	0,15115	96,63782		
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
		1 Suolaustapahtumat		2 Tiesääasema		3 MD30-raaka		4 MD30-keskiarvot		5 MD30-mittausarvot		6 Yhteenveto

7 Tulokset

Tutkimusreitille tehtyjä suolauksia kirjattiin tarkastelujaksolla kaikkiaan 67, joista ennakkosuolauksia oli 14 (kuva 23) ja lumisadesuolauksia oli 53 (kuva 25). Suolauksista 56 tehtiin vakiokuljettajan toimesta aiemmin esitellyllä kalustolla. Suolaukset toteutettiin olosuhteiden pakosta lähtökohtaisesti kuivasuolauksina, mutta jakson loppupuolella oli yllättäen kolme suolaustapahtumaa, joissa karkeaa suolaa oli kostutettu 10 % liuososuudella. Liuos oli tankin pohjalle jääneitä jäämiä, joita oli säästetty olosuhteisiin, joissa sitä kipeimmin kaivattaisiin.

Tässä ja kappaleessa 8 mainituilla grammamäärillä tarkoitetaan annoskokoa neliömetriä kohden. Tuloksia vertaillaan annosteluohjeen (kuva 22) kostutettuun suolaan, joka sisältää 23 % liuosta. Ohjeen mukaan 10 grammaa kostutettua suolaa sisältää 8,1 grammaa suolaa, jolloin 20 grammaa kostutettua on kuivasuola-annoksena noin 16 grammaa.

Kuva 22. Tutkittava uusi tiesuolan annosteluohje (Liikennevirasto, 2017, s. 74)

Tienpinta Tienpinnan lämpötila	Suolaliuosta (23%) g/m ²					Kostutettua suolaa g/m ²				
	0°	-2	-4	-6	-8	0°	-2	-4	-6	-8
Vähän kostea Havaittavasti tumma päällyste, laikukas Paikoin mustaa jäätä	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5
Kostea Selvästi tumma päällyste Jäätyneenä tumma, vähän kuuraa, valot eivät heijastu	10	20	20	20	-	5	10	10	10	10
Märkä Sumuilmio alkaa kuorma-autojen perässä Jäätyneenäkin näyttää märältä, valot heijastuvat	20	30	40	-	-	10	15	15	15	20
<ul style="list-style-type: none"> 100%:na suolamääränä: 10 g 23%:sta suolaliuosta sisältää 2,3 g suolaa ja 10 g kostutettua suolaa (25 % suolaliuosta ja 75 % suolaa) sisältää 8,1 g suolaa. Hyvin märkää tietä ei yleensä suolata. Lumisateen aikana kostutettua suolaa tarvittaessa auratululle pinnalle 10–20 g/m². Pakkasella (alle -7 C) esiintyvää liukkaita voidaan vähentää vähäisellä liuos-annoksella (max. 5 g/m²). Suolaus pitää tehdä vilkkaaseen liikenteeseen. Alijäähtynyt sade tai muu ongelmatilanne saattaa vaatia suuremman annoksen. Kalsiumkloridiliuoksella (32-prosenttinen) taulukon arvoja alennetaan noin 25 %. 										

7.1 Ennakkosuolaukset

Ennakkosuolauksia tutkimusjaksolla oli lumisadesuolauksia vähemmän, mikä oli vuodenaika huomioiden odotettavaa. Annosteluohjeen mukaiset ohjeannokset vaihtelevat 5–20 gramman välillä. Pienin annoskoko neliömetrille oli ennakkosuolauksissa kahdesti käytetty 6 grammaa. Toisella näistä suolauskerroista käytössä oli suolaliuosta 10 % osuudella. Suurin annoskoko oli kerran käytetty 16 grammaa, joka kostutettuna vastaisi vaihteluvälin ylärajaa.

Kuva 23. Ennakkosuolaustapahtumat tutkimusjaksolla.

1 Suolaustapahtumat - Perustiedot pohjaan käsin syöttäen, tietoja ei kopioidu muilta välilehdiltä.									
Nro.	Pvm.	Aloitus	Suolaus tiesääasema	Lopetus	Kesto	Kuljettaja	Annos peruskaistalle (g/m)	Ennakko/Lumisade	Lisätieto
12	18.12.2022	1.55.45	2.04.05	2.14.20	0.18.35	Vakio	10	Ennakko	
20	28.12.2022	14.25.59	14.36.59	14.50.11	0.24.12	Sijainen 1	6	Ennakko	Ei säätietoja.
24	1.1.2023	1.20.55	1.29.40	1.40.15	0.19.20	Sijainen 2	10	Ennakko	
25	1.1.2023	17.55.09	18.03.30	18.13.00	0.17.51	Vakio	12	Ennakko	Ei MD30 arvoja
32	16.1.2023	19.40.30	19.49.29	19.59.56	0.19.26	Sijainen 1	8	Ennakko	
40	20.1.2023	7.59.37	8.07.50	8.17.40	0.18.03	Sijainen 1	8	Ennakko	
49	8.2.2023	3.46.56	3.54.59	4.04.39	0.17.43	Vakio	10	Ennakko	
50	9.2.2023	3.49.26	3.57.40	4.07.24	0.17.58	Sijainen 2	10	Ennakko	
55	13.2.2023	3.22.50	3.31.10	3.41.11	0.18.21	Vakio	12	Ennakko	
56	15.2.2023	4.50.23	4.58.47	5.09.07	0.18.44	Vakio	12	Ennakko	
57	15.2.2023	23.46.28	23.54.52	0.04.50	0.18.22	Vakio	16	Ennakko	
58	17.2.2023	2.20.59	2.29.29	2.39.40	0.18.41	Vakio	12	Ennakko	
63	23.2.2023	16.43.00	16.51.05	17.00.54	0.17.54	Sijainen 2	6	Ennakko	10 % liuos
67	27.2.2023	21.29.56	21.38.29	21.48.45	0.18.49	Vakio	8	Ennakko	10 % liuos

Kuvasta 23 nähdään, että Mäntsälän hoitourakan ennakkosuolaukset eivät alita taulukon mukaista ennakkosuolausten minimiannosta. Kuvan 24 perusteella ei nouse esiin tilannetta, jossa urakka olisi ennakkosuolannut pienemmällä annoksella kuin annosteluohje vastaavissa olosuhteissa suosittaa.

Kuva 24. Keskeisimmät sääolosuhteet ennakkosuolauksissa.

6 Yhteenveto - Muille välilehdille syötetyt suolaustapahtumien perus- ja keltiedot kopioituvat tälle välilehdelle.															
P = viikonpäivä S,tsa = Suolaus, tiesääasema M,tsa = Mittaus, tiesääasema Li = Liikenne (Normaali (N), Ruuhka (R), Vähäinen (V)) E/L = Ennakko-/lumisadesuolaus K = Kuljettaja (Vakio (V), Sijainen1 (S1), Sijainen2 (S2)) S g/m2 = Levitetty suola grammaa per neliö V S g/m2 = Tiellä valmiiksi oleva suola g/m2 Z = mittaus-/kulkusuunta pohjoinen -> etelä															
Nro.	P	S,tsa	M,tsa	Li	E/L	K	S g/m2	V S g/m2	Tienpinta 2 tsa	MD30, Tienpinta	Tienpinta °C ero	Kosteus 2, tsa	MD30, Kerrospaksuus: vesi	MD30, Kerrospaksuus: jää	MD30, Kerrospaksuus:lumi
12	su	2.04.05	2.04.54	N	E	V	10	0,1	-3,40	-3,05	0,35	0,10	0,00	10,02	0,00
20	ke	14.36.59	-	N	E	S1	6	-	-	-	-	-	-	-	-
24	su	1.29.40	1.27.03	V	E	S2	10	0,0	1,00	-	-	-	-	-	-
25	su	18.03.30	18.02.41	V	E	V	12	0,5	-4,80	-	-	0,02	-	-	-
32	ma	19.49.29	19.49.13	V	E	S1	8	0,0	1,00	-	-	0,38	-	-	-
40	pe	8.07.50	8.06.50	N	E	S1	8	0,0	-1,70	-	-	0,01	-	-	-
49	ke	3.54.59	3.55.15	R	E	V	10	0,0	1,10	0,83	0,27	0,03	0,01	0,05	0,01
50	to	3.57.40	3.59.53	R	E	S2	10	0,0	-0,70	-	-	0,00	-	-	-
55	ma	3.31.10	3.30.43	R	E	V	12	0,0	-2,60	-2,65	0,05	0,01	0,00	0,05	0,01
56	ke	4.58.47	4.50.48	R	E	V	12	0,4	-1,20	-1,02	0,18	0,00	0,00	0,03	0,00
57	ke	23.54.52	23.55.51	V	E	V	16	0,2	-0,90	0,04	0,94	0,03	0,01	0,04	0,00
58	pe	2.29.29	2.27.27	N	E	V	12	1,0	0,50	1,00	0,50	0,17	0,08	0,02	0,00
63	to	16.51.05	16.52.31	N	E	S2	6	0,0	-1,80	-	-	0,11	-	-	-
67	ma	21.38.29	21.36.28	V	E	V	8	0,3	-3,30	0,01	3,31	0,03	0,00	0,03	0,01

7.2 Lumisadesuolaukset

Lumisadesuolausten osalta tarkasteltava taulukko ottaa kantaa vain annoksen suuruuteen, ei kosteuden määrään tai lämpötilaan. Näin ollen hoitourakan voidaan sanoa käyttäneen pienempää suola-annosta vain tilanteissa, joissa lumisadesuolausten annoshaarukka on kokonaan alitettu.

Kuva 25. Lumisadesuolaukset tutkimusjaksolla.

1 Suolaustapahtumat - Perustiedot pohjaan käsin syöttäen, tietoja ei kopioitu muilta välilehdiltä.									
Nro.	Pvm.	Aloit.	Suolaus tiesääasema	Lopetus	Kesto	Kuljettaja	Annos peruskaistalle (g/m)	Ennako/Lumisade	Lisätieto
1	4.12.2022	17.17.19	17.25.30	17.37.08	0.19.49	Vakio	10	Lumisade	
2	6.12.2022	4.54.36	5.06.27	5:16:53	0.22.17	Vakio	12	Lumisade	
3	7.12.2022	0.46.04	0.56.13	1.09.54	0.23.50	Vakio	8	Lumisade	
4	7.12.2022	5.23.24	5.33.16	5:46:30	0.23.06	Vakio	8	Lumisade	
5	7.12.2022	13.23.39	13.33.45	13:46:28	0.22.49	Vakio	8	Lumisade	
6	7.12.2022	21.05.11	21.16.47	21.23.52	0.18.41	Vakio	10	Lumisade	
7	8.12.2022	1.41.28	1.51.24	2:03:50	0.22.22	Vakio	8	Lumisade	
8	8.12.2022	20.47.14	20.57.30	21.11.26	0.24.12	Sijainen 2	8	Lumisade	
9	10.12.2022	4.28.41	4.40.25	4.55.00	0.26.19	Vakio	8	Lumisade	
10	10.12.2022	11.29.25	11.40.15	11.54.30	0.25.05	Vakio	6	Lumisade	
11	10.12.2022	21.35.21	21.46.37	22.00.20	0.24.59	Vakio	8	Lumisade	
13	18.12.2022	19.37.20	19.45.08	19.54.53	0.17.33	Vakio	8	Lumisade	
14	20.12.2022	7.22.45	7.30.58	7.41.07	0.18.22	Vakio	8	Lumisade	
15	20.12.2022	18.07.04	18.18.12	18.32.32	0.25.28	Vakio	10	Lumisade	Ei MD30 arvoja
16	23.12.2022	19.43.18	19.52.35	20.04.30	0.21.12	Vakio	8	Lumisade	
17	23.12.2022	22.45.00	22.54.30	23.06.10	0.21.10	Vakio	8	Lumisade	
18	27.12.2022	14.59.20	15.09.34	15.22.00	0.22.40	Vakio	8	Lumisade	
19	28.12.2022	2.34.36	2.44.22	2.56.00	0.21.24	Vakio	8	Lumisade	Ei MD30 arvoja
21	29.12.2022	14.07.13	14.16.00	14.26.28	0.19.15	Sijainen 2	12	Lumisade	
22	29.12.2022	23.01.06	23.11.23	23.18.00	0.16.54	Vakio	8	Lumisade	Ei MD30 arvoja
23	30.12.2022	2.25.05	2.35.09	2.47.50	0.22.45	Vakio	8	Lumisade	Ei MD30 arvoja
26	3.1.2023	4.37.32	4.45.40	4.55.41	0.18.09	Sijainen 2	16	Lumisade	
27	10.1.2023	14.48.00	14.59.09	15.13.00	0.25.00	Vakio	8	Lumisade	1. , uusi MD30
28	10.1.2023	19.08.50	19.19.15	19.32.40	0.23.50	Vakio	10	Lumisade	
29	11.1.2023	17.10.12	17.19.05	17.29.45	0.19.33	Sijainen 1	10	Lumisade	
30	12.1.2023	7.47.17	7.56.18	8.08.50	0.21.33	Vakio	8	Lumisade	
31	13.1.2023	5.12.42	5.22.57	5.35.19	0.22.37	Vakio	10	Lumisade	
33	17.1.2023	21.04.07	21.15.20	21.29.52	0.25.45	Vakio	8	Lumisade	
34	18.1.2023	1.10.35	1.21.10	1.35.15	0.24.40	Vakio	10	Lumisade	
35	18.1.2023	7.32.10	7.43.04	7.56.20	0.24.10	Vakio	10	Lumisade	
36	18.1.2023	18.34.21	18.43.15	18.53.46	0.19.25	Sijainen 1	10	Lumisade	
37	19.1.2023	8.11.19	8.22.27	8.35.13	0.23.54	Vakio	8	Lumisade	
38	19.1.2023	11.20.06	11.31.31	11.45.46	0.25.40	Vakio	8	Lumisade	
39	19.1.2023	14.50.00	15.00.43	15.15.10	0.25.10	Vakio	8	Lumisade	
41	24.1.2023	1.32.53	1:41:18	1.51.40	0.18.47	Vakio	12	Lumisade	
42	24.1.2023	11.44.18	11.57.04	12.10.00	0.25.42	Vakio	10	Lumisade	
43	26.1.2023	16.16.40	16.24.58	16.34.50	0.18.10	Vakio	10	Lumisade	
44	28.1.2023	20.44.54	20.55.29	21.08.50	0.23.56	Vakio	12	Lumisade	
45	30.1.2023	19.35.11	19.43.39	19.55.15	0.20.04	Vakio	12	Lumisade	
46	31.1.2023	23.00.15	23.09.15	23.20.18	0.20.03	Vakio	10	Lumisade	
47	5.2.2023	19.13.21	19.22.30	19.33.36	0.20.15	Vakio	14	Lumisade	
48	5.2.2023	21.55.36	22.05.56	22.18.25	0.22.49	Vakio	8	Lumisade	
51	10.2.2023	6.26.26	6.36.34	6.49.46	0.23.20	Vakio	14	Lumisade	
52	10.2.2023	10.17.23	10.27.37	10.39.30	0.22.07	Vakio	14	Lumisade	
53	11.2.2023	7.35.29	7.46.16	7.59.38	0.24.09	Vakio	14	Lumisade	
54	11.2.2023	9.17.27	9.27.27	9.39.29	0.22.02	Vakio	10	Lumisade	
59	18.2.2023	4.15.55	4.27.27	4.42.04	0.26.09	Vakio	16	Lumisade	
60	18.2.2023	6.34.41	7.10.30	7.24.52	0.50.11	Vakio	8	Lumisade	P-alue
61	18.2.2023	8.44.31	8.54.32	9.06.31	0.22.00	Vakio	6	Lumisade	
62	18.2.2023	19.20.20	19.28.25	19.38.04	0.17.44	Vakio	8	Lumisade	
64	23.2.2023	20.04.23	20.13.29	20.19.35	0.15.12	Vakio	8	Lumisade	P-alue, 10 % liuos
65	23.2.2023	23.02.31	23.15.00	23.28.07	0.25.36	Vakio	14	Lumisade	
66	24.2.2023	1.18.23	1.28.49	1.41.39	0.23.16	Vakio	10	Lumisade	P-alue

Annosteluohjeen mukaan 10 grammaa on minimiannos lumisadesuolauksissa, joka kuivasuola-annoksena vastaa noin 8 grammaa. Se on tutkimusjaksolla käytetyistä annoksista toiseksi pienin ja sitä on käytetty lumisadesuolauksissa kaikkiaan 25 kertaa.

Lumisadesuolauksia on kahteen otteeseen tehty 6 grammalla, joka alittaa taulukon ohjeannoksen ollen samalla tarkastelujakson pienin annos.

Kuvasta 26 huomataan, että 6 gramman annoksella tehdyt suolaukset eivät olleet vuorokautensa ainoita. Molemmassa tapauksissa suolauksia oli sekä ennen että jälkeen. Suolauskerrat 12 ja 63 olivat ennakkosuolauksia (kuva 23-24), eli molemmilla kerroilla kun 6 gramman annosta käytettiin, oli lumisade väistymässä ennen seuraavaa vuorokautta. Suolauskertojen 11 ja 12 välillä aikaa meni yli seitsemän vuorokautta ja kertojen 62-63 välillä lähes viisi vuorokautta. Molempina suolausvuorokausina on kosteus tiestöllä ollut vähenemään päin. Tien lämpötila on molemmassa tapauksissa tehnyt vuorokauden aikana aaltoliikettä pysyen kuitenkin jatkuvasti pakkasella.

Kuva 26. Annosteluohjeen alituskerrat koko vuorokauden näkymässä.

6 Yhteenveto - Muille välilehdille syötetyt suolaustapahtumien perus- ja kelitiedot kopioituvat tälle välilehdelle.																
P = viikonpäivä S,tsa = Suolaus, tiesääasema M,tsa = Mittaus, tiesääasema Li = Liikenne (Normaali (N), Ruuhka (R), Vähäinen (V)) E/L = Ennako-/lumisadesuolaus K = Kuljettaja (Vakio (V), Sijainen1 (S1), Sijainen2 (S2)) S g/m2 = Levitetty suola grammalla per neliö V S g/m2 = Tiellä valmiiksi oleva suola g/m2 2 = mittaus-/kulkusuunta pohjoinen -> etelä																
Nro.	P	Pvm.	S,tsa	M,tsa	Li	E/L	K	S g/m2	V S g/m2	Tienpinta 2 tsa	MD30, Tienpinta	Tienpinta °C ero	Kosteus 2, tsa	MD30, Kerrospaksuus: vesi	MD30, Kerrospaksuus: jää	MD30, Kerrospaksuus:lumi
9	la	10.12.2022	4.40.25	4.41.01	N	L	V	8	0,0	-5,50	-6,67	1,17	0,32	0,00	7,16	0,00
10	la	10.12.2022	11.40.15	13.36.02	N	L	V	6	0,7	-2,80	-1,31	1,49	0,18	0,00	14,99	0,00
11	la	10.12.2022	21.46.37	21.46.00	V	L	V	8	0,0	-4,20	-3,77	0,43	0,08	0,00	2,03	0,00
59	la	18.2.2023	4.27.27	4.26.07	N	L	V	16	2,3	-1,30	-0,56	0,74	1,82	0,00	0,03	1,47
60	la	18.2.2023	7.10.30	7.11.07	N	L	V	8	1,7	-1,60	-1,09	0,51	0,88	0,00	0,06	1,43
61	la	18.2.2023	8.54.32	8.56.07	N	L	V	6	6,2	-1,10	-1,48	0,38	0,22	0,03	0,13	0,87
62	la	18.2.2023	19.28.25	19.26.08	V	L	V	8	3,7	-1,90	-1,77	0,13	0,20	0,00	0,16	0,00

8 Johtopäätökset

Aineistoon kuuluu kolme suolauskertaa, joissa kuljettaja ajoi tutkimusreitillä päästä päähän levähdysalueiden kautta. Tämä on ristiriidassa tutkimuksen rajauksen kanssa. Koska suolaukset eivät olleet vuorokauden ainoita, sisällytettiin ne aineistoon helpottamaan olosuhteiden hahmottamista isommassa kuvassa. Johtopäätösten osalta tämä osoittautui järkeväksi päätökseksi.

8.1 Suolaustapahtumat ja annosteluohje

Ensimmäisestä 6 gramman annoskoolla tehdystä ennakkosuolauksesta puuttuivat säätiedot valitettavasti kokonaan. Sijaisen tekemässä suolauksessa ei käytetty MD30-mittaria. Suolauskerta oli yksi harvoista, joista opinnäytteen tekijä ei saanut 26 tunnin puitteissa tiesääasematietoja talteen. Tiellä valmiiksi olevan suolan määrää lukuun ottamatta muut säätiedot olisivat saatavissa jälkikäteen, mutta toisen kanavan käyttäminen olisi ristiriidassa tutkimusmenetelmien kanssa. Ei ole myöskään varmuutta, toteutuisiko tällöin tutkimuksessa

käytetty tiesääaseman viiden minuutin mittaustarkkuus suhteessa aseman kohdalla tehtyyn suolaukseen.

Epäkohdasta huolimatta tulosten perusteella voidaan olla varmoja, ettei hoitourakka alittanut ennakkosuolauksissaan taulukkoarvoja. Huomionarvoista on, että varsinainen taulukko, ilman siihen kuuluvia lisäkohtia, on luotu todennäköisesti ajatellen alkusyksylle tyypillisiä ennakkosuolauksia, joissa vesihöyry alkaa tiivistyä tien pintaan. Tällaisia olosuhteita ei tutkimusjaksolla ollut. Taulukon lisäkohdan mukaan jäätävä sade voi lisätä tarvetta taulukkoarvoa suuremmalle annokselle. Tutkimusjakso tukee väittämää. Jäätävän sateen kaltaisten ilmiöiden varoituksista ei pidetty tutkimusjaksolla kirjanpitoa, mutta niitä tiedetään tutkimusjaksolla olleen lukuisia. Ne olivat keskeinen syy taulukon ohjearvojen ylityksille. Koska alkusyksylle tavanomaisia ennakkosuolauksia ei tutkimusjaksolla ollut, ei kastepistelämpötilan esittelemisen mittaustuloksena ollut tarpeellista.

Suolauskerta numero 61, joka oli lumisadesuolaus, oli johtopäätösten kannalta merkityksellinen. Suolauksessa käytettiin 6 gramman annosta. Koska tutkimusjakso oli loppupuolella, osasi opinnäytetyön tekijä eri tavalla kyseenalaistaa siinä käytettyä annoskokoa ja pyytää lisäselvitystä. Varsinainen suolaus tapahtui lauantaina. Maanantaina kello 14.04 päivystäjä kertoi puhelimesta (J. Rosenqvist, henkilökohtainen tiedonanto, 20.2.2023), että pienellä annoksella pyrittiin välttämään lumen kiinnitarttumista, mutta samalla vältellen ylimääräisen kosteuden muodostumista. Syynä tähän oli lähestyvä kireä pakkasjakso. Suola sitoo kosteutta ja tie oli saatava ennen pakkasta mahdollisimman kuivaksi.

Mainitulla suolauskerralla tiesääaseman lähin mittausta tapahtui suolauksen jälkeen. Tiesääasema mittasi vanhan suolan määräksi 6,2 grammaa neliömetrille, joka on koko tutkimusjakson suurin lukema. Todennäköisesti lukemaan ei vaikuta niinkään 1,5 minuuttia ennen mittausta tehty suolaus, vaan suolaus numero 60, joka tehtiin vain noin tunnin ja 45 minuuttia aikaisemmin. Syy kahdelle näin nopealla aikataululla tehdyille suolaukselle ei tullut päivystäjän kanssa puheeksi. Mahdollisesti ylimääräisellä kierroksella on ainakin paikattu katveja, jotka syntyivät kuljettajan poikettua huoltoasemakäynnin vuoksi reitiltä suolauksessa numero 60. Poikkeama näkyy suolausajassa, joka on merkitty punaisella

kuvaan 25. Kahden nopean suolaustapahtuman myötä on ymmärrettävää, että suola-annos oli jälkimmäisellä kerralla vain 6 grammaa. Päivystäjän kertomukset eivät ole kuitenkaan ristiriidassa tutkimusaineiston kanssa, sillä vuorokauden neljästä suolauksesta kolme jälkimmäistä tapahtuivat varsin maltillisilla annoksilla. Viiden vuorokauden suolaustauko suolauskerran 62 jälkeen antaa myös viitteitä kireästä pakkasesta. Kosteus väheni tavoitteen mukaisesti vuorokauden aikana jokaisella mittauskerralla.

Pois lukien nopeat peräkkäiset suolaustapahtumat, on 10.12.2022 tehdyissä suolauksissa havaittavissa samankaltaisuutta. Annoskoot ovat olleet maltillisia. Kosteus on niin ikään ollut vähenemään päin vuorokauden aikana. Lisäksi seuraava suolaus on tehty vasta 18.12., eli ajankohtien välissä on täytynyt olla kireää pakkasta.

Annosteluohjeen varsinainen taulukko on tarkoitettu olosuhteisiin, joita tutkimusjaksolla ei ilmennyt. Taulukon lisäkohdat ovat osa annosteluohjetta ja niiden perusteella annosten alitukset jäivät, riippuen laskentatavasta, korkeintaan kahteen kertaan. Molemmilla kerroilla suola-annosta käytettiin liikennemäärän ollessa normaalia tasoa.

Varsinaisen ohjetaulukon suolamääriä ei voida tutkimuksen perusteella päivittää alaspäin. Taulukon lisämaininnoissa voitaisiin mahdollisesti mainita pienen annoskoon käytöstä olosuhteissa, joissa lumen kiinnitarttuminen on estettävä ennen pakkasjaksoa. Asia olisi kuitenkin järkevä ensin varmistaa mahdollisesta lisätutkimuksesta saatavalla suuremmalla otoskoolla. Muunlaisia muutoksia ei annosteluohjeeseen ole järkevä tämän tutkimuksen perusteella toteuttaa.

Opinnäytetyön perusteella herää myös kysymys, onko taulukossa ilmoitettu liuoksen käyttöön liittyvä ohjeistus ajantasainen lumisadesuolausten osalta. Ohjeessa mainitaan, että lumisadesuolauksissa käytettäisiin kostutettua suolaa 10–20 gramman neliömetrikohtaisella vaihteluvälillä. Epäselväksi jää, onko haarukka laadittu ennakkosuolan ohjeistuksen mukaisesti esimerkiksi, jossa kostutettu suola sisältää 23 % liuosta. Tutkimusjaksolla Mäntsälän hoitourakan lumisateen aikaiset kuivasuolaukset olivat onnistuneita maltillisilla annoksilla, vaikka yleisesti suolahävikin puhutaan olevan kuivasuolauksissa suurempi. Suolan

tarttumisen mahdollistamaa märkyyttä on ilman liuostakin etenkin tapauksissa, joissa tietä joudutaan pitkäkestoisen lumisateen myötä auraamaan ja suolaamaan pitkin vuorokautta.

8.2 MD30-mittari

Optinen MD30-mittari ei helpottanut uuden annosteluohjeen laadintaa, koska ohjetaulukon päivittämistä ei katsottu tulosten perusteella tarpeelliseksi. Kuten sanottua, ohjeen lisäkohtiin voidaan alustavasti ehdottaa tulosten perusteella päivityksiä, mutta nämä johtopäätökset voidaan tehdä myös yksistään tiesääaseman mittausarvoilla.

MD30:n mittaukset olivat pääasiassa oikean suuntaisia ja tällöin niiden erot suhteessa tiesääaseman mittauksiin olivat maltilliset. Oli etukäteen arvattavissa, etteivät MD30-mittarin mittautulokset ole identtisiä Ohkolan tiesääaseman mittausarvojen kanssa. Kaikissa tapauksissa ei voida varmuudella sanoa, että MD30-mittarin eriävä mittautulos olisi väärä, koska sääolosuhteissa voi ilmetä vaihtelua hyvin pienelläkin alueella.

Mittarin kanssa oli tutkimusjaksolla myös haasteita ja se mittasi tutkimusjaksolla vääriäkin arvoja. Se kiinnitettiin kunnossapitoajoneuvoon aivan joulukuun kynnyksellä, eikä sitä ehditty testaamaan edellisen talven jäljiltä. Pian joulukuun alussa mittarin havaittiin mittaavan epäilyttäviä arvoja ja se saatiin vaihdetuksi uuteen vasta 2.1.2023. Ensimmäinen tutkimusmittaus uudella mittarilla tehtiin 10.1.2023. Vaihdetun mittarin ongelmat liittyivät pääasiassa yhteen anturiin, mutta tutkimusjaksolla mittarin havaittiin likaantuvan herkästi ja oireilevan tällöin vastaavalla tavalla. Tyypillinen oire on, että mittari väittää pinnan tilaksi koko ajan jäätä, joka parametriraporteissa ilmaistaan kirjaimin. Koska tästä ei voida laskea keskiarvoa, on se jätetty tuloksista pois. Sama anturi määrittää kuitenkin numeerisesti muun muassa jääkerroksen paksuuden. Mittarin puhtautta oli tutkimuksen tekijän toimesta mahdotonta valvoa. Uusi mittari oli ulkoisesti vanhan kanssa samanlainen, mutta Vaisalan mukaan paranneltu kosteudensiedoltaan.

Tutkimustulosten valossa kuva 26 havainnollistaa yllä kuvattua tilannetta hyvin. Vanhan mittarin mukaan suolauskerralla 10 jään kerrospaksuus oli hyvin suuri. Korkeimpaan talvihoitoluokkaan kuuluvan tutkimusreitit jäätymistä vältellään viimeiseen asti, eikä

mittarin väittämää jäämäärää lähdetäisi hävittämään vain kuuden gramman annoksella. Mittaustulos ei siis pidä paikkaansa ja vastaavia esimerkkejä erityisesti vanhan mittarin ajalta on muitakin.

Tutkimusjaksoon kuului neljä suolauskertaa, joista MD30:n mittausarvot tallentuivat puutteellisesti. Käytännössä viivaa ei piirtynyt RoadAI Mapin kartalle kaikilta reitin osilta, jolloin saatuja mittaustuloksia ei hyväksytty tutkimusaineiston osaksi. Syy jäi mysteeriksi, mutta mittaukset tehtiin vanhan mittarin aikana ja RoadAI-puhelimessa huomattiin olevan käyttöjärjestelmäpäivityksiä rästissä uuden mittarin asennushetkellä.

Lähteet

EKOenergy. (2021). *Ilmastonmuutos: syyt ja seuraukset*.

<https://www.ekoenergy.org/fi/extras/climate-change/>

ELY-keskus. (2022). *ELY-keskusten liikenteen tehtävät*. Haettu 31.1.2023 osoitteesta

<https://www.ely-keskus.fi/ely-keskusten-liikenteen-tehtavat>

ELY-keskus. (2023-a). *ELY-keskukset*. Haettu 31.1.2023 osoitteesta [https://www.ely-](https://www.ely-keskus.fi/ely-keskukset)

[keskus.fi/ely-keskukset](https://www.ely-keskus.fi/ely-keskukset)

ELY-keskus. (2023-b). *Talvihoito*. Haettu 31.1.2023 osoitteesta [https://www.ely-keskus.fi/-](https://www.ely-keskus.fi/-/uud-liikenne-kunnossapito-talvihoito)

[/uud-liikenne-kunnossapito-talvihoito](https://www.ely-keskus.fi/-/uud-liikenne-kunnossapito-talvihoito)

Fintraffic. (2023-a). *Ohkolan tiesääaseman mittausten hakeminen valitulla ajanhetkellä*

Digitrafficin Swagger UI -käyttöliittymästä [kuva]. Haettu 9.2.2023 osoitteesta

<https://tie.digitraffic.fi/swagger/#/Beta/weatherDataHistory>

Fintraffic. (2023-b). *Tiesääaseman mittausajankohtien kartoittaminen Digitrafficin Swagger*

UI -käyttöliittymästä [kuva]. Haettu 9.2.2023 osoitteesta

https://tie.digitraffic.fi/swagger/#/Beta/weatherDataHistory_1

Foreca. (8.2.2021). *Jäätävä sade ja jäätävä tihku virittävät autoille jääkentän*.

<https://www.foreca.fi/s%C3%A4%C3%A4pedia/s5qh3vl8>

Frantsi, E. (2022). *Maanteiden hoitourakka – Yhteistoiminnallisen urakan projektinhallinta*

[YAMK-opinnäytetyö, LAB-ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/771699/Frantsi_Emlia.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Google. (2023). *Kolme kuvakaappausta tutkimusreitistä Google Mapsin oletusnäkyvästä*

[kuva]. Haettu 15.02.2023 osoitteesta

<https://www.google.com/maps/@60.4639949,25.1268163,13.75z>

Hakala, M. (2008). Suolalle ei tehokasta ja edullista vaihtoehtoa. *Turun Sanomat*.

<https://www.ts.fi/teemat/1074261614>

Hartonen, S. (2008). *Sää ympäri vuoden*. Kirjapaja.

Hämeen ammattikorkeakoulu. (2020). *Opinnäytetyöopas – Toimintaohje*

opinnäytetyöprosesseihin. <https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2021/11/HAMK-Opinnaytetyoapas-2.pdf>

Kuljetus ja Maanrakennus P. Salonen Oy. (n.d.). *Historia*. <https://salonenoy.fi/historia/>

Liikennevirasto. (2018). *Maanteiden talvihoito – Laatuvaatimukset*.

https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-33_maanteiden_talvihoito_web.pdf

Liikennevirasto. (2017). *Maanteiden talvihoito – Menetelmätieto*.

https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2017-01_maanteiden_talvihoito_web.pdf

Liikennevirasto. (2017). *Uusin tiesuolan annosteluohje* [kuva]. Kuvan otsikkoa muokattu alkuperäisestä. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2017-01_maanteiden_talvihoito_web.pdf

[01 maanteiden talvihoito web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2017-01_maanteiden_talvihoito_web.pdf)

Liikennevirasto. (2015). *I Salpausselän pohjaveden kloridipitoisuuksien muutokset ja niihin vaikuttavia tekijöitä*. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121022/Its_2015-11_978-952-317-062-9.pdf?sequence=1

[11 978-952-317-062-9.pdf?sequence=1](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121022/Its_2015-11_978-952-317-062-9.pdf?sequence=1)

Maanteiden hoito kiinnostaa yhä useampaa yritystä. (19.12.2019). *Apu*.

<https://www.apu.fi/artikkelit/maanteiden-hoito-kiinnostaa-yha-useampaa-yritysta>

Moksu, M. (21.12.2022). Epätavallinen sääilmiö yleistyy, kun talvet lämpenevät: teistä tulee liukkaampia, ja auton ikkunoita joutuu raapimaan enemmän. *Yle*. <https://yle.fi/a/74-20009818>

[20009818](https://yle.fi/a/74-20009818)

Punkari, P. (29.11.2022). Pakkasta vain yksi aste ja silti teitä suolataan enemmän kuin aikoihin, selvitimme miksi. Yle. <https://yle.fi/a/74-20006525>

Saukkonen, L. (2020). *Sään ääri-ilmiöt ja ilmastomuutos*. Minerva.

Tiehallinto. (2009). *Ilmastomuutoksen vaikutus tiestön hoitoon ja ylläpitoon*.
<https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/139433/4638tie.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vaisala. (n.d.). *Vaisala lyhyesti*. <https://www.vaisala.com/fi/vaisala-company/vaisala-brief>

Väylävirasto. (2021). *Visio, strategia ja arvot*. Haettu 31.1.2023 osoitteesta
<https://vayla.fi/tietoa-meista/tapamme-toimia/visio-strategia-arvot>

Väylävirasto. (2022-a). *Ilmastomuutos*. Haettu 31.1.2023 osoitteesta
<https://vayla.fi/ymparisto/ilmastonmuutos>

Väylävirasto. (2022-b). *Liukkauden torjunta*. Haettu 31.1.2023 osoitteesta
<https://vayla.fi/kunnossapito/tieverkon-kunnossapito/talvihoito/liukkauden-torjunta>

Väylävirasto. (2022-c). *Maanteiden hoidon kilpailutus*. Haettu 31.1.2023 osoitteesta
<https://vayla.fi/palveluntuottajat/hankinnat/tieurakat>

Väylävirasto. (2022-d). *Optisten MD30-anturien kokeilu Mäntsälän urakassa*.
https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/186417/vj_2022-72_978-952-405-016-6.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Väylävirasto. (2022-e). *Pohjavedet ja maaperä*. Haettu 31.1.2023 osoitteesta
<https://vayla.fi/ymparisto/pohjavedet-maapera>

Väylävirasto. (2022-f). *Tapamme toimia*. Haettu 31.1.2023 osoitteesta <https://vayla.fi/tietoa-meista/tapamme-toimia>

Liite 1: Tutkimusaineiston koonti

1 Suolaustapahtumat - Perustiedot pohjaan käsin syöttäen, tietoja ei kopioitu muilta välilehdiltä.									
Nro.	Pvm.	Aloitus	Suolaus tiesääsena	Lopetus	Kesto	Kuljettaja	Annos peruskaistalle (g/m)	Ennako/Lumisade	Lisätieto
1	4.12.2022	17.17.19	17.25.30	17.37.08	0.19.49	Vakio		10 Lumisade	
2	6.12.2022	4.54.36	5.06.27	5.16.53	0.22.17	Vakio		12 Lumisade	
3	7.12.2022	0.46.04	0.56.13	1.09.54	0.23.50	Vakio		8 Lumisade	
4	7.12.2022	5.23.24	5.33.16	5.46:30	0.23.06	Vakio		8 Lumisade	
5	7.12.2022	13.23.39	13.33.45	13:46:28	0.22.49	Vakio		8 Lumisade	
6	7.12.2022	21.05.11	21.16.47	21.23.52	0.18.41	Vakio		10 Lumisade	
7	8.12.2022	1.41.28	1.51.24	2:03:50	0.22.22	Vakio		8 Lumisade	
8	8.12.2022	20.47.14	20.57.30	21.11.26	0.24.12	Sijainen 2		8 Lumisade	
9	10.12.2022	4.28.41	4.40.25	4.55.00	0.26.19	Vakio		8 Lumisade	
10	10.12.2022	11.29.25	11.40.15	11.54.30	0.25.05	Vakio		6 Lumisade	
11	10.12.2022	21.35.21	21.46.37	22.00.20	0.24.59	Vakio		8 Lumisade	
12	18.12.2022	1.55.45	2.04.05	2.14.20	0.18.35	Vakio		10 Ennakko	
13	18.12.2022	19.37.20	19.45.08	19.54.53	0.17.33	Vakio		8 Lumisade	
14	20.12.2022	7.22.45	7.30.58	7.41.07	0.18.22	Vakio		8 Lumisade	
15	20.12.2022	18.07.04	18.18.12	18.32.32	0.25.28	Vakio		10 Lumisade	Ei MD30 arvoja
16	23.12.2022	19.43.18	19.52.35	20.04.30	0.21.12	Vakio		8 Lumisade	
17	23.12.2022	22.45.00	22.54.30	23.06.10	0.21.10	Vakio		8 Lumisade	
18	27.12.2022	14.59.20	15.09.34	15.22.00	0.22.40	Vakio		8 Lumisade	
19	28.12.2022	2.34.36	2.44.22	2.56.00	0.21.24	Vakio		8 Lumisade	Ei MD30 arvoja
20	28.12.2022	14.25.59	14.36.59	14.50.11	0.24.12	Sijainen 1		6 Ennakko	Ei säätiöarvoja.
21	29.12.2022	14.07.13	14.16.00	14.26.28	0.19.15	Sijainen 2		12 Lumisade	
22	29.12.2022	23.01.06	23.11.23	23.18.00	0.16.54	Vakio		8 Lumisade	Ei MD30 arvoja
23	30.12.2022	2.25.05	2.35.09	2.47.50	0.22.45	Vakio		8 Lumisade	Ei MD30 arvoja
24	1.1.2023	1.20.55	1.29.40	1.40.15	0.19.20	Sijainen 2		10 Ennakko	
25	1.1.2023	17.55.09	18.03.30	18.13.00	0.17.51	Vakio		12 Ennakko	Ei MD30 arvoja
26	3.1.2023	4.37.32	4.45.40	4.55.41	0.18.09	Sijainen 2		16 Lumisade	
27	10.1.2023	14.48.00	14.59.09	15.13.00	0.25.00	Vakio		8 Lumisade	1. , uusi MD30
28	10.1.2023	19.08.50	19.19.15	19.32.40	0.23.50	Vakio		10 Lumisade	
29	11.1.2023	17.10.12	17.19.05	17.29.45	0.19.33	Sijainen 1		10 Lumisade	
30	12.1.2023	7.47.17	7.56.18	8.08.50	0.21.33	Vakio		8 Lumisade	
31	13.1.2023	5.12.42	5.22.57	5.35.19	0.22.37	Vakio		10 Lumisade	
32	16.1.2023	19.40.30	19.49.29	19.59.56	0.19.26	Sijainen 1		8 Ennakko	
33	17.1.2023	21.04.07	21.15.20	21.29.52	0.25.45	Vakio		8 Lumisade	
34	18.1.2023	1.10.35	1.21.10	1.35.15	0.24.40	Vakio		10 Lumisade	
35	18.1.2023	7.32.10	7.43.04	7.56.20	0.24.10	Vakio		10 Lumisade	
36	18.1.2023	18.34.21	18.43.15	18.53.46	0.19.25	Sijainen 1		10 Lumisade	
37	19.1.2023	8.11.19	8.22.27	8.35.13	0.23.54	Vakio		8 Lumisade	
38	19.1.2023	11.20.06	11.31.31	11.45.46	0.25.40	Vakio		8 Lumisade	
39	19.1.2023	14.50.00	15.00.43	15.15.10	0.25.10	Vakio		8 Lumisade	
40	20.1.2023	7.59.37	8.07.50	8.17.40	0.18.03	Sijainen 1		8 Ennakko	
41	24.1.2023	1.32.53	1.41:18	1.51.40	0.18.47	Vakio		12 Lumisade	
42	24.1.2023	11.44.18	11.57.04	12.10.00	0.25.42	Vakio		10 Lumisade	
43	26.1.2023	16.16.40	16.24.58	16.34.50	0.18.10	Vakio		10 Lumisade	
44	28.1.2023	20.44.54	20.55.29	21.08.50	0.23.56	Vakio		12 Lumisade	
45	30.1.2023	19.35.11	19.43.39	19.55.15	0.20.04	Vakio		12 Lumisade	
46	31.1.2023	23.00.15	23.09.15	23.20.18	0.20.03	Vakio		10 Lumisade	
47	5.2.2023	19.13.21	19.22.30	19.33.36	0.20.15	Vakio		14 Lumisade	
48	5.2.2023	21.55.36	22.05.56	22.18.25	0.22.49	Vakio		8 Lumisade	
49	8.2.2023	3.46.56	3.54.59	4.04.39	0.17.43	Vakio		10 Ennakko	
50	9.2.2023	3.49.26	3.57.40	4.07.24	0.17.58	Sijainen 2		10 Ennakko	
51	10.2.2023	6.26.26	6.36.34	6.49.46	0.23.20	Vakio		14 Lumisade	
52	10.2.2023	10.17.23	10.27.37	10.39.30	0.22.07	Vakio		14 Lumisade	
53	11.2.2023	7.35.29	7.46.16	7.59.38	0.24.09	Vakio		14 Lumisade	
54	11.2.2023	9.17.27	9.27.27	9.39.29	0.22.02	Vakio		10 Lumisade	
55	13.2.2023	3.22.50	3.31.10	3.41.11	0.18.21	Vakio		12 Ennakko	
56	15.2.2023	4.50.23	4.58.47	5.09.07	0.18.44	Vakio		12 Ennakko	
57	15.2.2023	23.46.28	23.54.52	0.04.50	0.18.22	Vakio		16 Ennakko	
58	17.2.2023	2.20.59	2.29.29	2.39.40	0.18.41	Vakio		12 Ennakko	
59	18.2.2023	4.15.55	4.27.27	4.42.04	0.26.09	Vakio		16 Lumisade	
60	18.2.2023	6.34.41	7.10.30	7.24.52	0.50.11	Vakio		8 Lumisade	P-alue
61	18.2.2023	8.44.31	8.54.32	9.06.31	0.22.00	Vakio		6 Lumisade	
62	18.2.2023	19.20.20	19.28.25	19.38.04	0.17.44	Vakio		8 Lumisade	
63	23.2.2023	16.43.00	16.51.05	17.00.54	0.17.54	Sijainen 2		6 Ennakko	10 % liuos
64	23.2.2023	20.04.23	20.13.29	20.19.35	0.15.12	Vakio		8 Lumisade	P-alue, 10 % liuos
65	23.2.2023	23.02.31	23.15.00	23.28.07	0.25.36	Vakio		14 Lumisade	
66	24.2.2023	1.18.23	1.28.49	1.41.39	0.23.16	Vakio		10 Lumisade	P-alue
67	27.2.2023	21.29.56	21.38.29	21.48.45	0.18.49	Vakio		8 Ennakko	10 % liuos

Liite 2: Aineistonhallintasuunnitelma

OPINNÄYTETYÖN AINEISTONHALLINTASUUNNITELMA

Tiesuolan annosteluohjeen kriittinen tarkastelu MD30-mittarin avulla

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Liikenneala, insinööri (AMK)

Kevät 2023

Mikael Ruuttula

1 Tutkimusaineiston tallennus ja säilytys

Opinnäytetyön tutkimusaineiston numeerinen data on tallennettu lukuisiin xls- ja JSON-tiedostoihin. Ensin mainitut tunnetaan Microsoft Excel -ohjelmiston laskentataulukkoina. Jälkimmäiset avataan tyypillisesti Microsoftin Muistiolla. Excel-muotoinen koontipohja on opinnäytetyön laatijan itsensä luoma. Loput xls-tiedostot ovat Vaisala RoadAI Mapista ladattuja parametrimitausraportteja, joiden numeeriset arvot perustuvat MD30-mittarin ja RoadAI-mobiilisovelluksen mittauksiin. JSON-tiedostot sisältävät tiesääaseman mittausdataa ja ne ladataan Digitrafficin palvelusta.

Kullekin opinnäytetyössä tutkittavalle suolaustapahtumalle luodaan oma kansio, jonne tallennetaan tapahtumaan liittyvät edellä mainitut tiedostot. Kansio nimetään esimerkiksi "Mittaus_&_Suolaus_19012023_1". Nimeen sisältyy tapahtuman päivämäärä sekä sen järjestys kyseisenä vuorokautena. Mikäli suolaus osuu vuorokaudenvaihteeseen, määrittää suolausajankohta Ohkolan tiesääaseman kohdalla, kummalle päivälle tapahtuma kirjataan. Mainitun tiedostonimen perään lisätään "_kuljettajan sukunimi", mikäli työn on tehnyt joku muu kuin niin sanottu vakiokuljettaja. Järjestysnumero jätetään pois, mikäli suolauskerta on vuorokauden ainoa.

Mainittu aineisto kootaan alakansioiksi opinnäytetyön pääkansion alle. Omissa alakansioissaan ovat myös opinnäytetyöraportin docx-tiedostomuotoiset vedokset, lähdemateriaali, opinnäytetyöohjeistukset sekä työtä varten kerätyt kuvat. Pääkansio tallennetaan alakansioineen muistitikulle ja ulkoiselle kovalevyille. Muistitikku on ensisijainen tallennuspaikka ja varmuuskopioinneissa koko pääkansio alakansioineen kopioidaan

kovalevyille. Aineiston tallennuspaikat ovat osa opinnäytetyön laatijan henkilökohtaista omaisuutta, eikä ulkopuolisilla ole pääsyä niihin. Tallennuspaikka on sovittu toimeksiantajan kanssa.

2 Henkilötietojen ja arkaluonteisten tietojen käsittely

Opinnäytetyön tutkimusaineisto muodostuu usean ihmisen työpanoksen kautta, mutta henkilöt eivät ole tutkimusmenetelmien keskiössä, sillä esimerkiksi henkilöhaastatteluja tutkimus ei sisällä. Yksittäisten opinnäytteen kuvien osana voi olla työntekijöiden nimiä, puhelinnumeroita sekä ajoneuvojen rekisteritunnuksia. Ne eivät ole kuvien varsinainen kohde. Opinnäytetyössä käytetyissä kuvaversioissa nämä kaikki tiedot ovat peitetty.

3 Opinnäytetyöaineiston omistajuus ja jatkokäyttö

Opinnäytetyön tekijä omistaa opinnäytetyön aineiston ja tulokset. Ennako-odotus on, ettei opinnäytetyön tutkimusaineisto ole jatkokäytön kannalta arvokasta. Opinnäytetyöhön osallistuneet osapuolet voivat halutessaan ja erikseen pyydettyäessä hyödyntää opinnäytetyön aineistoa parhaaksi katsomallaan tavalla. Pyyntö on esitettävä vuoden sisällä opinnäytetyön valmistumisesta, koska tämän jälkeen aineisto poistetaan tietoturvallisesti.