

**Biohajoavien materiaalien toiminnallinen ja taloudellinen
käyttö Lahden keskusta -kaupunkialueurakassa**



Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Riihimäki, Tulevaisuuden liikennejärjestelmät

Kevät 2020

Raimo Taavitsainen

Raimo Taavitsainen

Tulevaisuuden liikennejärjestelmät

Riihimäki

Tekijä	Raimo Taavitsainen	Vuosi 2020
Työn nimi	Biohajoavien materiaalien toiminnallinen ja taloudellinen käyttö Lahden keskusta -kaupunkialueurakassa	
Työn ohjaajat	Teppo Sotavalta, Timo Nissinen, Tommi Juurinen	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia biohajoavien materiaalien optimaalista toiminnallista ja taloudellista käyttöä Lahden kaupungin ja EU:n päätöksien pohjalta. Työn tavoitteena on ollut selvittää biohajoavien materiaalien toimivuuksia Lahden keskusta - nimisessä alueurakassa sekä materiaalien käytön laajentamista tulevaisuudessa, mikä mahdollistaisi puhtaamman ympäristön kehittymistä Suomessa tai ulkomailla. Työn toimeksiantajina ovat VRJ Etelä-Suomi Oy ja Viherpalvelut Hyvönen Oy.

Eco-Melter-materiaalien käyttöä on tutkittu empiirisellä tutkimusmenetelmällä. Tutkimusmetodina työssä on käytetty kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia menetelmiä sekä vertailevaa tutkimusmenetelmää. Tutkimustuloksien tavoitteena oli saada biohajoaville materiaaleille käyttöohjeet, joilla voidaan korvata kloridipitoisten materiaalien käyttö eri kunnossapitotoiminoissa.

Tutkimuksen tärkeimmät tulokset ovat biohajoavien materiaalien käyttötaulukkoita eri käyttökohteita varten sekä ohjeita materiaalien nykyistä taloudellisempaan käyttöä varten. Kloridipitoisten materiaalien sijaan vaihtoehtoisilla biohajoavilla materiaaleilla voidaan kaupunkiliikennettä turvallisesti pitää kunnossa ainakin 60 km/h saakka, ja opinnäytetyössä on selvitys niiden käytöstä saaduista kokemuksista Lahden keskusta -kaupunkialueurakassa.

Tutkimustulosten perusteella kehitysehdotuksena esitetään, biohajoavien materiaalien käytön tutkimuksen laajentamista väylille, joissa nopeudet ovat yli 60 km/h. Ajonopeuden kasvaessa tarve selvittää biohajoavien materiaalien käyttö ja liikenneturvallisuus ovat toimivia ja turvallisia kaikissa olosuhteissa.

Avainsanat	Eco-Melter, Lahden keskusta -kaupunkialueurakka, taloudellisuus, toiminnallisuus, TYL V2
Sivut	89 sivua, joista liitteitä 14 sivua

Traffic Systems of the Future
Riihimäki

Author	Raimo Taavitsainen	Year 2020
Subject	Functional and economic use of biodegradable materials in the regional contract area of the Lahti City Center	
Supervisors	Teppo Sotavalta, Timo Nissinen, Tommi Juurinen	

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to examine the optimal operational and economic use of biodegradable materials based on the decisions of the City of Lahti and the EU. The aim of the work was to examine the functionality of biodegradable materials in the contract region of Lahti City center and to expand the use of materials in the future, which would enable the development of a cleaner environment in Finland or abroad. The work was commissioned by VRJ Etelä-Suomi Oy and Viherpalvelut Hyvönen Oy.

The use of Eco-Melter materials was studied by using empirical research methods. Quantitative and qualitative methods as well as comparative methods were used as research methods. The aim was to obtain instructions for use on biodegradable materials, which could be used to replace the use of chloride-containing materials in different maintenance operations.

The main results of the study were tables of use for biodegradable materials for different applications and guidelines for a more economical use of materials. Instead of chloride-containing materials, alternative biodegradable materials can safely maintain urban traffic up to at least 60 km / h, and the study demonstrates the experience gained from their use in the Lahti- City Center area contract.

Based on the results of the study, a development proposal was presented here extend the study of the use of biodegradable materials to speeds above 60 km/h. As the driving speed increases, there is a need to examine the use of biodegradable materials so that road in order to make safety workable and safe under all conditions.

Keywords	Eco-Melter, Economy, Functionality, TYL V2, Urban area contract of Lahti City Center
Pages	89 pages including appendices 14 pages

LYHENTEET JA TERMIT

TYL V2:

Kahden yrityksen työyhteisöliittymä, VRJ Etelä-Suomi Oy ja Viherpalvelut Hyvönen Oy, jotka toimivat pääurakoitsijoina Lahden keskusta alueurakan alueella (50/50 %).

SYKE:

Suomen ympäristökeskus.

TERMIT

BIOHAJOAVA TUOTE:

Materiaali, joka hajoaa kohtuullisessa ajassa bakteerien entsyymitoiminnan tai hydrolyyttisen hajoamisen seurauksena.

ECO- MELTER:

Biohajoavia liukkaudentorjunta ja pölynsidonta tuotteita talvi- ja kesäkäyttöön.

EKOTOKSISUUS:

Myrkyllisyydesti.

EMPIIRINEN TUTKIMUS:

Empiirinen tutkimus on kokemusperäinen tutkimus, joka perustuu tutkimuskohteen havainnointiin tai mittaamiseen.

EUTEKTINEN PISTE:

Alin mahdollinen jäätyislämpötila, jonka liuos voi saavuttaa tietyssä konsentraatiossa.

FLOKKAUS:

Hiutaleiden muodostaminen tai muodostuminen nesteeseen siten, että pienemmät hiukkaset liittyvät yhteen.

HYGROSKOOPPINEN:

Hygroskooppinen on aine, joka imee ilmasta kosteutta.

HYPOTEESI:

Teorioista johdettu, aikaisempaan tutkimukseen perustuva ennakoitu ratkaisu tai selitys tarkasteltavaan ongelmaan, joka esitetään väitteenä ja arvioidaan tutkimuksessa.

HOIDONJOHTOURAKKA:

Hoidonjohtourakka on tavoitehintainen kokonaisurakka, jolla on vuosittaiset tavoite- ja kattohinnat.

HÄRMISTYMINEN:

Olomuodonmuutos suoraan kaasusta kiinteäksi ilman nestemäistä välitilaa.

KALIUMFORMIAATTI:

Kaliumformiaatti HCOOK on muurahaishapon kaliumsuola.

KASTEPISTE:

Kastepistelämpötila on se lämpötila, jossa vesihöyryä sisältävän kaasun suhteellinen kosteus on 100 %.

KELI:

Kadunpinnan tila, johon vaikuttavia tekijöitä mm. sää, kadunpinnan ominaisuudet sekä kunnossapito toimenpiteet.

KVALITATIIVINEN TUTKIMUS:

Laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus on tieteellisen tutkimuksen menetelmäsuuntaus, jossa pyritään ymmärtämään kohteen laatua, ominaisuuksia ja merkityksiä kokonaisvaltaisesti.

KVANTITATIIVINEN TUTKIMUS:

Määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus on tieteellisen tutkimuksen menetelmäsuuntaus, joka perustuu kohteen kuvaamiseen ja tulkitsemiseen tilastojen ja numeroiden avulla.

NATRIUMFORMIAATTI:

Natriumformiaatti HCOONa on muurahaishapon natriumsuola.

RELIABILITEETTI:

Tutkimuksen luotettavuus, jossa käsitteellä tarkoitetaan tutkimusmenetelmän ja käytettyjen mittareiden kykyä saavuttaa tarkoitettuja tuloksia.

SÄÄ:

Sää on ilma, ilmakehän tila jollakin tietyllä paikalla tiettyinä aikoina.

TRB:

Kulkuneuvotutkimuslautakunta (TRB) on kansallisen tiedeakatemian, entisen Yhdysvaltain kansallisen tutkimusneuvoston osasto.

VALIDITEETTI:

Tutkimuksen pätevyys, jossa käsitteellä tarkoitetaan tutkimusmenetelmän kykyä selvittää sitä, mitä sillä on tarkoitus selvittää.

KIITOKSET

Kiitän erityisesti YAMK tutkinnon valmistumiseen vaadittavan tutkinnon ja opinnäytetyön suorittamisesta VRJ Etelä-Suomi Oy:ta sekä Viherpalvelut Hyvönen Oy:ta, että ovat mahdollistaneet opinnäytetyön toteuttamisen työtehtävien ohessa. Lisäksi haluan kiittää Lahden kaupungin alueurakan tilaajan edustajia, Hamkin opettajia, Kemion Oy ja TRWays yritysten henkilöitä todella hyvästä ja kehityshakuisesta yhteistyöstä sekä henkilöitä, jotka ovat olleet mukana asiantuntijoina opinnäytetyöhön liittyvässä suunnittelussa ja valmistumisessa.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TUTKIMUSKYSYMYKSET JA TYÖNRAJAUS.....	2
2.1	Tutkimuskysymykset.....	2
2.2	Työnrajaus.....	2
3	TYÖN TAUSTOISTA JA TAVOITTEISTA.....	3
3.1	Toimeksianto opinnäytetyöhön.....	3
3.2	Työn laatijan koulutuksesta ja asiantuntevuudesta.....	3
3.3	TYLV2 Lahden keskusta hoidonjohtourakka.....	4
3.3.1	Pääurakoitsijat.....	4
3.3.2	VRJ Group.....	6
3.3.3	Viherpalvelut Hyvönen Oy.....	6
3.4	Eco-Melter materiaalien toimittajat.....	6
3.4.1	Kemion Oy.....	6
3.4.2	Tmi TRWays.....	7
3.5	Tavoitteet.....	8
3.5.1	Euroopan unioni (EU) ja ympäristösuojelutavoitteet.....	9
3.5.2	Lahden kaupunki ja ympäristö.....	10
3.5.3	TYLV2 Lahden keskustan hoidonjohtourakka.....	11
4	TEOREETTINEN VIITEKEHYS JA TUTKIMUSMENETELMÄT.....	12
4.1	Teoreettinen viitekehys.....	12
4.1.1	Teoreettisen viitekehyyksen sisältö.....	13
4.1.2	Kirjallisuuskatsaus biohajoavista materiaaleista, käytöstä ja niiden taloudellisesta optimoinnista.....	13
4.1.3	Tutkimusongelmat ja siihen liittyviä taustoja.....	14
4.1.4	Hypoteesi.....	15
4.2	Tutkimusmenetelmät.....	15
5	TALVI- JA KESÄKUNNOSSAPIDON TAUSTOJA LAHDESSA.....	17
5.1	Lahden kaupungin katujen kunnossapito.....	17
5.2	Lahden kaupungin kevyen liikenteen väylien kunnossapito.....	18
5.3	Salpauselän- ja Lahden pohjavesialueet.....	21
6	TALVI- JA KESÄKUNNOSSAPIDON TOTEUTUS CASE TYL V2.....	27
6.1	Talvi- ja kesäkunnossapito TYL V2 alueurakassa.....	27
6.1.1	Työnjohdon ja päivystäjän toiminta.....	27
6.1.2	Säaseuranta ja kelinhallinta.....	28
6.1.3	Säähavaintoasemia Lahdessa.....	30
6.1.4	Fluent-Kuntojärjestelmä.....	31
6.2	Kunnossapitokalusto ja materiaalin valinta.....	31
6.2.1	Liukkaudentorjuntamateriaalien levittäminen sirotteluautomaatilla... 32	
6.2.2	Salo 3000-3009 Sirotteluautomaattien tekninen toiminta ja käyttö 33	

6.2.3	Materiaalien levitysmäärät sirotteluautomaattiin määritettynä.....	34
6.3	Biohajoavat Eco-Melter materiaalit ja niiden käyttökohteet.....	36
6.3.1	Eco-Melter S -rae	36
6.3.2	Eco-Melter L-50 % liuos liukkaudentorjunta ja pölynsidontakäyttö	40
6.3.3	Eco-Melter S- raemateriaalin käyttö liuksena liukkaudentorjunnassa	42
6.3.4	Eco-Binder F.....	43
6.3.5	Eco-Melter materiaalin käyttö pakkasliukkaudentorjunnassa	45
6.4	Eco-Melter materiaalit ja niiden käyttömäärät eri kohteissa taulukoituna.....	45
6.4.1	Eco-Melter materiaalien liuos- ja raeyhteiskäyttö	45
6.4.2	Eco-Melter materiaalit ja hiekoitusmateriaalien yhteiskäyttö	49
6.4.3	Eco-Melter materiaalien käyttö portaiden liukkaudentorjunnassa	51
6.4.4	Eco-Binder materiaalien käyttö talvi- ja kesäpölynsidonnassa	53
6.4.5	Talvipölynsidontaa eri työmenetelmillä	55
6.4.6	Kesäpölynsidonta.....	56
7	TALOUDELLISUUS TARKASTELU	57
7.1	Kustannusvertailua Eco-Melter-materiaalien käytöstä	57
7.1.1	Eco-Melter- materiaalien käyttökustannukset	57
7.1.2	Eco-Melter S- rae- ja L-50- liuosmateriaalien taloudellinen käyttö	58
7.1.3	Eco-Melter S -rae ja liuos L-20 % -materiaalien yhteiskäyttö	59
8	TUTKIMUKSEN DISKUSSIO	61
8.1	Pohdintaa Euroopan unionin ja Lahden kaupungin tavoitteista	61
8.1.1	Työn tuloksista.....	62
8.2	Tutkimuskysymys	62
8.3	Työn oma-arviointi	63
8.3.1	Tutkimuksen reliabiliteetti ja validiteetti	63
8.4	Kloridipitoisuuden nykytila	64
9	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	65
9.1	Kehittämisehdotukset alueurakan toiminnasta	66
	LÄHTEET.....	67
	HAASTATTELUT	72
	KUVAT.....	72
	TAULUKOT	74

Liitteet

- Liite 1 Työnjohto ja kuljettajataulukko: Eco-Melter S -rae ja liuos L 50 yhteiskäyttö
- Liite 2 Työnjohto ja kuljettajataulukko: Eco-Melter S -rae ja liuos L 20 yhteiskäyttö
- Liite 3 Natriumformiaatin yleisiä fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia
- Liite 4 Kaliumformiaatin yleisiä fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia
- Liite 5 Natrium- ja kaliumformiaatin pitoisuus- ja tilavuuspainotaulukko
- Liite 6 Eco-Melter korroosio-ominaisuudet
- Liite 7 Eco-Melter ympäristövaikutukset
- Liite 8 Salo AM 3000-sarjan sirotteluautomaatin teknisiä tietoja

1 JOHDANTO

Lahden kaupunki on kilpailuttanut Lahden keskustan kaupunkialueurakan 2015-2020. Alueurakan pääurakoitsijakilpailutuksen valinnan vuoksi Lahteen on perustettu työyhteisöliittymä (TYL V2), jossa kaksi eri yritystä toimii pääurakoitsijoina alueurakassa. Työyhteisöliittymän yrityksinä ovat VRJ Etelä- Suomi Oy ja Viherpalvelut Hyvönen Oy.

Opinnäytetyössä käsitellään pääurakoitsijoiden TYL V2 Lahden keskustan hoidonjohtoalueurakan vuorisuolan käytön lopettamisen vuoksi biohajoavien Eco-Melter liukkaudentorjuntamateriaalien käyttöä ja taloudellista optimointia erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa. Tämän opinnäytetyön selvityksillä mahdollistetaan biohajoavien materiaalien optimaalisempaa ja taloudellisempaa käyttöä nykyisin ja tulevaisuudessa. Lisäksi työssä on tuotu esille erilaisin selvityksin biohajoavien materiaalien käytön laajenemisen mahdollisuus kunnossapidossa tulevaisuuden liikennejärjestelmissä.

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää toiminnallisesti ja taloudellisesti talvi- ja kesäkunnossapidossa biohajoavien materiaalien käyttöä luonnon- ja pohjavesien haitallisten ympäristövaikutusten vähentämiseen nykyisestä tasosta Lahden kaupungin alueella. Lahden kaupungin alueelle tehtyjen pohjavesien tutkimustulokset ovat pitemmän ajan seurannassa osoittaneet tarpeen lähteä muuttamaan pohjavesien ympäristövaikutuksia, koska vesien kloridipitoisuudet ovat olleet koholla. Lahden kaupungin alueella tulevaisuuden tavoitteena on saada nykyistä parempi pohjaveden laatu ja sen ylläpitäminen ympäristöohjelman vision mukaan 2050 mennessä toteutettuna.

Lahden kaupungilta tulleen ympäristövaikutusten muutosesityksen vuoksi on tehty kustannus selvitys 2017 kesän aikana TYL V2 alueurakassa liukkaudentorjunta- ja pölynsidontamateriaalien käytön vaihtamisesta biohajoaviin Eco-Melter materiaaleihin. Vaikka biohajoavien materiaalien käyttökustannukset olivat huomattavasti suuremmat kuin aiemmin käytettyjen materiaalien, niin tilaajan mukaan päätettiin, että 1.10.2017 jälkeen ei käytetä lainkaan vuorisuolaa tai muita vastaavia kloridipitoisia materiaaleja.

Päätöksen seurauksena aloitettiin biohajoavien materiaalien käyttökokeilu, minkä vuoksi on ollut mahdollista käyttää koko urakka-alueellakin vuorisuolan sijaan Eco-Melter materiaaleja alueurakan liukkaudentorjunnassa sekä talvi-että kesäpölynsidonnassa. Tilaajan ilmoittamat kustannukset eivät ole kuitenkaan saaneet vaikuttaa tarvittavaan laatuun kaduilla, mutta kuitenkin heti ilmeni tarve aloittaa talouden optimointiselvitys.

Biohajoavien materiaalien käyttökokeilu Lahden kaupungin alueen kaupunkialueurakoista alueurakan laajuudessa on ensimmäinen.

2 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA TYÖNRAJAUS

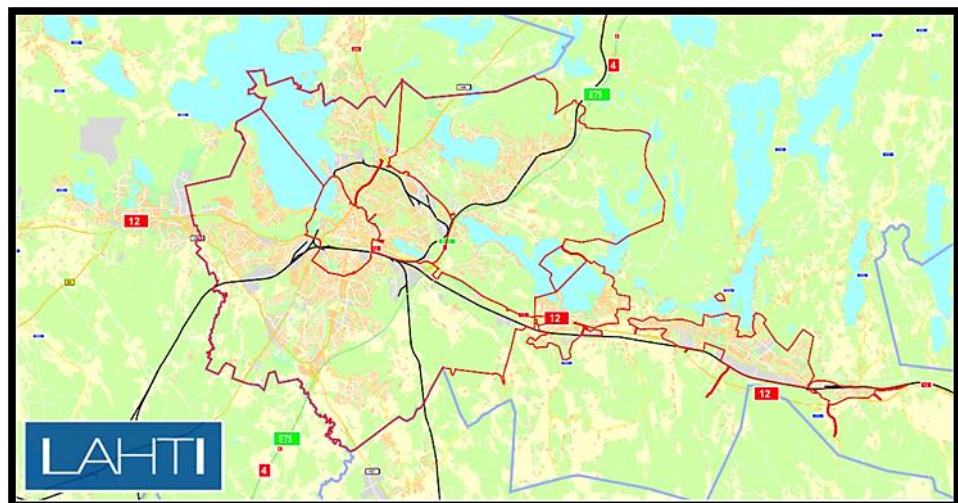
2.1 Tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tutkimus perustuu materiaalin optimikäytön toiminnalliseen ja taloudelliseen selvittämiseen erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa. Tutkimuskysymyksiä on yksi, jonka vastausta on tarkasteltu työssä erilaisin selvityksin sekä opinnäytetyön diskussiossaluvussa. Tämän työn tutkimuskysymys on:

1. Kuinka on mahdollista saada toiminnallisempaa ja taloudellisempaa toimintaa Eco-Melter-materiaalien käytön optimoinnilla?

2.2 Työnrajaus

Lahden kaupungin alueella on tällä hetkellä neljä kaupunkiurakkaa ja yksi ELY-keskuksen ylläpitämä alueurakka. Lahden keskustan hoidonjohtourakassa biohajoavia Eco-Melter-materiaaleja on aloitettu käyttää ensimmäisenä ainoana liukkaudentorjunta- ja pölynsidontamenetelmänä Lahden kaupungin ja ELY-keskuksen alueurakoissa syksystä 2017 alkaen. Tämän takia opinnäytetyö on rajattu alla olevan TYL V2 Lahden keskustan hoito -urakan 1.10.2017 julkaistun urakka-aluerajauksen mukaan. (Kuva 1.)



Kuva 1. Lahden kaupunkialueurakoiden kunnossapitoalueet kartalla (Lahden kaupunki 2019).

Opinnäytetyö rajoittuu ajanjaksolle 1.10.2017 - 9.12.2019.

Keveyen liikenteen väylän liukkaudentorjunta kokeilu CitiCAP väylällä Eco-Melter liuos- ja raemateriaaleilla ensisijaisesti ainoana liukkaudentorjunta materiaaleilla toteutettuna alkoi 2019 syksyllä, josta ei vielä ole laadittu taulukkoa käyttömääristä.

Biohajoavien materiaalien hankinnat ja niiden käyttö liukkaudentorjunnassa sekä talvi- ja kesäpölynsidonnessa on toteutettu ainoastaan Kemion Oy ja Tmi TRWays markkinoimilla Eco-Melter- tuotteilla.

Biohajoavien materiaalien toimintatutkimukset eri ajonopeuksissa rajoittuvat Lahden kaupungin keskusta-alueurakkaan kuuluvien katujen nopeusrajoitusten mukaan. Suurin ajonopeus urakka-alueella on 60 km/h.

Kunnossapitokaluston rajausta on tehty TYLV2 alueurakassa käytettäviin koneisiin ja laitteisiin.

3 TYÖN TAUSTOISTA JA TAVOITTEISTA

3.1 Toimeksianto opinnäytetyöhön

Opinnäytetyön toimeksianto materiaalien optimaaliseen ja taloudelliseen käyttöön selvitykseen on tullut TYL V2 Lahden keskustan alueurakan pääura-koitsijan edustajilta sekä biohajoavan materiaalin käytön selvitykseen yrityksiltä Kemion Oy ja Tmi TRWays. Materiaalin toimittajilla on tarvetta saada Eco-Melter-materiaalin käytöstä kokemuksia sekä pienoiskäsikirja eri materiaalien käyttöä varten erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa sekä koh-teissa Lahdessa. Tavoitteena on, että ohjeelliset materiaalien käyttömää-rät ovat käytettävissä Suomessa ja mahdollisesti ulkomailla olevien yhteis-työkumppaneiden käyttökohteissa.

3.2 Työn laatijan koulutuksesta ja asiantuntevuudesta

Opinnäytetyön laatijana olen valmistunut aiemmin liikennealan insinööriksi 2013 joulukuussa Riihimäen kampuksesta, jossa nykyisinkin suoritan YAMK-tutkintoa ja siihen liittyvää opinnäytetyötä.

Opinnäytetyön laatijana olen aloittanut työtehtävät nykyisen VRJ Etelä-Suomi Oy:n palveluksessa Lahdessa syyskuussa 2015 ennen alueurakan alkamista katutyönjohtajana ja myöhemmin 1.6.2016 alkaen työmaapäällikön työtehtävissä. Lisäksi olen tehnyt hankintavastaavan työtehtäviä 1.1.2018- 6.6.2019. Käytännön työkokemusta teiden talvi- ja kesähoidosta on yli 17 vuotta, ja olen ollut erilaisista työtehtävissä useassa nykyisen ELY-keskuksen alueurakoissa. ELY-keskuksen alueurakoissa on pidetty kunnossa hoitoluokitusten mukaisesti moottoriteitä ja muita erilaisia alemman tason tiestöjä sekä keveyen liikenteen väyliä. Aiemmissa alueurakoissa olen talvikaudella työskennellyt erilaisissa liukkaudentorjuntatehtävissä

vuorisuolan ja sen yhteydessä käytettyjen liuos- sekä teollisesti valmistettujen pölynsidontamateriaalien kanssa.

Nykyisin kokemusta on myös kaupunkialueurakasta, joka eroaa jonkin verran ELY:n ylläpitämistä alueurakoista. Työ on ollut mm. katujen, kevyen liikenteen väylien ja puistojen kunnossapitoa.

Aiemman työkokemuksen sekä kunnossapidon tulevaisuuden vuoksi on kiinnostavaa tutkia vuorisuolaa korvaavien materiaalien toimivuuksia. Tulevaisuuden trendi on Euroopan unioninkin määritysten mukaan biohajojavien materiaalien käytön laajeneminen, jota suunnitellaan ja toteutetaan ympäristövaikutusten sekä puhtaamman luonnon vuoksi Euroopan unionin alueilla Suomessa ja ulkomailla.

3.3 TYLV2 Lahden keskusta hoidonjohtourakka

Lahden keskusta hoidonjohtoalueurakka on 1/4:stä Lahden kaupunkialueurakoista. Alueurakka sijaitsee Lahden kaupungin ydinkeskustan alueella (kuva 1). Alueurakan kunnossapitoalueeseen kuuluu katuja, kevyen liikenteen väyliä, katualueilla ja puistoissa. Kunnossapidettäviä katuja on alueurakassa noin 92 km ja kevyen liikenteen väyliä noin 113 km. (TYL V2 2019, 49). Lahden keskustan katujen kunnossapito varsinkin talvikaudella hyvin haasteellinen Lahden vaihtelevien talviolosuhteiden sekä mäkisten maastojen vuoksi, joka aiheuttaa määrällisesti enemmän kunnossapito tarvetta urakka-alueella. Ajoneuvoliikennemäärät ovat kaupungin vilkkaimmilla kaduilla yli 31000 autoa vrk, josta tarkemmin kuvassa 15. (Saastamoinen, Onikki, Kerola, Onikki, 2010, 36)

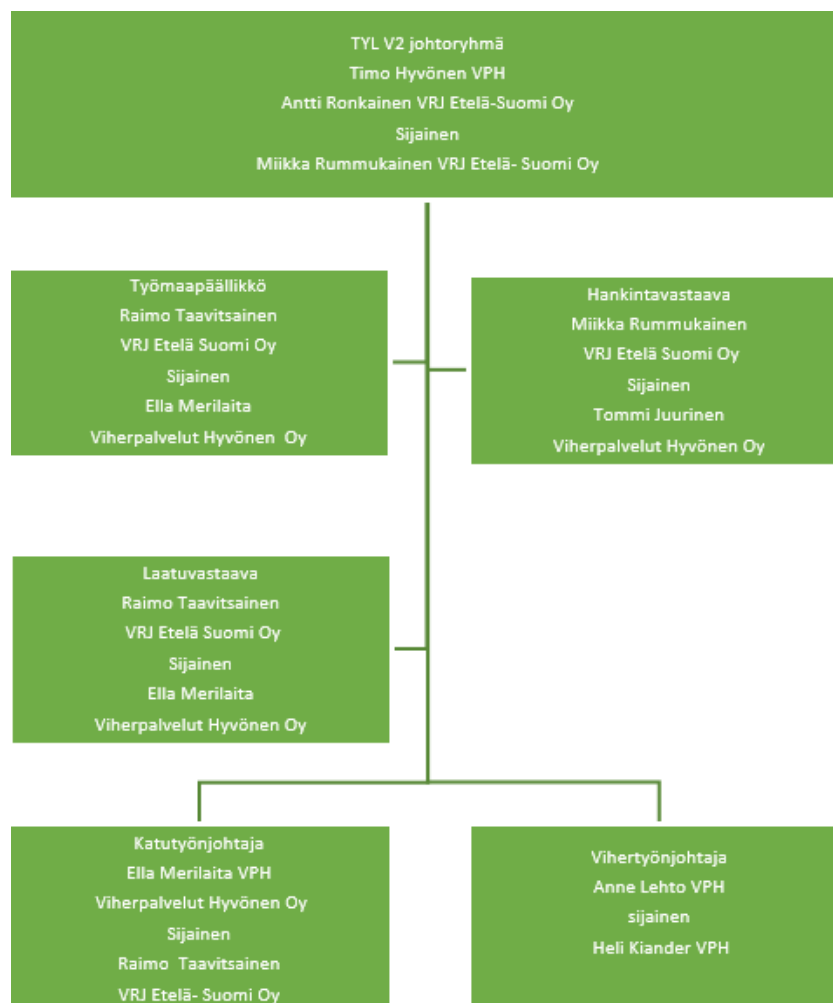
3.3.1 Pääurakoitsijat

Lahden kaupungin keskustan hoidonjohto alueurakkaa varten on perustettu kahden eri yrityksen koalitio (TYL V2), jossa pääurakoitsijana VRJ Group Oy:n tytäryhtiö VRJ Etelä-Suomi Oy ja Viherpalvelut Hyvönen Oy. (kuva 2.) Molemmat yritykset ovat olleet yhteistyössä jo urakkatarjouksien valmisteluvaiheesta saakka sekä alueurakan sopimuksellisen toiminnan alkamisesta alkaen 50 % mukana kumpikin osapuoli 1.10.2015-30.9.2020 välisenä aikana. Pääurakoitsijoiden lisäksi TYL V2 alueurakan toiminnassa on mukana aliurakoitsijoita erilaisissa tarvittavissa toiminnoissa nykyisin noin 30 kpl, jotka kilpailutettu alueurakassa tarvittaviin työtehtäviin kesä- ja talvikunnossapidossa.



Kuva 2. Lahden keskusta alueurakan pääurakoitsijat TYL V2.

TYL V2 Lahden keskusta hoidonjohtourakan organisaatiokaavio alueurakasta on alla olevassa kuvassa. (kuva 3.)



Kuva 3. TYL V2 alueurakan organisaatio kaavio (TYL V2 2019, 7).

3.3.2 VRJ Group

VRJ Group Oy on oululaisten veljesten perustama yritys, jonka toiminta alkanut 1970- 1980 luvun taitteessa. (Järvenpää 2019) Yrityksellä toimintaa on nykyisin tällä hetkellä vain Suomessa, joissa yritystoiminnat on keskitynyt suurimpien kehittyvien kaupunkien kaupunkiympäristön rakentamiseen ja kunnossapitoon. VRJ Group Oy:n päätoimialat ovat mm. (VRJ Group, 2019)

- infrarakentaminen
- viher- ja ympäristörakentaminen
- katujen- ja kevyen liikenteen väylien sekä teiden kunnossapito
- silta- ja betonirakentaminen
- linja- ja toimitilasaneeraus
- asfaltointityöt
- maa-ainesmyynti.

VRJ Group Oy tytäryhtiöineen työllistänyt 2017 noin 390 henkilöä eripuolella suomea. (Kauppalehti 2019) VRJ Groupin tytäryhtiö VRJ Etelä- Suomi Oy on toisena pääurakoitsijana TYL V2 alueurakassa, jolla on 50 % osuus alueurakan toiminnoista Lahden keskusta hoidonjohtourakasta.

3.3.3 Viherpalvelut Hyvönen Oy

Viherpalvelut Hyvönen Oy on hollolalainen viheralan yritys, joka toimii viher- ja kunnossapidon alueurakoitsijana Päijät- Hämeessä, pääkaupunki-seudulla, Etelä- Savossa sekä Pirkanmaalla. Perheyrityksessä työskentelee reilut 60 työntekijää. Yrityksen päätoimialat ovat viheralueiden kunnossapito, viherrakentaminen, alueurakointi. Yritys toimii toisena pääurakoitsijana sekä samalla myös aliurakoitsijana osassa kilpailutetuista TYL V2 alueurakan työtehtävistä paikallisena yrityksenä. Yrityksellä on henkilöstöä ja kalustoa Lahden alueurakassa määrällisesti enemmän kuin VRJ Etelä-Suomi Oy:lla. (Hyvönen. T. 2019)

3.4 Eco-Melter materiaalien toimittajat

3.4.1 Kemion Oy

Lahden keskusta alueurakassa käytettävien Eco-Melter materiaalien toimittajana 2017 syksystä saakka on ollut Kemion Oy, joka on ylöjärveläinen kemianalan yritys ja sijaitsee nykyisin Ylöjärvellä. Kemion Oy on erikoistunut biohajoavien materiaalien tutkimiseen ja kehittämiseen mm. jäänsulatuksen, pölynsidonnan sekä korroosionsuojauksen alueilla. (Nissinen 2019) Biohajoavia liukkaudentorjuntatuotteita on käytetty jo pitkään lentokentillä, sillä niillä on selvästi kloridisuoloja alhaisempi korroosiovaikutus lentokoneiden materiaaleihin. Lentokentiltä saatujen onnistuneiden käyttökokemusten seurauksena Kemion Oy on aktiivisesti kehittänyt biohajoavia Eco-Melter -tuotteita myös lentokenttien ulkopuolisiin käyttökohteisiin.

Tärkeimpiä Eco-Melter -käyttökohteita ovat nykyisin seuraavat:

- tiet, kadut ja kevyen liikenteen väylät
- raiteet, vaihteet ja asema-alueet
- jalkapallo- ja golf-kentät
- tehdasalueet, kaivokset, satamat
- maneesit ja ratsastuskentät
- kauppakeskukset ja muut kiinteistöalueet.

Kemion Oy on yhdessä TRWaysin kanssa tehnyt aktiivista yhteistyötä Lahden kaupungin ja TYLV2 alueurakan kanssa ja antanut Eco-Melter-tuotteisiin liittyvää käyttökoulutusta. Nykyisinkin toteutamme hyvää yhteistyötä toiminnan kehittämistä alueurakassa mm. materiaalin käytön seurannalla ja -kehittämisellä, uusilla materiaalien käyttökokeilulla sekä myös opinnäytetyönkin valmistumiseen liittyvällä hyvällä ja toimintaa kehittäväällä yhteistyöllä.



Kuva 4. Eco-Melter materiaalien toimittajat Kemion Oy ja Tmi TRWays (Kemion 2018).

3.4.2 Tmi TRWays

TRWays on tamperelainen yritys, Kemionin Eco-Melter ja -Binder- tuotteiden jälleenmyyjä TYL V2 alueurakkaan. Tämä toiminimi on toiminut samalla asiantuntijana näiden tuotteiden käyttötekniikassa.

Yrityksen johtajalla Tapio Raukolalla on poikkeuksellisen pitkä ja monipuolinen kokemus erilaisista jäänsulatusaineista ja niiden käytöstä. Perehtyminen alkoi tiemestarin töissä ja jatkui tutkijana teiden talvihoidon kehittämisen parissa tiehallinnossa. Tehtävä sisälsi tiedonvaihtomatkoja Pohjoismaihin, Amerikkaan ja Japaniin. Biohajoavat aineet olivat jo silloin erityisen mielenkiinnon kohteena. Raukola toimi vuosien ajan myös amerikkalaisen TRB:n (Transportation Research Board) talvikunnossapitokomitean ensimmäisenä suomalaisjäsenenä. Monet konsultointitehtävät ulkomailla sisälsivät mm. toimimisen Pietarin kehätien kunnossapidon suomalais-venäläisessä suunnittelutiimissä. (Raukola 2019)

Raukola oli sihteerinä tielaitoksen työryhmässä, joka uudisti Talvihoidon menetelmäohjeen v. 1993. Menetelmäohjeen taulukoita ja suosituksia on edelleen käytössä. Ohjeen julkaisemisen aikoihin Suomessa aloitettiin laajassa mitassa myös ennakkosuolauskäytäntö sekä liuossuolaus. (Raukola 2019)

TRWays on toimittanut TYL V2:n sopimuskumppanina Eco-Melter ja -Binder tuotteita syksystä 2017 alkaen Lahden keskustan hoitourakkaan sekä osallistunut aktiivisesti sen koulutustapahtumiin ja avustanut tämän opinnäytetyön tekemisessä. Yritys on osallistunut alan kongressi- ja markkinointitapahtumiin Suomessa ja ulkomailla.

TRWaysin materiaalityötoimitukset tehdään kiinteässä yhteistyössä Kemionin kanssa. Ne ovat onnistuneet riittävän nopeasti sekä yllättävissä tilanteissa.

3.5 Tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tärkeimpänä tavoitteena on selvittää kuinka Euroopan unionin yhteiskunnalliset- ja Lahden kaupungin tavoitteet ovat toteutettavissa vuorisuolaa korvaavalla biohajoavilla materiaaleilla.

Työssä tuodaan esille monipuolisesti biohajoavien materiaalien toiminnallisuus talvi- ja kesäkunnossapidossa Lahden keskusta urakka-alueella, jossa vertaillaan biohajoaviin materiaalien toimivuuksia vuorisuolan sekä vastaavien materiaalien toimintavertailuna käytännössä.

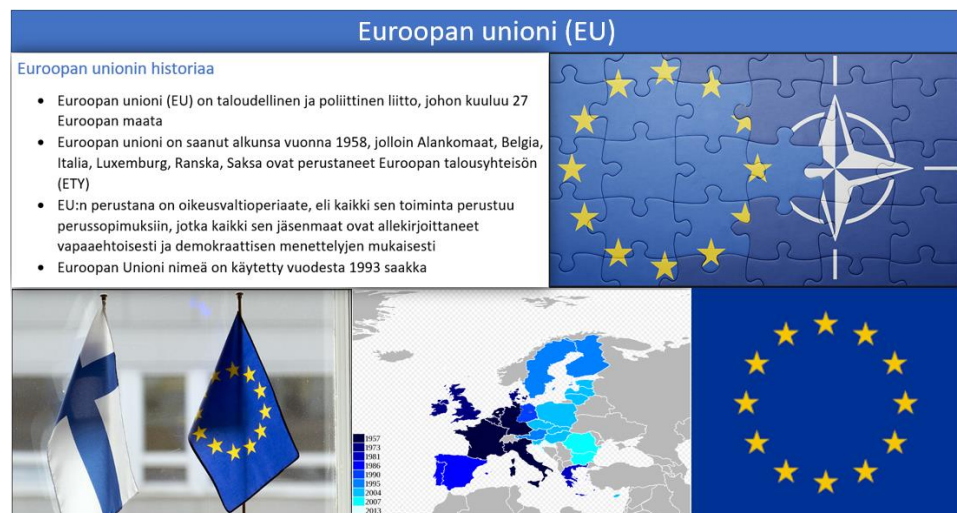
Alueurakan pääurakoitsijoiden ja materiaalien toimittajien kannalta on tärkeää selvittää TYL V2 alueurakassa biohajoavan materiaalin optimaalinen- ja taloudellinen käyttö talvi- ja kesäkunnossapidossa Lahden haastavissa olosuhteissa.

Opinnäytetyön tavoitteena tuoda esille sellaiset ohjeet, joilla mahdollista saada aikaan materiaalin käyttöön optimaaliset käyttömäärät erilaisissa tilanteissa. Samalla kuitenkin ylläpitää turvallinen liikkuminen kaupunkiympäristössä eri käyttökohteissa erityisesti kaupunkiliikenne huomioituna. Materiaalin korkeiden käyttökustannusten vuoksi opinnäytetyössä selvitetään biohajoavien materiaalien käyttö- ja valmistuskustannuksia, joita on mahdollista optimoida opinnäytetyössäkin tuotujen selvityksien avulla.

Opinnäytetyö tukee Lahden tulevaisuuden tavoitetta, jossa tavoitteena on saada Lahteen laajenemaan biohajoavan materiaalien käyttö tulevaisuudessa. Opinnäytetyönkin tulevaisuuden visiona on saada mahdollistettua biohajoavien materiaalien käyttöä kehittymään siten, että saadaan suolan käyttöä vähennettyä huomattavasti Lahden alueella. Lisäksi mahdollisesti myöhempänä ajankohtana olosuhteiden ja tarvittavien toimintojen kehityksessä kloridipitoisten materiaalien käyttö kokonaan pois käytöstä talvi- ja kesäkunnossapidossa.

Aiemmin mainittujen lisäksi materiaalien toimittajilla on tarve saada käsikirja Eco-Melter materiaalien käytöstä erilaisiin käyttötilanteisiin, jota voidaan ja mahdollista käyttää oppaana Suomessa ja ulkomailla talvi- ja kesäkunnossapidossa. Opinnäytetyössä on selvitetty yhteistyössä biohajoavien materiaalien käyttöä urakka-alueella eri käyttökohteissa, joista mahdollista toteuttaa pienoiskäsikirja materiaalien toimittajien tarvetta varten.

3.5.1 Euroopan unioni (EU) ja ympäristösuojelutavoitteet



Kuva 5. Euroopan unioni, historiaa, lippu ja jäsenmaat kartalla kuvattuna. (Wikipedia 2019)

Tärkeänä opinnäytetyön taustalla olevien tavoitteiden asettajana ja ohjaajana on Euroopan unioni, jossa jäsenmaiden yhteiset toimielimet ovat tehneet päätöksiä ympäristönsuojelusta, joka kuuluu yhtenä tärkeänä yhteisenä päätöksenä EU:n alueiden ympäristöpolitiikkaan.

Euroopan unionin seitsemännellä toimintaohjelmalla, joka koskee ympäristöä, ohjataan ympäristöpolitiikkaa vuoteen 2020 saakka ja sen lisäksi on laadittu visio vuoteen 2050 saakka mitä tavoitteita pitäisi saavuttaa siihen mennessä. (Euroopan Unioni 2018, 26)

Keskeisimmät toimintaohjelman tavoitteet ovat, suojella, säilyttää ja parantaa Euroopan unionin luonnonpääomaa. Tavoitteena on muuttaa Eu-

roopan unioni resurssitehokkaaksi, vihreäksi ja kilpailukyvyltään vähähii-
liseksi taloudeksi. Lisäksi tavoitteina on suojella Euroopan unionin kansa-
laisia ympäristöön liittyviltä paineilta sekä terveyteen ja hyvinvointiin koh-
distuvilta riskeiltä. (Euroopan Unioni 2018, 26)

Yksityiskohtaisemmin selvitettyinä EU:n tavoitteita ovat taata juomaveden
ja uimaveden turvallisuus, parantaa ilmanlaatua, vähentää melusaastetta
ja vähentää tai poistaa haitallisten kemikaalien vaikutuksia. (Euroopan
Unioni 2018, 26)

Lahti kaupunkina on toiminut esimerkillisesti, kun on aloittanut toteutta-
maan ympäristön suojelua biohajoavien materiaalien kokeilulla yllä olevia
EU:n päätöksiäkin tukevana toimintana.

3.5.2 Lahden kaupunki ja ympäristö

Lahden kaupunkiin on laadittu pitkän aikavälin ympäristöpoliittinen ympä-
ristöohjelma, joka on julkaistu kesäkuussa 2018. Ympäristöohjelman visi-
ossa on selvitetty päätavoitteet sekä ympäristön välitavoitteet vuosille
2021 ja 2030 sekä 2050 saakka. Ympäristöohjelman osa-alueiden pääta-
voitteista on selvitys alla olevassa taulukossa, jossa selvitetty tarkemmin
eri aikajaksoille tehdyt tavoitteet. (taulukko 1.) Päätavoitteiden osa-alu-
eista opinnäytetyöhönkin liittyen vedenkäytön ja luonnonvesien osalta ta-
voitetila on laadittu siten, että portaittain etenevien aikajaksojen suunni-
telmien mukaan 2050 ei enää ole pilaantuneita pohjavesiä Lahden alu-
eella. (Lahden ympäristöohjelma 2018, 5)

Taulukko 1. Lahden kaupungin ympäristöohjelman päätavoitteet (Lah-
den ympäristöohjelma 2018, 5).

Ympäristöohjelman päätavoitteet 2021, 2030 ja 2050			
Tavoitteet osa-alueittain 2021, 2030 ja 2050			
Osa-alueet	2021	2030	2050
Terveellinen, viihtyisä ja monimuotoinen ympäristö	Meluntorjunnan toimenpideohjelman toteutusaste on vähintään 40 %	Vähintään 8 % koko pinta-alasta on suojeltuja alueita	Kaupungin sini-viherrakenne on tärkeä hyvinvointitekijä ja matkailuvaltti
Energiantuotanto ja -kulutus	Uusiutuville tuotetaan vähintään 70 % kulutetusta energiasta	Kokonaispäästöt enintään 30 % vuoden 1990 tasosta	Päästötön energiantuotanto
Liikkuminen ja yhdyskuntarakenne	Vähintään 50 % alle 5 km:n matkoista tehdään pyöräillen tai kävellen	Paikallisiikenne kulkee sähköllä ja biokaasulla	Päästötön liikkuminen, jota tukee tiivis ja viihtyisä yhdyskuntarakenne
Kulutus ja materiaalikierrot	Kaupungin hankinnat ovat kaupunkiyhteisöä haastava esimerkki vastuullisuudesta	Yhdyskuntajätteen kierrätysaste on vähintään 90 %	Jätettä ei polteta eikä läjitetä kaatopaikalle
Ruoantuotanto ja -kulutus	Kaupungin peltoalueiden vuokrauksessa on etusija luomutuotannolla	Lahtelaiset syövät kestävästi ja eettisesti tuotettua, maukasta ja terveellistä lähiruokaa	Kulutus ja tuotanto eivät tuota kasvihuonekaasupäästöjä ja on globaalisti reilua
Veden käyttö ja luonnonvedet	Enonselkä on hyvässä ekologisessa tilassa	Kaikki alueen vesistöt ovat vähintään hyvässä ekologisessa tilassa	Pilaantuneita pohjavesialueita ei enää ole

Lahdessa yhtenä ympäristöohjelman päätavoitteiden osa-alueena on saada laaditun pitkän aikajakson suunnitelman mukaan veden käyttö, luonnonvedet ja siihen liittyvät pohjavedet suunnitelmallisesti puhdistu-
maan nykytilasta. Tulevaisuuden suunnitelmana siten, että pilaantuneita

pohjavesialueita ei enää ole Lahden kaupungin vision mukaan 2050 vuonna. Ympäristöohjelman tavoitteiden toteuttamista varten on laadittu pitkänajan välitavoitteiden aikataulutusta, miten tavoitteet suunnitelmallisesti toteutetaan. Ympäristöohjelman välitavoitteissa luonnonvesien ja pohjaveden tavoitteelliseen kehittämiseen on laadittu tarkempi toimenpide- ja tavoiteohjelma eri aikajaksoille 2030 saakka, jossa nykytilasta seuraava tavoite on asetettu vuoteen 2021. (taulukko 2.)

Lahden alueella nykyisen luokitellun huonon pohjaveden tilan sijaan tavoitteena on jo vuonna 2021 olla pohjavesien tavoitetaso hyvässä tilassa sekä turvattuna, josta alla olevassa taulukossa on tarkemmin selvitetty. Lahden tavoitteena on saada toteutettua alla olevan taulukon mukaankin tulevana toimenpiteinä vaihtoehtoisten liukkaudentorjunta materiaalien käyttö 2021 mennessä. Taulukossa välitavoitteissa oleva toimenpiteet-2021 liukkaudentorjuntaa vaihtoehtoisilla materiaaleilla vuorisuolan sijaan ainoastaan Lahden keskustan alueurakassa on alettu toteuttamaan urakka-alueellisesti, jonka toteutus alkoi syksystä 2017 alkaen.

Taulukko 2. Lahden kaupungin ympäristöohjelman välitavoitteiden toimenpiteet, tavoitteet ja mittarit 2030 saakka (Lahden ympäristöohjelma 2018, 19).

	Toimenpiteet-2021	Tavoitteet 2021	Toimenpiteet 2021-30	Tavoitteet 2030	Mittarit	
LUONNONVEDET	Keskustan hulevesien johtaminen Hennalaaan käsiteltäväksi luonnonmukaisiin menetelmin	Keskustan hulevesien ravinnekuorma Vesijärveen 40 % pienempi Enonselkä on hyvässä ekologisessa tilassa	Hulevesiä puhdistavat kosteikot osaksi kaupungin siniviherrakennetta	Kaikki vesistöt täyttävät vesiputedirektiivin vaatimukset; eli ovat vähintään hyvässä ekologisessa tilassa	Fosforikuorma Ravinnevalumat vesistöihin Hyvässä tilassa olevien pintala- ala/huonossa tilassa olevin	
	Kaavoihin hulevesisuunnitelmat Hulevesi-sopimuksen tulkinta ja toimenpiteet Tulvareittikarttoitus 3D hyväksikäyttämällä, paikkatieto virtausreitien osalta	Sadevesien (storm water) tulvamallit tehty koko kaupungin alueella Kaupungin hulevesiohjelmaa on päivitetty säännöllisesti		Ei hulevesitulvariskejä taajaan rakennetuilla alueilla	Ci-pitoisuus pohjavesissä Maantiesuolan käyttömäärät Järvien ekologinen tila Näkösivyyys eri järvillä	
		Katojen kulkuteiden avaamiselle on varattu resursseja		Vesistöjen kaikki katojen kulkuesteet on poistettu		
	Kaupungin omistamille pelloille tehdään riittävät suojavyöhykkeet ojien ja vesistöjen varsille	Kaupungin omistamilla pelloilla tuleva kuormitus vesistöihin on minimoitu	Selvitetään kaupungin mahdollisuudet rajoittaa yksityisiltä peltomailta tulevaa vesistökuormitusta			
	POHJAVESI					
	Kaukojäähdytyksen mahdollisuudet pohjavedestä selvitetään Kaavoituksella turvataan Liukkaudentorjunta toteutetaan vaihtoehtoisilla aineilla	Pohjavesien laatu nyt hyvässä tilassa olevilla alueilla on turvattu		Hyvä kemiallinen ja määrällinen tila		
	JÄRVET					
	Toimenpiteitä Kymijärvellä, esim. fosforinsaostus Kaupunki sitoutuu kokonaisvaltaisesti toteuttamaan Vesijärvi-ohjelmaa	Kymijärvellä veden kirkastuminen ja kasvillisuuden saaminen järvelle turvaamaan hyvän laadun säilymistä Kaikkien järvien ekologinen tila on määritelty		Kaikkien järvien ekologinen tila vähintään hyvä		

3.5.3 TYLV2 Lahden keskustan hoidonjohtourakka

Toiminnallisina tavoitteina on tarve saada Lahden alueurakassa talvi- ja kesäkunnossapidossa biohajoavien materiaalien mahdollisimman oikeat- ja optimaaliset käyttöohjeet tarvittavissa toiminnoissa nykyisin ja tulevaisuudessa. Lisäksi on ollut tarve laatia ohjeet siten, että mahdollisen materiaalin käytön laajeneminen eri käyttökohteissa huomioituna käyttöohjeita on

mahdollista käyttää muissakin yritysten eri alueurakoissa Suomessa ja tai ulkomailla. Biohajoavista Eco-Melter materiaaleista oli käytön alkaessa osalle alueurakan toimintaan käyttöohjeita, jotka ovat turvallisia, mutta osittain viitteellisiä ja joita oli tarve laatia paremmin toimintaan soveltuvaksi materiaalien levitysmäärien ja talouden osalta.

Varsinkin liukkaudentorjunnassa sekä talvi- ja kesäpölynsidonta materiaalien käyttömääriä on ollut tarve selvittää sekä kehittää materiaalien käyttöä toimintaan laajemmin soveltuvaksi. Opinnäytetyössä on tuotu myöhemmin esille Eco-Melter materiaalien käyttö erikohteissa sekä sää- ja ke- liolosuhteiden muuttuessa kattavasti eri tilanteisiin taulukoissa ja niihin liittyvissä selvityksissä.

Taloudellisena tavoitteena on tarve saada materiaalin käyttökustannukset TYL V2 alueurakassa optimaaliseksi alueurakassa käytettävissä olevien biohajoavien materiaalien osalta erilaisissa käyttökohteissa sekä -tilanteissa. Biohajoavien materiaalien hankinta- ja käyttökustannukset ovat huomattavasti suuremmat, kuin aiemmin käytetyllä vuorisuolalla tai vastaavilla kloridipitoisilla kunnossapitomateriaaleilla. Materiaalin korkeiden käyttökustannusten vuoksi opinnäytetyössä on tehty toimintaan liittyviä taloudellisuus vertailuja. Materiaalien käyttökustannuksia on mahdollista optimoida opinnäytetyössä tuotujen selvityksien avulla.

4 TEOREETTINEN VIITEKEHYS JA TUTKIMUSMENETELMÄT

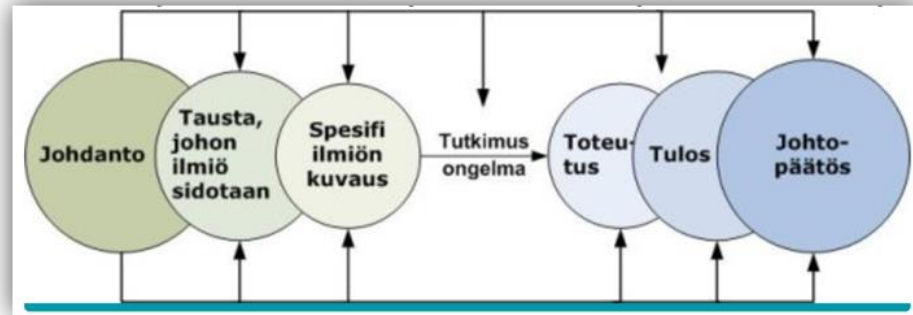
4.1 Teoreettinen viitekehys

Teoreettisen viitekehysten teorian rooli opinnäytetyössäni on aikaisemman teorian hyödyntämistä, yksityiskohtaisempaa teorian käsittelyä, aiemman teorian käyttämistä tutkimuksen tavoitteiden ohjaamisessa ja täsmentämisessä sekä osittain uuden suunnittelua.

Työssä on käytetty tutkintamenetelmänä empiiristä tutkimusmenetelmää, jossa on päätetty testata olemassa olevaa teoriaa sekä hyödyntää tehtyjä kokeellisia tutkimuksia. Tutkimuksen teoreettisen luonteen ja tavoitteiden mukaisesti tutkimuksen teoriaosuuden painopiste on tekstin sisällä, jossa ylläpidetään keskustelemaa suhdetta aineiston ja teoreettisen viitekehysten kanssa.

Teoreettisessa viitekehyksessä olen tavoitellut työssäni keskeisiä tekijöitä ja niiden välisiä suhteita. Teoreettinen viitekehys muodostuu materiaalien optimaalisen käytön toteuttamisesta, käytön kehittämisestä ja optimaalisen liiketoiminnan kannattavuuden selvittämisestä.

Alla kuvio teoreettisen viitekehysten kaaviosta ja sen johdonmukaisesta etenemisestä. (kuva 6.)



Kuva 6. Teoreettisen viitekehyksen toteutus kaaviona (Kamk 2019).

Tämän opinnäytetyön tutkimusaihetta tarkastellaan teoreettisen viitekehityksen näkökulmasta. Tavoitteena on selvittää, kuinka Euroopan unionin valtakunnalliset sekä yksityiskohtaisemmin Lahden kaupungin tulevaisuuden tavoitteet toteutuvat. Tavoitteena on selvittää tarkemmin biohajoavien materiaalien käytön kehittämistä toiminnallisesti ja taloudellisesti. Molempia on määritelty tavoitteina sekä tulevaisuuden visioina. Kumpaankin päätavoitteesta liittyy tärkeimpinä ympäristönsuojelu ja sen kehittäminen paremmaksi sekä ympäristönsuojeluun liittyvät toimenpiteet, joita aiemmin on selvitetty kohdissa 3.5.1 ja 3.5.2 sekä taulukoissa 1 ja 2.

4.1.1 Teoreettisen viitekehyksen sisältö

Opinnäytetyön teoreettisen viitekehityksen keskeisiä avainkäsitteitä ovat biohajoavat Eco-Melter-materiaalit, niiden käyttö talvi- ja kesäkäytössä erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa sekä niiden käytön taloudellisuuden optimointi. Eco-Melter materiaaleja käytetään useissa eri käyttötarkoituksessa ja -kohteessa joko yhdessä ja erikseen.

Eco-Melter biohajoavat materiaalit, jotka ovat natrium- ja kaliumformiaatipohjaisia muurahaishapon suoloja. Materiaaleina ne ovat suunniteltu ja valmistettu liukkaudentorjuntaan ja pölynsidontaan soveltuvina ja toimivina biohajoavina tuotteina vuorisuolan tilalle. Eco-Melter-materiaaleja on jo jonkin aikaa ollut käytössä, mutta niiden käyttökokemukset ovat huomattavasti vähäisemmät kuin vuorisuolalla. Tämän vuoksi tarvitaan käytön ja kustannusten osalta lisää ja laajempi määrä kunnossapitoon käyttöohjeita ja -kokemuksia. Biohajoavilla materiaaleilla on huomattavasti suuremmat hankinta- ja käyttökustannukset vuorisuolaan verrattuna.

4.1.2 Kirjallisuuskatsaus biohajoavista materiaaleista, käytöstä ja niiden taloudellisesta optimoinnista

Kaliumformiaatin käytöstä on olemassa tehtyjä tutkimuksia jo jonkin verran eri tahoilta. Aiemmissa tutkimuksissa on mm. selvitetty kaliumformi-

aatin toimivuuksia ja vaikutuksia liukkaudentorjunnassa sekä ympäristövaikutuksia jo pitemmällä aikajaksolla lentokenttä- ja tiekäytössä (liitteet 6,7). Alla luettelo eri tahoista, jotka mm. tehnyt tutkimuksia aiheesta.

- Ilmavoimat
- Väylävirasto
- Liikennevirasto
- Tiehallinto
- Suomen ympäristökeskus
- Kemion Oy.

Kaliumformiaatti on havaittu parhaaksi vaihtoehtoisena liukkaudentorjuntakemikaalina. Kirjallisuusselvityksen perusteella aiempien tutkimusten lisäksi on tarve saada tietää tulevaisuudessa kaliumformiaatin liukkaudentorjuntamateriaali käytöstä vielä enemmän sen käytännöistä, ratkaisuksista sekä osaamisesta kuinka materiaaleja voidaan käyttää kustannustehokkaammin. (Syke 2019)

Natriumformiaatti on ollut liukkaudentorjunta käytössä aika lyhyen aikaa, ja sen vuoksi materiaalin käytöstä ei ole vielä paljon kokemuksia. Biohajoavien materiaalien monipuolisemman materiaalitarrjonnan vuoksi erilaisissa käyttötilanteissa on ollut tarve saada liukkaudentorjuntaan kaliumformiaattia tehokkaampi ja pitempikestoinen materiaali. Tässä tarkoituksessa natriumformiaattia on kokeiltu yhteiskäytössä, ja yhdessä toimivuuksista on jo kokemuksia, mutta tarve on saada lisää tietoa materiaalin liukkaudentorjunta- sekä rinnakkaiskäytöstä kaliumformiaatin kanssa erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa.

Kirjallisuuden mukaan molempia materiaalia on tutkittu siten, että ne ovat soveltuvia ja turvallisia materiaaleja käyttää liukkaudentorjunnassa sekä pölynsidonnassa niille määritetyissä ja soveltuvissa käyttökohteissa. Molempien materiaalien osalta kuitenkin tarvitaan lisää käyttökokemusta, raportointia sekä materiaalien korkeiden käyttökustannuksien vuoksi lisää taloudellisempaa käytön selvityksiä. (Syke 2019)

4.1.3 Tutkimusongelmat ja siihen liittyviä taustoja

Lahden kaupungin alueella on kohonneet pohjaveden kloridipitoisuudet tärkeillä pohjavesialueilla, minkä vuoksi on ollut tarve saada pitoisuuksia alenemaan mm. muuttamalla liukkaudentorjuntamateriaalien käyttöä biohajoaviksi materiaaleiksi. Kun Eco-Melter- liukkaudentorjuntamateriaalit otettiin käyttöön, niiden käyttömääristä sekä kustannuksista ei ollut riittäviä ja optimaalisia ohjeita, joilla toimintaa alueurakassa toteutetaan. Kun materiaalien levitysmäärät ovat suuremmat kuin käyttötarve ja kannattavuus käyttää, niin kustannukset kasvavat tarpeettomasti materiaalikustannusten ollessa ostohinnoiltaan korkeat. Materiaalien hankinta- sekä käyttökustannuksia halutaan saada optimoitua alueurakan toiminnassa. Tässä opinnäytetyössä selvitetään materiaalin taloudellisempaa käyttöä.

Kemion Oy on yrityksenä tutkinut biohajoavia materiaalien toimivuuksia eri käyttökohteissa ja -olosuhteissa ja tuonut Suomeen sekä osittain valmistanut itse Eco-Melter-materiaaleja erilaisiin käyttötarkoituksiin. Kemion Oy on tehnyt käyttöohjeita, jotka on laadittu yhteiskäyttöön erilaisille käyttäjille kuten ammatti- ja amatöörikäyttöön. Materiaalien käyttöohjeet ovat määriltään turvallisia, mutta käyttömäärät ovat suuria, viitteellisiä, osittain vaillinaisia. Joihinkin käyttökohteisiin alueurakassa ei ole ollut ohjeita lainkaan tarvittavaan. Tämän vuoksi TYL V2 -alueurakassa on haluttu lähteä selvittämään materiaalien käyttökohteet ja käyttömäärien optimikäyttöä sekä niihin liittyvää taloudellista optimointia.

Eco-Melter-materiaalien käytöstä ja niiden toiminnasta ei ollut aiemmin kokemusta ennen käyttötoiminnan aloittamista. Nykyisin on ainakin kahden talvi- ja kesäkauden kokemus takana alueellisesta käytöstä urakka-alueella melko haasteellisissa olosuhteissa, ja nyt on saatu käytännön kokemusta materiaalien eri toimivuuksista.

4.1.4 Hypoteesi

Opinnäytetyön hypoteesina on Eco-Melter-materiaalien käytön toiminnallisuus ja taloudellinen kannattavuus kehittyvät jo työn valmistumisen aikana sekä opinnäytetyön valmistuessa. Toiminnallisuuden ja taloudellisuuden osalta opinnäytetyössä selvitetään, että toimintaa on mahdollista optimoida kustannuksien osalta.

4.2 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyöhön olen valinnut soveltuvana tutkimusmenetelmänä empiirisen tutkimusmenetelmän. Empiirisessä tutkimusmenetelmässä tutkimustulokset saadaan tekemällä konkreettisia havaintoja tutkimuskohteista sekä asioista, joita analysoidaan ja mitataan. (Jyväskylän yliopisto, 2019) Kuvan mukaisesti empiirisessä konkreettinen ja koottu aineisto on lähtöasetelmana kuvan keskiössä, ja ne ovat tutkimuksen tekemisen lähtökohtana (kuva 7.)



Kuva 8. Empiirisen tutkimusväylien toteutus jaettuna kvantitatiiviseen ja kvalitatiivisiin tutkimusmenetelmiin (Heikkilä 2014, 6).

5 TALVI- JA KESÄKUNNOSSAPIDON TAUSTOJA LAHDESSA

5.1 Lahden kaupungin katujen kunnossapito

Lahden keskustan alueelle on perustettu 2015 syksystä alkaen viimeisimmän kilpailutuksen vuoksi keskustakaupunkialueurakka, jossa kunnossapittäjänä on työyhteisöliittymä TYL V2 Lahden keskusta -hoidonjohtourakassa vuoden 2020 syyskuun loppuun saakka. Alueurakka sijaitsee Lahden kaupungin ydinkeskustan alueella (kuva 1.) Katualueen kunnossapitoon kuuluu mm. katuja, kevyen liikenteen väyliä, joissa jalkakäytävät ja pyörätiet ovat yhdessä ja erikseen katualueilla. Alueurakassa kunnossapidettäviä katuja on nykyisin noin 92 km. (TYL V2 2019, 49).

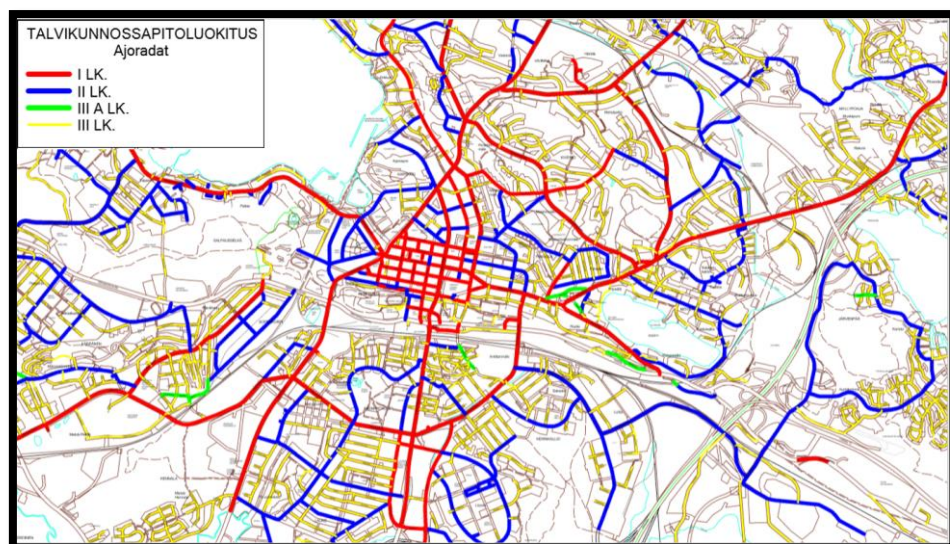
Eco-Melter-materiaaleja käytetään kunnossapidossa keskusta-alueen tärkeimmillä kaduilla, joissa on tarve tehdä erilaisia kunnossapitotoimenpiteitä mm. suurien liikennemäärien, mäkien, risteyksien ja mutkien vuoksi. Eco-Melter-materiaalien biohajoavuuden vuoksi levitysaluetta on mahdollista lisätä vuorisuolan sijaan, koska haittavaikutukset ovat paljon vähäisemmät kloridipitoisiin materiaaleihin verrattuna.

Lahden keskustan katujen kunnossapito on hyvin haasteellista alueurakan ja kiinteistöjen sekä yksityistonttien kunnossapidolle mäkisten maasto-

olosuhteiden vuoksi, mikä aiheuttaa määrällisesti enemmän kunnossapito- tarvetta urakka-alueella. Lisäksi kunnossapidon vaativuutta lisäävät huomattavat liikennemäärät kaupungin kaduilla: nykyisin vilkkaimmilla kaduilla kulkee yli 31 000 ajoneuvoa/vrk. (kuva 15.) Varsinkin talvella monet kadut vaativat erityistä kunnossapitoa ja sen osaamista erilaisissa sääolosuhteissa mm. joukkoliikenteen vuoksi, joiden vakioreitit ovat osittain todelta kaltevilla mäkisillä kaduilla.

Lahden kaupungin kadut on jaettu Lahden alueella kolmeen kiireellisyysluokkaan liikenteen määrän, laadun ja tarpeen mukaan sekä maastolliset seikat huomioiden. Kaduista I- ja II- luokan kadut ovat pääväyliä, jossa on linja-autoliikennettä ja runsasta työmatkaliikennettä. III-luokan kadut ovat pientaloalueiden katuja. Lahden kaupungin kaikkien katujen ajoradoista kuuluu 30 % I-luokkaan, 28 % II-luokkaan ja 42 % III- luokkaan. (Lahden kaupunki 2019).

Alla on kuvattu Lahden kaupungin katujen kesä – talvikunnossapito luokitukset. (kuva 9.)



Kuva 9. Lahden kaupungin alueen katujen talvikunnossapitoluokitus (Lahden kaupunki 2019).

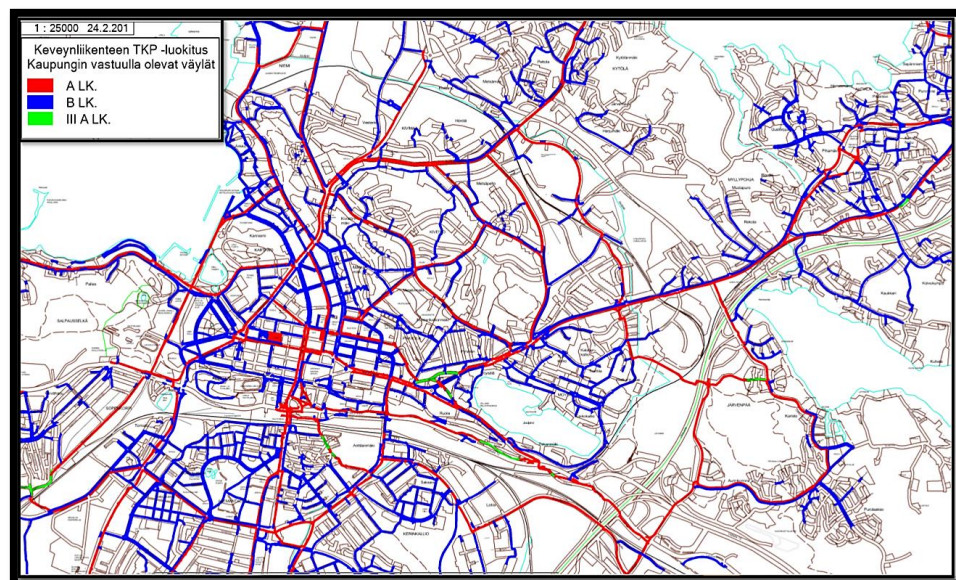
5.2 Lahden kaupungin kevyen liikenteen väylien kunnossapito

Lahdessa kaupungin kevyen liikenteen väylien kunnossapitoon kuuluu yhdistetyt jalankulku- ja pyörätiet sekä omakoti- ja rivitalojen kohdalla olevat erilliset jalkakäytävät. Kaupunki hoitaa kaikki yhdistetyt jalankulku- ja pyörätiet, samoin omakoti- ja rivitalojen kohdalla olevat erilliset jalkakäytävät, muiden jalkakäytävien hoidosta vastaavat kiinteistöt. (Lahden kaupunki 2019) Lahden keskusta -alueurakassa kunnossapidettäviä kevyen liikenteen väyliä on noin 113 km (TYL V2, 49). Lahden kaupungin ja TYL V2-

urakka-alueella kevyen liikenteen väylien kunnossapito on luokiteltu kii-reellisyydeltään A- ja B- luokkaan sekä A+ luokkaan 1.10.2019 alkaen. Ke-vyen liikenteen väylät A+ ja A- luokassa ovat pääteiden tai katujen varsilla olevia vilkkaimpia jalankulun ja pyöräilyn väyliä, joita käytetään esimerkiksi työmatkapyöräilyyn. B-luokan kevyenliikenteen väylät ovat asuntokatujen varsilla olevia jalankulku- ja pyöräilyreittejä.

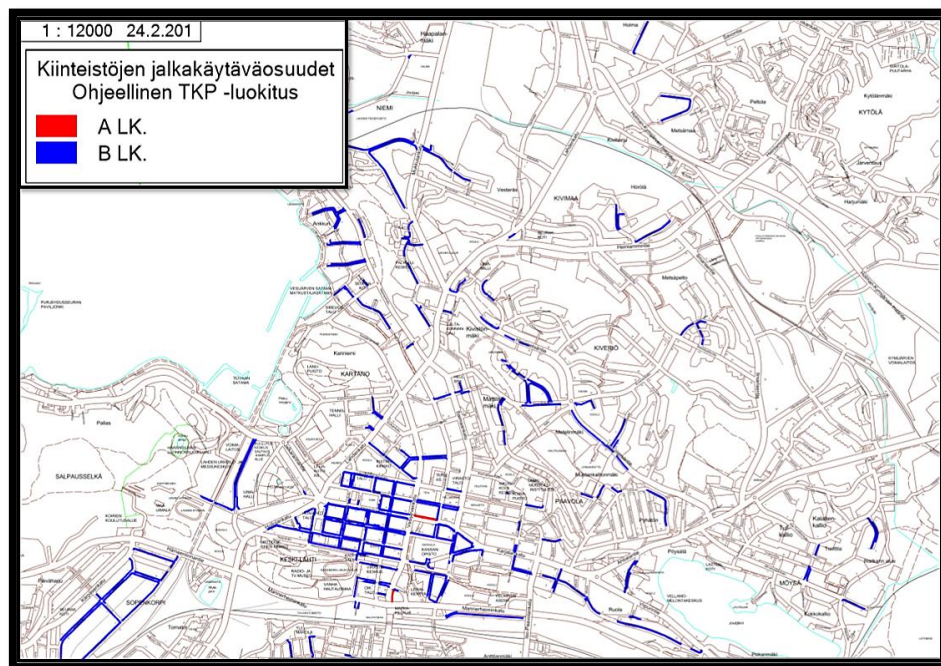
Syksyllä 2019 on aloitettu lumenauraus- ja harjauskokeilu CitiCAP-äly-käspyöräreitillä, jossa kunnossapitoluokka on A+. Lahden kaupungilla on pyöräilyreitin kunnossapidon tavoitteena pitää A-luokkaa parempaa laatu-tasoa, minkä vuoksi kunnossapitotoimintoja on muutettu siihen soveltu-vaksi.

Alla on kuva Lahden kaupungin kevyen liikenteen väylien luokituksesta (Lahden kaupunki 2019.)



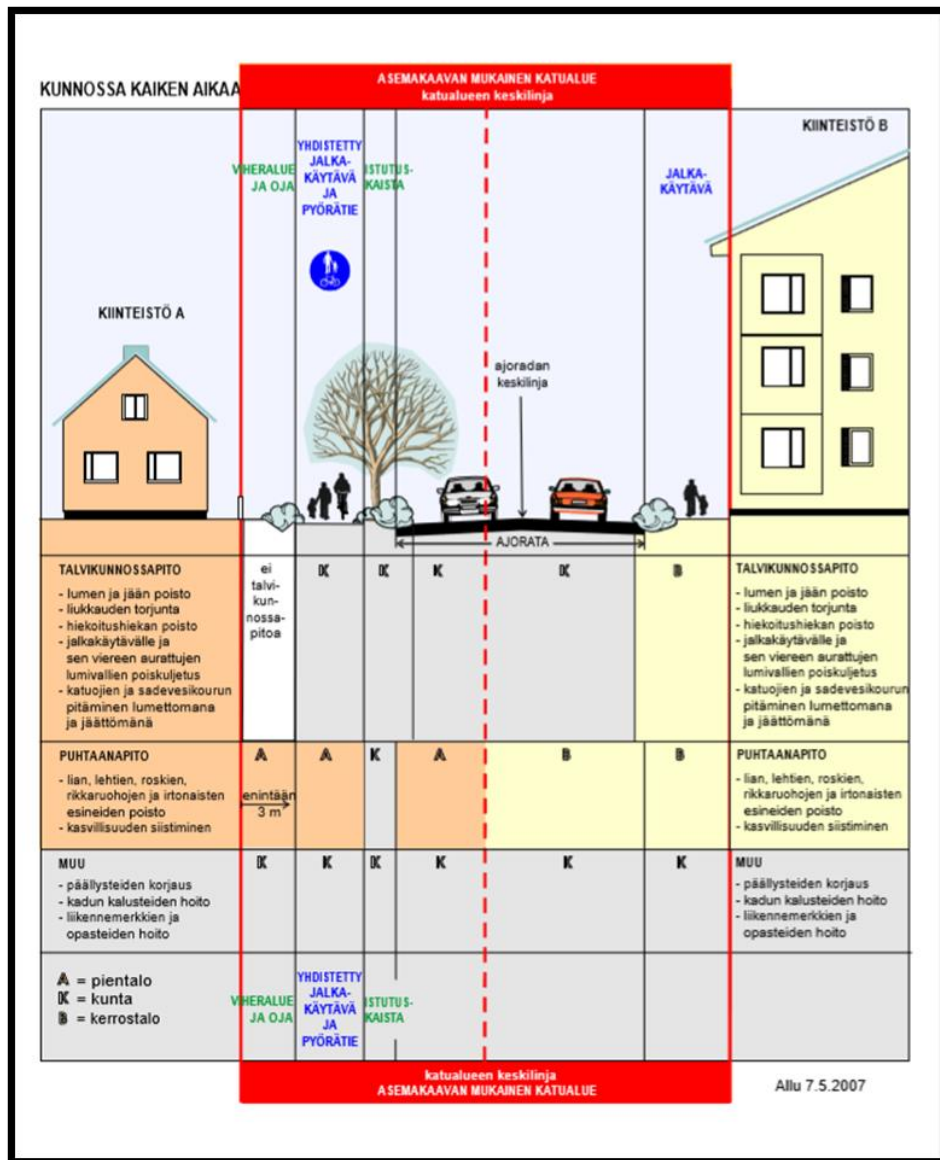
Kuva 10. Lahden kaupungin kevyen liikenteen väylien talvikunnossapito-luokitusta (Lahden kaupunki 2019).

Lahden kaupungin alueella kesä- ja talvikunnossapitoa toteuttavat myös kiinteistöt sekä niiden kiinteistöhoitoyritykset samaan tai eriaikaisesti kau-punkialueurakan kanssa. Alla on kuvattuna kartalla kiinteistöjen jalkakäy-tävien kunnossapitoa ja niiden luokitusta Lahden kaupungin alueella. (kuva 11.)



Kuva 11. Kiinteistöjen jalkakäytävä osuudet sekä talvikunnossapito luokitukset (Lahden kaupunki 2019.).

Kaupungeissa ja kunnissa on myös kiinteistöille määritetty erilaisia kunnossapitovelvoitteita katujen kunnossa- ja puhtaanapitolain mukaan kaupungin katualueilla talvi- ja kesäkunnossapidossa. Alla olevassa kuvasta selviää, miten Lahdessa kesä- ja talvikunnossapito on jaettu asemakaavan mukaisella katualueella kiinteistön ja kaupungin kanssa sekä kuinka työnjako toteutettu. (Kuva 12.)



Kuva 12. Kiinteistöjen ja kunnan työnjako kunnossapidossa kunnossapitolain mukaan (Lahden kaupunki 2019).

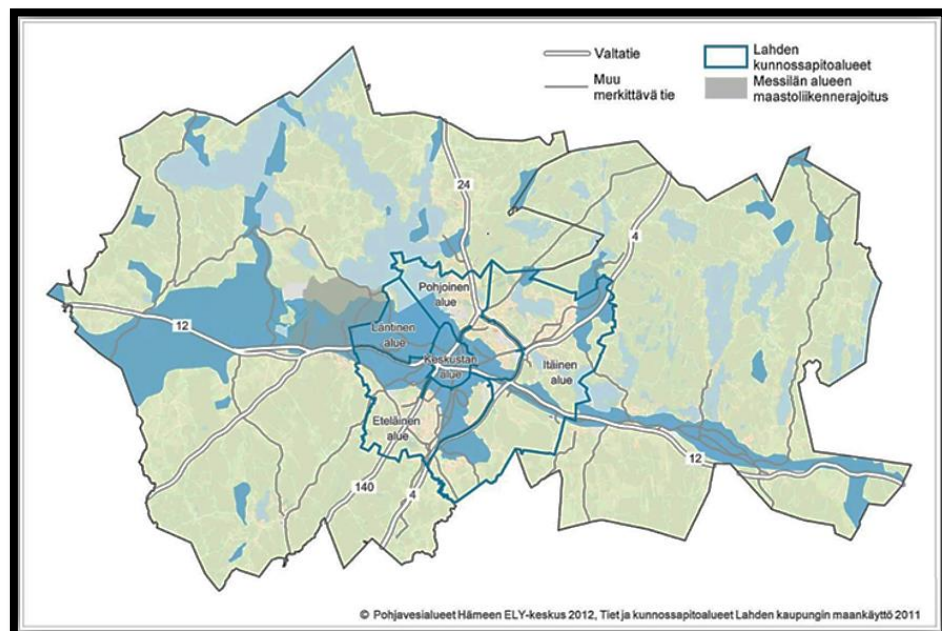
5.3 Salpauselän- ja Lahden pohjavesialueet

Lahden Kaupunki sijaitsee Salpausselän tuntumassa, jossa kolmesta Salpausselkien reunamuodostumista kaksi sijaitsee Lahden alueella. Salpausselän I reunamuodostuma, joka kulkee kaupungin lävitse ja salpausselän II reunamuodostuma, joka kulkee kaupungin pohjoisrajaa pitkin. Nämä alueet ovat Suomen suurimpiin pohjavesialueisiin kuuluvia alueita, josta tarkemmin selvitystä alla olevassa kuvassa. (kuva 13.) Lahden kaupungin asutuksesta valtaosa on keskittynyt Salpausselän reunamuodostuman yhteyteen ja lähialueille sen hyvän rakennusperustan vuoksi (Lahden museo 2019).



Kuva 13. Salpausselän reunamuodostumat kuvattuna kartalla (Palmu.J & Saarnisto.M 2015, 2).

Pohjavesialueista Hollola-Lahti- Nastola välillä sijaitseva pohjavesialue on alueena kooltaan suuri, kuten alla olevassa kuvassa näkyy (kuva 14.). Lahden kaupungin pohjavesialueet on luokiteltu suurimmaksi osaksi tärkeisiin pohjavesialueisiin, jotka ovat luokitukseltaan I-luokkaan kuuluvia alueita.



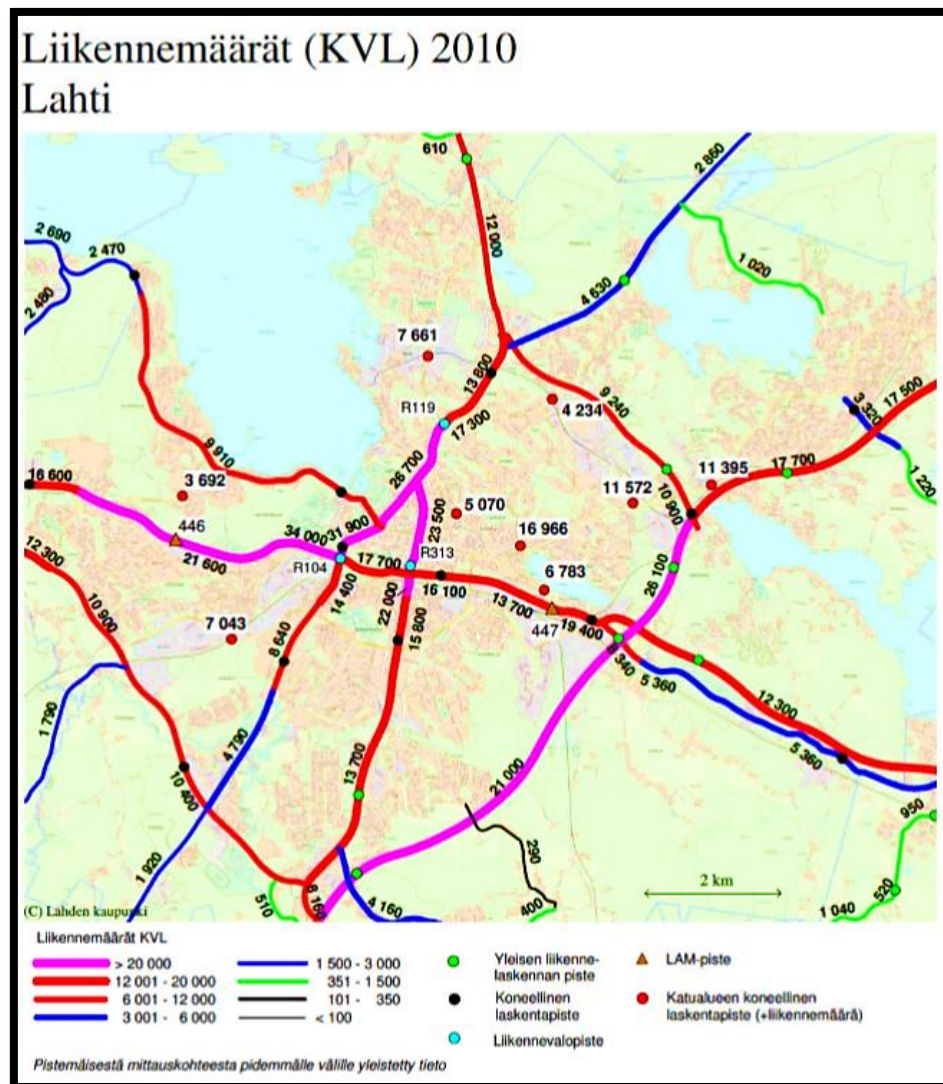
Kuva 14. Lahden pohjavesi- ja kunnossapitoalueet. (Mäyränpää 2012, 36).

Lahden kaupungin keskusta sijoittuu suurelta osin tärkeälle pohjavesialueelle, jossa pohjaveden pilaantumisen kuormittavia tekijöinä ovat mm. läpiajoliikenne ja kaupungin paikallisliikenne melko suurilla liikennemäärillä sekä kunnossapidosta aiheutuvat haittavaikutukset.

Aiemmin tehtyjen selvitysten mukaan Lahden pohjavesialueiden suurimpia haitallisia kuormittajia on teiden- ja katujen kunnossapito ja niistä tulleet kloridipitoisuuksien ylitykset, josta myöhemmin selvitystä taulukoissa 4 ja 5.

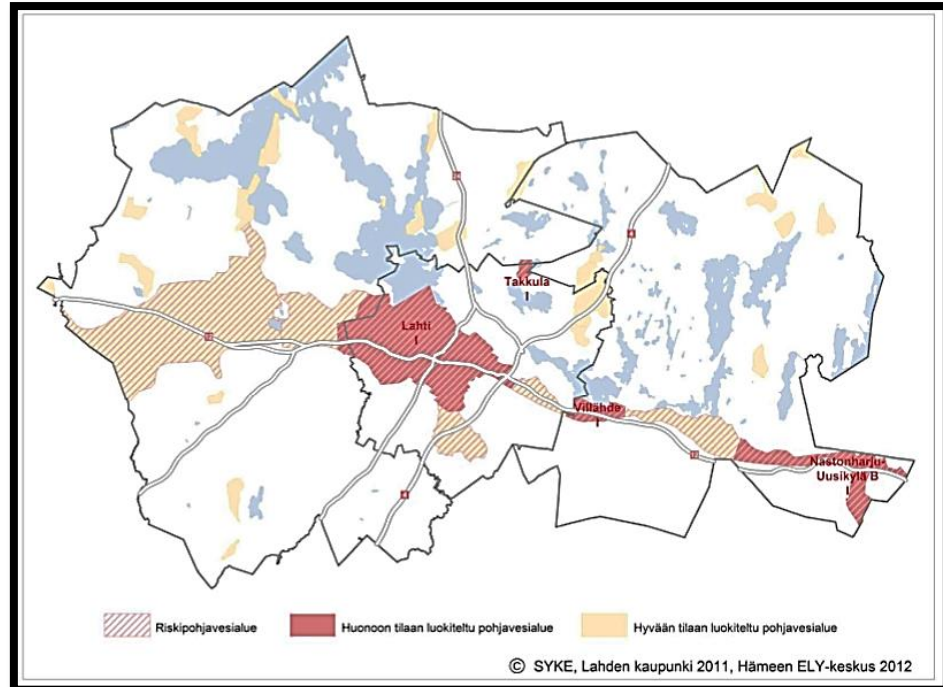
Nykyisin vielä Lahden kaupungin suurimpia ympäristön kuormittajia on Lahden kaupungin halki kulkeva VT 12 -valtatie, jossa käytetään liukkauden torjunnassa määrällisesti runsaasti kloridipitoista vuorisuolaa.

Alla kuvattu Lahden kaupungin liikenteen keskimääräiset liikennemäärät Lahden keskustan pohjavesialueella vuonna 2010. (kuva 15.)



Kuva 15. Lahden liikennemäärät (KVL) 2010 (Saastamoinen, Onikki, Kerola, Onikki, Kiiskilä 2010, 36).

Pohjavesialueista on laadittu Lahden ja sen lähialueen riskipohjavesialueet kartta, joka on tehty Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) selvittämänä. Alla olevassa kuvassa on tarkemmin selvitetty Lahden ja sen lähialueiden riskipohjavesialueet sekä hyvään ja huonoon tilaan luokitellut pohjavesialueet (kuva 16.).



Kuva 16. Kuvassa riski- sekä luokitellut pohjavesialueet kartalla (Mäyränpää 2012, 24).

Lahden alueen pohjavesialueista on tehty selvitystä yksityiskohtaisemmin, josta tarkemmin alla olevassa taulukossa 3. (Mäyränpää 2012, 18) Taulukossa on selvitetty mm.

- Lahden eri pohjavesialueita ja niiden luokittelu
- pohjavesialueiden pinta-ala ja muodostumisalue
- pohjavesien antoisuus
- veden laadun tila
- muita tärkeitä huomioita.

Taulukko 3. Lahden pohjavesialueet ja luokittelu, pinta-alat, antoisuus ja pohjavedentila (Mäyräpää 2012, 18).

Pohjavesialue	Pohjavesialue, km ² (muodostumis- alue, km ²)	Antoisuus m ³ /d	Veden laatu	Muuta
LAHTI				
1. Luokan pohjavesialueet				
Lahti (0439801)	40,36 (19,95)	30000	Luokiteltu huonoon tilaan. Osassa pohjavesialuetta on todettu talousvesirajan ylittäviä pitoisuuksia muun muassa torjunta-aineita, liuottimia sekä polttoaineissa käytettäviä lisäaineita.	Jalkarannan, Riihelän, Kärpäsen, Launeen, Felix Abba Oy Ab:n ja Polttimo Oy:n vedenottamot. Urheilukeskuksen vedenottamo on suljettu toistaiseksi pois käytöstä. Launeella vettä ei ole pumpattu talousvesiverkkoon vuoden 2000 jälkeen. Riskipohjavesialue.
Kolava (0439805)	3,05 (2,18)	1200	Luokiteltu hyvään tilaan. Todettu kohonneita torjunta-ainepitoisuuksia.	Riskipohjavesialue.
Kunnas (0439851)	6,29 (3,64)	1200	Luokiteltu hyvään tilaan	Kunnaksen vedenottamo.
Renkomäki (0439802)	6,19 (3,45)	2500	Luokiteltu hyvään tilaan. Kohonneita sulfaattipitoisuuksia.	Renkomäen vedenottamo. Riskipohjavesialue
Takkula (0439852)	0,85 (0,42)	160	Luokiteltu huonoon tilaan polttonesteiden lisäainepitoisuuksista johtuen. Rautapitoisuus ylittänyt ajoittain talousveden laatusuosituksen.	Riskipohjavesialue
2. luokan pohjavesialueet				
Koiskala (0439804)	0,76 (0,45)	220	Ei luokiteltu.	

Lahden alueella, niin kuin muuallakin Suomessa, pohjavettä käytetään talous- ja juomavesi käyttötarkoituksessa todella paljon. Sosiaali- ja terveysministeriö määrittänyt asetuksen, jonka mukaan kloridipitoisuus suositus talousvedelle pitoisuussuositus on alle 25 mg/l (Lindroos & Nysten 2015, 3). Lahdessa osa pohjavesialueiden pitoisuuksista on huomattavasti ylittänyt määritetystä suosituksesta. Lahdessa 2018 julkaistun Tie ja Liikenne -lehtiartikkelin mukaan mittauksen tulos Lahden keskusta-alueella vuonna 2018 on ollut 112 mg/l, joka ylittää huomattavasti kloridipitoisuudelle määritetyn pitoisuustason (Lastikka 2018, 17).

Lahden alueen pohjavesien haitallisia pitoisuuksia on tutkittu jo pitämällä aikajaksolla, josta liitteessä olevan raportin mukaan virallisia tuloksia on jo saatu ainakin 1967- 2013 väliseltä ajalta. Alla olevassa taulukossa 4. on selvitystä Lahden alueen pohjavesistä. (Liikennevirasto 2015, 97)

Taulukko 4. Lahden eri pohjavesialueista ja niiden tilasta selvitystä (Liikennevirasto 2015, 97).

Pohjavesialueiden tiedot											Liite 1 / 1 (2)	
Pääsijainti-kunta	Pohjavesialueen nimi	Pohjavesialueen tunnus	Pohjavesialueluokka	Geologinen tyyppi-muodostuma	Kokonaispinta-ala (km ²)	Muodostusalueen pinta-ala (km ²)	Imeytymiskerroin	Arvio muodostuvan pohjaveden määrästä (m ³ /vrtk)	Arvio keskimääräisestä vedenottoajastosten ja teollisuuden vedenotto määrästä (m ³ /vrtk)	Tien sijainti pohjavesialueella	Alueen kemiallinen tila (EU)	Pääasiallinen kemiallista tilaa heikentävä aine
Hanko	Hanko	0107801	I	IV	14,09	11,62	0,3	5000	800	Pitkittäinen	Huono	Oily, liuottimet
Hanko	Isolähde	0107803	I	IV	7,5	6,95	0,4	4000	2300	Pitkittäinen	Hyvä	
Hanko	Sandö-Grönvik	0107802	I	IV	17,44	13,88	0,4	7000	3800	Pitkittäinen	Huono	Mm. kloridi
Hausjärvi	Hausjärvi	0409802	I	I	10,68	8,63	0,8	6600	3440	Poikittäinen	Hyvä	
Hausjärvi	Somenvuori	0409851	I	I	2,21	1,11	0,6	1100	230	Pitkittäinen	Hyvä	
Hollola	Kukonkoku-Hatsina	0409851	I	IV	61,09	48,84	0,55	45000	9300	Poikittäinen	Hyvä	
Hollola	Salpakangas	0409852	I	IV	11,5	8,37	0,4	6500	5	Sivuva	Hyvä	
Hyvinkää	Hyvinkää	0110651	I	IV	29,06	19,23	0,45	11000	4000	Poikittäinen	Huono	Mm. kloridi
Hyvinkää	Noppo	0110653	I	IIA	6,07	2,61		4000		Pitkittäinen	Huono	Liuottimet
Hämeenkoski	Ilola-Kukkolanharju	0428351	I	I	8,03	5,1		7000	300	Sivuva	Hyvä	
Iitti	Tillola	0514202	I	IV	6,2	4,11	0,4	2500	190	Pitkittäinen	Hyvä	
Imatra	Vesioronkangas	0515351	I	IV	14,46	8,86	0,6	9000	4500	Poikittäinen	Hyvä	
Kouvola	Kaipainen	0575401	I	IV	4,59	3,39	0,4	2200	440	Pitkittäinen	Huono	Mm. kloridi
Kouvola	Tornionmäki	0528601	I	IV	6	4,62	0,4	3000	2300	Pitkittäinen	Huono	Mm. kloridi
Kouvola	Utti	0590906	I	IV	22,7	15,43		12800	29000	Pitkittäinen	Hyvä	
Kärkölä	Järvelä 1	0431601 B	I	IIA	1,94	0,94	0,6	1300	240	Sivuva	Hyvä	
Lahti	Kunnas	0439851	I	IIB	6,29	3,64	0,45	1200	850	Poikittäinen	Hyvä	
Lahti	Lahti	0439801	I	IV	40,36	19,95	0,5	30000	11200	Pitkittäinen	Huono	Mm. kloridi
Lahti	Renkomäki	0439802	I	I	6,19	3,45		2500	1430	Sivuva	Hyvä	
Lappeenranta	Joutsenonkangas A	0517351 A	I	IV	33,49	28,11	0,4	20000	2700	Pitkittäinen	Huono	Mm. kloridi
Lappeenranta	Tiurunieniemi	0517301	I	IV	14,72	10,9	0,5	8500	500	Poikittäinen	Hyvä	
Lappeenranta	Ukonhauta	0517302	I	IV	16,54	12,74	0,5	9000	3460	Pitkittäinen	Hyvä	
Lohja	Lohjanharju A	0142851 A	I	IV	8,65	4,74		3500	1300	Pitkittäinen	Hyvä	
Lohja	Lohjanharju B	0142851 B	I	IV	23,02	9,05		7500	3500	Pitkittäinen	Hyvä	
Luumäki	Kaunisranta	0544103	I	IV	0,54	0,38	0,4	250	135	Pitkittäinen	Hyvä	
Luumäki	Taavetti	0544101	I	IV	6,11	4,78	0,5	3900	240	Pitkittäinen	Hyvä	
Nastola	Villähde	0453251	I	IV	3,25	1,42	0,4	900	230	Pitkittäinen	Hyvä	
Nastola	Nastonharju-Uuskylä A	0453252 A	I	IV	8,4	6,2		4000	1450	Pitkittäinen	Hyvä	
Nastola	Nastonharju-Uuskylä B	0453252 B	I	IV	11,87	5,95		3800	550	Pitkittäinen	Huono	Mm. kloridi
Numijärvi	Kijava	0154352	I	IV	17,01	14,55	0,3	7000	1200	Pitkittäinen	Hyvä	

Lahdessa on tehty kaupungin alueella pohjavesien pitoisuuksien mittauksia useammassa eri havaintopisteessä. Suurimpia ylityksiä on tehty Lahden kaupungin eteläisellä alueella Renkomäessä. Vähän ylitse suosituspitoisuuden tai lähellä suosituksen ylärajaa on useampi mittauskohde, jotka sijaitsevat kaupungin keskustasta muutaman kilometrin päässä. Näitä kohteita on muun muassa Riihelässä ja Launeen alueella. (taulukko 5.) Launeen pohjavesialue on jo osittain keskustan urakka-alueellekin kuuluvaa aluetta.

Alla olevassa taulukossa on selvitetty yksityiskohtaisemmin Lahden alueelta eri havaintopaikkojen haitallisista pitoisuuksista useammasta kaupungin alueen havaintopisteestä. Niissä on selvitetty pohjaveden tilan tutkimustietoja pitemmän seurantajakson ajalta. Havaintopisteiden tuloksiin on taulukossa kuvattu nuolien suunnalla kloridipitoisuuden trendimuutos eri aikakausilla eri havaintokohteissa (Taulukko 5.).

Taulukko 5. Lahden pohjavesien havaintopisteistä yksityiskohtaisempaa selvitystä (Lindroos & Nysten 2015,101).

Havaintopisteiden tiedot						Liitteet 2/3(7) ja 2/4(7)			
Pohjavesialue	Havaintopiste	Havaintopisteen tyyppi	Muut mahdolliset CI-lähteet tiesuolan lisäksi	CI-trendi koko seuranta-jaksolla	Seurantajakso	Kloridipitoisuus (mg/l)			
						n	min	maks	ka
0431601 B	Järvelä 1								
	Järvelä A, HP11	Hp	A, Ma, K	↘	30.05.1990-18.5.2006	17	12	22	16,24
0439801	Lahti								
	Jalkaranta 111	Vo	A, T, PIMA	↗	1.1.1967-4.5.2009	60	6	44	11
	Jalkaranta (110 K)	K	A, T, PIMA	↘	12.2.1990-21.8.2007	41	10	20	14,05
	Jalkarannan vanhatie 113	Hp		↗	24.10.2000-4.5.2009	11	7,7	8,9	8,3
	Jalkaranta (114 K)	K	A, T, PIMA	↘	12.2.1990-8.4.2008	47	7,9	12	8,8
	Jalkaranta (119 K)	K	A, T, PIMA	→	12.2.1990-4.5.2009	47	5	24	8,1
	Kärpänen (161 K)	K	A, T, PIMA	↗	12.2.1990-17.4.2008	36	12	37	17,4
	Laune (132 K)	K	A, T, PIMA	↑	29.5.1990-6.5.2009	40	12	28	22,6
	Laune (133 K)	K	A, T, PIMA	↗	15.2.1990-24.1.2001	17	19	25	22,06
	Riihela (151 K)	K	A, T, PIMA	↗	12.2.1990-17.4.2008	47	10	20	14,1
	Riihela (152 K)	K	A, T, PIMA	↗	12.8.1997-17.4.2008	16	13	33	18,4
	Valtatie 12 alkuku	Hp		↑	12.5.1993-12.5.2009	15	20	41	29,4
	Riihela (159 Hp)	Hp	A, T, PIMA	↓	19.5.1995-3.8.2011	22	2,5	58	26,2
	Urheilukeskus (121 K)	K	A, T, PIMA	→	15.2.1990-12.5.2009	43	13	18	14,5
	Urheilukeskus (122 K)	K	A, T, PIMA	↗	15.2.1990-19.4.2005	44	14	26	15,8
0439802	Renkomäki								
	Renkomäki (143 K)	K	A, T, Ma	↑	22.2.1988-7.5.2009	47	5	12	7,7
	Renkomäki (144 K)	K	A, T, Ma	↑	19.2.1990-23.1.2007	36	5	18	12,1
	Renkomäki (145 Hp)	Hp	A, T, Ma	↓	22.10.1991-7.5.2009	32	5,9	130	51,5
	Renkomäki (146 Hp)	Hp	A, T, Ma	↓	1.7.1992-7.5.2009	31	4,1	38	21,5

6 TALVI- JA KESÄKUNNOSSAPIDON TOTEUTUS CASE TYL V2

6.1 Talvi- ja kesäkunnossapito TYL V2 alueurakassa

Lahdessa katujen ja kevyenliikenteen väylien talvi- ja kesäkunnossapito on jo alueurakan kilpailutusvaiheessa määriteltä, kuinka kunnossapito aiotaan toteuttaa tilaajan haluamalla tavalla, mm. turvallisesta liikkumisesta erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa on huolehdittava. Tilaaja on laatinut alueurakkaan tarkat ja yksityiskohtaiset laatumääritykset, jotka on selvitetty urakka-asiakirjoissa sekä tarkemmin erillisissä laatuvaatimuksissa. Käytännön työsuunnittelu ja toteutus ovat yleensä alueurakan pääurakoitsijoiden yritysten omaa suunnittelua ja toteutusta.

Alueurakkaan on valittu työnjohto, jonka valintaan on vaikuttanut tilaajan urakka-asiakirja määritykset koulutuksen ja työnjohdon tarpeellisuudesta. Talvikunnossapidon käytännön työtehtävien toteutusta tehdään työnjohdon ja päivystäjän ohjauksella erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa.

6.1.1 Työnjohdon ja päivystäjän toiminta

Lahden keskusta -alueurakassa toteutetaan jatkuvaa 24/7-ympäri vuoden päivystystä, joka on jaettu kunnossapidossa kahteen eri kauteen: talvikausi on 1.10. - 30.4 ja kesäkausi 1.5. - 30.9. Päivystystarve on talvikaudella enemmän sitova. Silloin on määrällisesti enemmän toimenpiteitä, ja usein on reagoitava nopeammin eritavoin sää- ja keliolosuhteiden muuttuessa kuin kesäaikana. Kesälläkin on päivystystarvetta, mutta silloin tulee esimerkiksi viranomaispyyntöjä ilkvallan tai ajoneuvon rikkoutumisen vuoksi

tai joitakin yksittäisiä sääolosuhteiden muutoksista johtuvia työtehtäviä. Päivystystoimintaa toteutetaan työnjohtopäivystyksenä, jossa viikon välein vaihdetaan vuoroja.

Päivystäjällä on käytössä mm. yleiseen käyttöön laaditut sekä erityisesti toimintaan suunnitellut Foreca Oy:n sääpalvelut, joita hyväksi käyttäen on mahdollista suunnitella ennakoivasti tai sen hetken sää- ja keliolosuhteisiin tarvittavia työtehtäviä. Nykyisin sääennusteet ovat niin hyvin tehtyjä, että niiden avulla voidaan toimintaa suunnitella ennakoivasti ottamalla huomioon mm. sateiden ajankohdan, alueiden, sademäärien, lämpötilojen muutokset.

6.1.2 Sääseuranta ja kelinhallinta

Suomessa sää- ja keliolosuhteet muuttuvat paljon eri vuodenajan mukaan. Suurin vaikuttaja on aurinko ja sen säteily eri vuodenaikoina. Säätilalla tarkoitetaan ilman ja ilmakehän tilaa jollakin tietyllä paikalla tiettyinä aikana. Säätilaa määrittävät tärkeimmät tekijät ovat:

- ilman lämpötila
- ilmankosteus
- tuuli
- pilvisuus
- sade.

Sään päivittäiset muutokset johtuvat erilaisten ilmassojen välisestä vuorovaikutuksesta. (Wikiwand 2019).

Säätilojen muutokset aiheuttavat kunnossapidossa erilaisia toimintoja eri vuodenaikoina. Sen vuoksi on tärkeä seurata sää- ja keliolosuhdemuutoksia sekä reagoida niihin tarvittavin toimenpitein tilanteen mukaan.

Keliolosuhteiden muutoksista kunnossapidon kannalta vaativimmat ovat yleensä loka - huhtikuu, kun lämpötila laskee pakkasen puolelle. Edellä mainittuina aikana mm. katujen- ja kevyen liikenteen väylien pinnoille muodostuu turvallista liikkumista ja kunnossapitoa haittaavia tekijöitä, mm.

- kuuraa
- pinnat jäätyvät
- niihin tulee lunta
- polannetta
- jäätä.

Keliolosuhdemuutoksiin voidaan vaikuttaa erilaisilla kunnossapitotoimenpiteillä ja esimerkiksi liukkaudentorjuntamateriaaleilla.

Kunnossapitoa varten Suomessa ja Ruotsissa erilaisista keleistä on laadittu keliluokitukset, joissa on määritetty kelikoodit (taulukko 6.) Alla olevassa-

taulukossa on tarkemmin selvitetty erilaiset keliluokat ja niihin liittyvät kelikoodit. Kelikoodeille on tehty keliolosuhteita vastaava kuvaselvitys, jossa koodia vastaanvalokuva (Kuva 17.).

Taulukko 6. Suomen ja Ruotsin keliluokkien yhdistäminen vertailukelpoiseksi (Sarjamo ja Malmivuo 2004, 32).

Yhdistetyt luokat	Keliluokat Ruotsissa	Kelikoodi Suomessa
<i>Paljas</i>	Kuiva Märkä	K1; Tie on paljas (kuiva, kostea tai märkä) koko ajokaistan osalta
<i>Ohut jää</i>	Ohut jää	K2; Paljaan näköisellä päällysteellä on liukkaita (ohut jää, kuura, huurre, liukkaita aiheuttava lumipöly jne.)
<i>Paksu jää ja lumipolanne</i>	Paksu jää ja lumipolanne	K3; Tiellä on polanteessa leveät paljaat urat, jotka peittävät yli puolet ajokaistan pinta-alasta K4; Polanteessa on kapeat paljaat urat, jotka peittävät alle puolet ajokaistan pinta-alasta K5; Koko ajokaista on tasaisen lumi- tai jääpolanteen peitossa K6; Koko ajokaista on epätasaisen tai urautuneen lumi- tai jääpolanteen peitossa
<i>Irtolumi, sohjo</i>	Irtolumi, sohjo	K7; Tiellä irtolunta valleina tai kauttaaltaan, haittaa liikennettä K8; Tiellä sohjoa valleina tai kauttaaltaan, haittaa liikennettä

Alla olevissa kuvissa on tarkemmin selvitetty taulukon 6. kelikoodien mukaiset keliolosuhteet valokuvilla selvitettyinä.



Kuva 17. Kelikoodien mukaiset keliolosuhteet valokuvilla selvitettyinä (Liikennevirasto 2016,16).

6.1.3 Säähavaintoasemia Lahdessa

TYLV2 urakka-alueelle Lahdenkadulle Kivistönmäkeen on marraskuussa 2018 asennettu Lahden kaupungin omistukseen Vaisala Oy:n uusi automaattinen tiesäähavaintoasema, joka on otettu käyttöön joulukuussa 2018. Sijainniltaan uusi säähavaintoasema on kaupungin keskustasta noin 2 km itään päin. Säähavaintoasemalta on mahdollista saada reaaliaikaista ja tulevaa ennustetta sekä tallennettua sää- ja keliolosuhderaportista 24/7 vrk.

Lahden eri alueurakoissa sääaseman toiminnan alkamisesta saakka on alettu hyödyntää säähavaintoaseman tuottamaa tietoa alueurakoiden kunnossapitotoiminnoissa. Sääasemalta saadaan nykyisin tietoa esim. Eco-Melter -materiaalien vaikutuksista ennen ja jälkeen levityksen, kuinka materiaali vaikuttaa pinta-antureissa.

Alla on kuva Kivistönmäen säähavaintoaseman sää- ja keliolosuhderaportista. (Kuva 18.)



Kuva 18. Kivistönmäen säähavaintoaseman raportti 16.12.2018 (Vaisala 2018).

Ilmatieteen laitoksella on havaintoasema Lahdessa, joka sijaitsee Sopenkorvessa. Sopenkorven havaintoasemista mahdollista saada:

- tulevia paikallissäähavaintoja
- lähituntien sade-ennuste
- ilman ja lämpötilan ennuste useamman vuorokauden ajalta
- takautuvasti erilaisia säätietoja ja havaintoja.

Lisäksi ELY:n ylläpitämillä tiestöillä on Lahden kaupungin läheisyydessä tiesääasemia, joista mahdollista saada erilaisia säähavaintoja keskusta alueurakan käyttöön.

6.1.4 Fluent-Kuntojärjestelmä

Fluent Kunto on tiedonkeruujärjestelmä, jota alueurakassa olevat henkilöt käyttävät. Tarvittavaa teknistä tiedonkeräystä tuotetaan järjestelmään esimerkiksi mobiililaitteilla tai tableteilla (Fluent Progress 2019). Näistä laitteista tallentuu Fluent Kunto -tiedonkeruujärjestelmään tietoja, jotka on alueurakassa tarvittavien toimintojen mukaisesti määritelty kunnossapitotoimintaan, esimerkiksi Eco-Melter -materiaalien käytön raportoinnista tilaajalle. Alueurakan työnjohdon lisäksi tilaajalla on mahdollisuus seurata kuntojärjestelmän reaaliaikaisia toimintoja sekä tallennettuja tietoja.



Kuva 19. Fluent Kuntojärjestelmä (Fluent Progress 2019).

6.2 Kunnossapitokalusto ja materiaalin valinta

Alueurakassa tarvittavaa kunnossapitokalustoa on pääurakoitsijan omana alihankintana sekä lisäksi on käytössä tarvittava määrä aliurakoitsijoita ja heidän kalustoansa. Alueurakan asiakirjoissa on määritetty kaluston toimivuuteen ja turvallisuuteen sekä ympäristöön vaikuttavat tekijät. Kaluston määrä on mitoitettu siten, että laatuvaatimukset ovat toteuttavissa toimenpideaikoiheen alueurakan alueella katu- ja kevyenliikenteen väylillä sekä muissa tarvittavissa kunnossapitokohteissa. Tärkeimmät talvikunnossapitokoneet ja niiden lisälaitteet alueurakassa ovat:

Taulukko 7. Alueurakan kunnossapidossa käytettävää kalustoa (Taavitsainen 2019).

Kalusto	Varustus kunnossapitotoiminnassa
Raskas- ja kevytkuorma-auto	Vaihtolavavarustus, vaihtolavoja lisälaitteineen, sirotteluautomaatti, aura, alusterä, pesusäiliö
Pyöräkuormaajat	Kauha, hiekoitin, aura
Kiinteistötraktorit	Kauha, hiekoitin, aura, harja, polanteenpoistovälineet
Traktorit	Kauha, hiekoitin, aura, perävaunu
Tiehöylä	Lumen- ja polanteenpoistovarustus
Kaivinkone	Kauha, harja
Pick-up, lava-autot	Hiekoitin, aura, sirotteluautomaatti, liikenteenohjausvaunu
Pakettiautot	Tavara- ja materiaalien kuljetus

6.2.1 Liukkaudentorjuntamateriaalien levittäminen sirotteluautomaatilla

Lahden keskustan alueurakassa on käytössä kuorma-autoihin vaihtolavarakenteiden päällä olevia Salo 3000 - sarjan sirotteluautomaatteja, joilla voidaan levittää pelkkää liuosta, kostutettuna rae- ja liuosmateriaalia sekä hiekoitusmateriaaleja yhtä aikaa. (kuva 20.) Sirottimilla voidaan levittää erilaisia liukkaudentorjuntamateriaaleja, kuten vuorisuoloa, kalsiumkloridia, Eco-Melter-liuos- ja rae- sekä hiekoitusmateriaaleja tarvittaessa. Sirottimet kalibroidaan erilaisille materiaaleille, jotta levittimien annostelumäärät saadaan sirotteluautomaatista materiaalia levitettäessä automaattiin määriteltyjen levitysmäärien mukaisiksi. Eco Melter -materiaalin käytön osalta kalibrointi tehdään ainakin joka toinen vuosi, jolloin saadaan materiaalin määrämenekki mahdollisemman optimaaliseksi käytön ja kustannusten osalta. Alla kuva Salo 3008 lautassirottimesta ja sen kalibroinnista Lahdessa syksyllä 2018.



Kuva 20. Sirotteluautomaatin kalibrointi Lahdessa 22.10.2018. (Taavitsainen 2018).

6.2.2 Salo 3000-3009 Sirotteluautomaattien tekninen toiminta ja käyttö

Alla on tekninen selvitys Salo S 3000-3009 -sirotin automaatin toiminnasta, kun esimerkiksi Eco-Melter S -rae- ja liuos L50-materiaaleja levitetään 10 g/m^2 ja samalla valitaan 50 %:n kostutus (Mäkipää 2018).

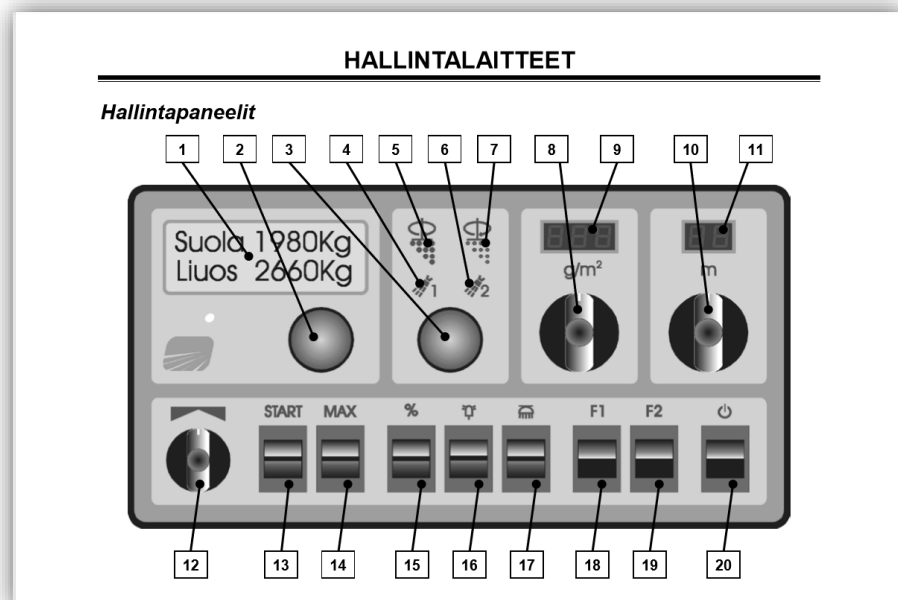
--> levitysmäärä on käytännössä raetta 5 g/m^2 ja liuosta 5 g/m^2

--> todellinen 100 % kuivamateriaali on $7,5 \text{ g/m}^2$

Kostutusta muutettaessa kiinteän aineen määrä muuttuu kostutusprosentin verran. Kostutusta on muutettavissa Salo 3000 sarjan -sirotteluautomaateissa alla olevasti:

- 0-20 % --> muutos 2% välein
- 20-100 % --> muutos 5% välein. (liite 8/3.)

Alla on kuva Salo 3009 sirotin automaatin hallintapaneelin teknistä tietoista, jossa on Salo 2005 -elektroniikka.



Kuva 21. Artic Machine Oy, Salo 3000-3009 sirotteluautomaatin hallintapaneeli (liite 8/1.).

Sirotteluautomaatin hallintapaneelista on otettu kuva kuorma-autoon sijoitettuna (kuva 22.) Valokuvassa näkyy, kuinka kuljettajan määrittämät:

- materiaalien levitysmäärä
- levitysleveys
- kostutusprosentti
- toteuma näkyy hallintapaneelissa.



Kuva 22. Salo 3009 sirotteluautomaatin hallintapaneeli Salo 2005 elektroniikalla (Taavitsainen 2018).

6.2.3 Materiaalien levitysmäärät sirotteluautomaattiin määritettyinä

Työnjohdolla ja kuljettajilla ei ole aiemmin ollut käytössä Eco-Melter -materiaalien levitystilanteisiin sopivaa taulukkoa, josta voi valita rae- ja liuosmateriaalien seoksen eri käyttötilanteisiin. Tämän vuoksi olen laatinut Salo AM 3000- sarjan sirotteluautomaattien teknisen toiminnan mukaan taulukon, jonka mukaan on mahdollista asettaa työnjohdon ilmoittamia tilanteeseen sopivia annosmääriä. (taulukko 8.) Taulukon väliarvoja saa interpoloimalla tarvittaessa.

Sää- ja keliolosuhteiden muuttuessa liukkaudentorjuntamateriaalien käyttötarve ei ole aina samanlainen. Tämän vuoksi erilaisille sää- ja keliolosuhteille on tarve muuttaa esimerkiksi materiaalien käyttömääriä ja siihen liittyvää kustutusta tarvittaessa, jotta saadaan optimoitua materiaalien käyttömäärät sopivaksi eri tilanteissa. Levitettävän materiaalien käyttömäärät ohjeistetaan yleensä ennakkoon kuljettajille päivystäjän tai työnjohdon määrittämänä.

Alla oleva taulukko 8. kuvaa kuljettajan valitsemaa liuos- ja raemateriaalin käyttöä sirotteluautomaatin tekniseen toimintaan määritetyillä materiaalin eri levitysmäärillä eli g/m^2 määrillä sekä vaihtoehtoisten kustutusprosenttien vaikutusta levitettävään 100 % kuivamateriaalimäärään. Kuten taulukosta voi havaita levitysmäärän pysyessä g/m^2 samana, mutta kustutusprosenttia muutettaessa 100 % -nen kuiva-ainemäärä muuttuu levitetäessä jonkin verran. Kustutusmäärän muutosvaikutus eri levitysmäärillä kasvaa materiaalimäärän kasvaessa, mikä on mahdollista ottaa huomioon ja muuttaa taulukon avulla erilaisissa keliolosuhteissa materiaaleja käytetäessä. Taulukon perusteella voidaan kustannuksiin vaikuttaa muuttamalla seoksen pitoisuusprosenttia käyttötarpeen mukaiseksi erilaisten sää- ja keliolosuhteiden mukaan. Taulukko tarkemmin liitteessä. (Liite 1.)

Taulukko 8. Eco-Melter liuos- ja raemateriaalin levitystaulukko ja sirotinau-
tomaatin tekninen toiminta (Taavitsainen 2019).

Työnjohto- ja kuljettajataulukko / Rae- ja liuos yhteiskäyttö					
Levitys määrä	Levitysmäärä ja materiaali %	Eco-Melter rae 100 %	Eco-Melter liuos L-50 50 %	Eco-Melter liuos ja rae yhteensä	Eco-Melter rae- ja liuos kuiva-aines määrä 100 %
g / m ²	g/(Rae %/Liuos %)	g/m ²	g/m ²	liuos ja rae g/m ²	liuos ja rae 100 % g/m ²
5	5 g (10% / 90%)	0,5	4,5	5	2,75
5	5 g (20% / 80%)	1	4	5	3
5	5 g (30% / 70%)	1,5	3,5	5	3,25
5	5 g (40% / 60%)	2	3	5	3,5
5	5 g (50% / 50%)	2,5	2,5	5	3,75
5	5 g (60% / 40%)	3	2	5	4
5	5 g (70% / 30%)	3,5	1,5	5	4,25
5	5 g (80% / 20%)	4	1	5	4,5
5	5 g (90% / 10%)	4,5	0,5	5	4,75
g / m ²	g/(Rae %/Liuos %)	g/m ²	g/m ²	liuos ja rae g/m ²	liuos ja rae 100 % g/m ²
10	10 g (10% / 90%)	1	9	10	5,5
10	10 g (20% / 80%)	2	8	10	6
10	10 g (30% / 70%)	3	7	10	6,5
10	10 g (40% / 60%)	4	6	10	7
10	10 g (50% / 50%)	5	5	10	7,5
10	10 g (60% / 40%)	6	4	10	8
10	10 g (70% / 30%)	7	3	10	8,5
10	10 g (80% / 20%)	8	2	10	9
10	10 g (90% / 10%)	9	1	10	9,5
g / m ²	g/(Rae %/Liuos %)	g/m ²	g/m ²	liuos ja rae g/m ²	liuos ja rae 100 % g/m ²
15	15 g (10% / 90%)	1,5	13,5	15	8,25
15	15 g (20% / 80%)	3	12	15	9
15	15 g (30% / 70%)	4,5	10,5	15	9,75
15	15 g (40% / 60%)	6	9	15	10,5
15	15 g (50% / 50%)	7,5	7,5	15	11,25
15	15 g (60% / 40%)	9	6	15	12
15	15 g (70% / 30%)	10,5	4,5	15	12,75
15	15 g (80% / 20%)	12	3	15	13,5
15	15 g (90% / 10%)	13,5	1,5	15	14,25
g / m ²	g/(Rae %/Liuos %)	g/m ²	g/m ²	liuos ja rae g/m ²	liuos ja rae 100 % g/m ²
20	20 g (10% / 90%)	2	18	20	11
20	20 g (20% / 80%)	4	16	20	12
20	20 g (30% / 70%)	6	14	20	13
20	20 g (40% / 60%)	8	12	20	14
20	20 g (50% / 50%)	10	10	20	15
20	20 g (60% / 40%)	12	8	20	16
20	20 g (70% / 30%)	14	6	20	17
20	20 g (80% / 20%)	16	4	20	18
20	20 g (90% / 10%)	18	2	20	19
g / m ²	g/(Rae %/Liuos %)	g/m ²	g/m ²	liuos ja rae g/m ²	liuos ja rae 100 % g/m ²
25	25 g (10% / 90%)	2,5	22,5	25	13,75
25	25 g (20% / 80%)	5	20	25	15
25	25 g (30% / 70%)	7,5	17,5	25	16,25
25	25 g (40% / 60%)	10	15	25	17,5
25	25 g (50% / 50%)	12,5	12,5	25	18,75
25	25 g (60% / 40%)	15	10	25	20
25	25 g (70% / 30%)	17,5	7,5	25	21,25
25	25 g (80% / 20%)	20	5	25	22,5
25	25 g (90% / 10%)	22,5	2,5	25	23,75
g / m ²	g/(Rae %/Liuos %)	g/m ²	g/m ²	liuos ja rae g/m ²	liuos ja rae 100 % g/m ²
30	30 g (10% / 90%)	3	27	30	16,5
30	30 g (20% / 80%)	6	24	30	18
30	30 g (30% / 70%)	9	21	30	19,5
30	30 g (40% / 60%)	12	18	30	21
30	30 g (50% / 50%)	15	15	30	22,5
30	30 g (60% / 40%)	18	12	30	24
30	30 g (70% / 30%)	21	9	30	25,5
30	30 g (80% / 20%)	24	6	30	27
30	30 g (90% / 10%)	27	3	30	28,5

6.3 Biohajoavat Eco-Melter materiaalit ja niiden käyttökohteet

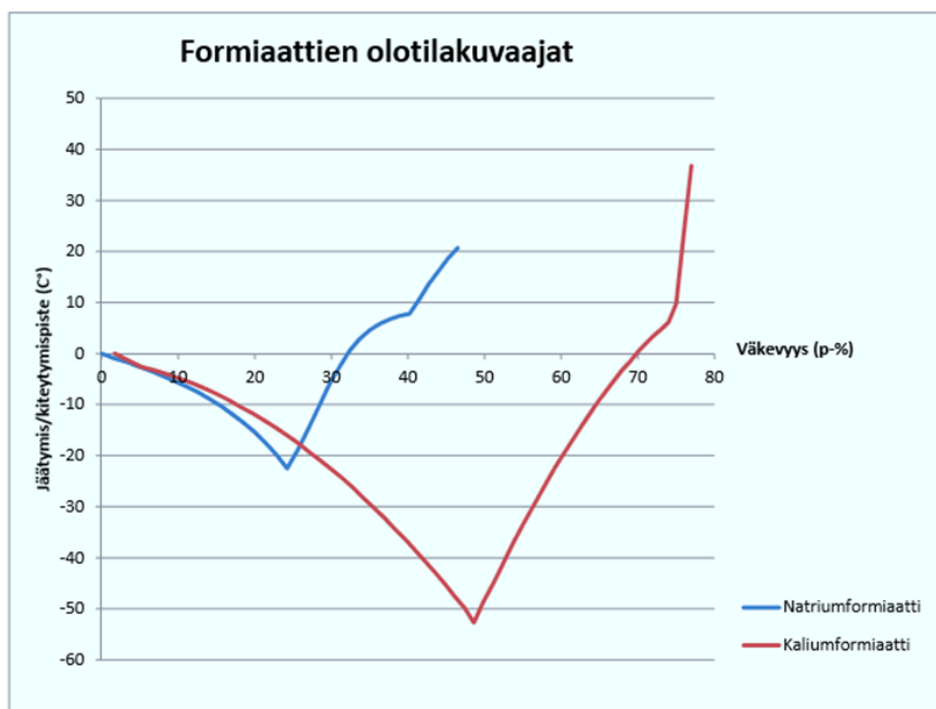
6.3.1 Eco-Melter S -rae

Eco-Melter S -rae on biohajoava liukkaudentorjuntaan käytettävä raemateriaali, joka on natriumformiaattipohjainen tuote ja jonka kemiallinen kaava on HCOONa . Kiinteänä rakeisena tuotteena Eco-Melter S on toimiva materiaali tehokkaaseen ja pitkävaikutteiseen liukkaudentorjuntaan. Sillä voidaan alentaa veden jäätyislämpötilaa ja ennakkoon käytettynä se estää tienpintojen jäätymistä sekä liukkautta (Kemion 2018). Natriumformiaattituotteella on epäsäännöllinen raemuoto, minkä vuoksi levitettäessä materiaali tarttuu ja pysyy käsiteltävällä pinnalla erinomaisesti. Pysyvyyttä parannetaan lisäksi kostutuksella. Eco-Melter S -rakeen koko on keskimäärin 1 - 5 mm eli se on raekooltaan suurempi kuin vuorisuola. Siksi materiaalilla on pitempiaikainen vaikutus käyttökohteessa kuin vuorisuolalla (Kemion 2019).



Kuva 23. Eco-Melter S -raemateriaalia varastoituna (Taavitsainen 2019).

Natriumformiaatti on vesiliukoinen muurahaishapon suola, jonka eutektinen piste (20 p-%) liuosväkevyytenä on -14° Cels. Natriumformiaatin vaikutuslämpötila on välillä $-5...-11^{\circ}$ Cels. Alla on kuva formiaattien olotiloista, jossa natriumformiaatin olotilakuvaaja on kuvattu sinisellä värillä (Liikennevirasto 2017, 98).



Kuva 24. Formiaattien olotilakuvaajat ja niiden jäätymis- ja kiteytymispisteet (Liikennevirasto 2017, 98).

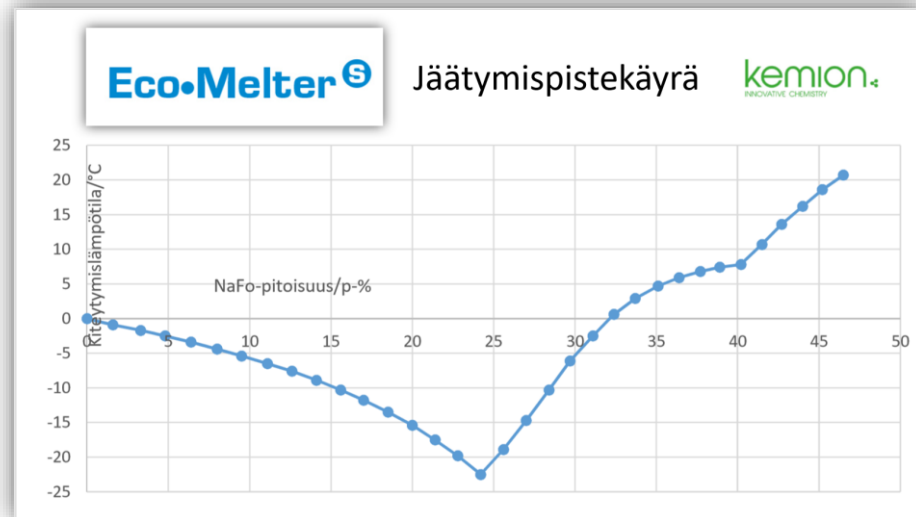
Eco-Melter S on kloridivapaa tuote, joka on teollisesti valmistettaessa tehty pH-arvoltaan lievästi emäksiseksi. Tuotteen emäksisyydellä on saatu luontainen korroosiovaikutus metalleihin ja betoniin alhaisemmaksi kuin perinteisellä suolalla. Monien laboratorio- ja maastokokeiden perusteella on havaittu, että Eco-Melter-tuotteiden sisältämä formiaatti hajoaa täydellisesti hiilidioksidiksi ja vedeksi ennen joutumista pohjaveteen. Tämän vuoksi esimerkiksi Suomen Ympäristökeskus Syke suosittelee formiaattien käyttöä tärkeillä pohjavesialueilla (SYKE 2019).

Eco-Melter S -raemateriaalia voidaan levittää liukkaudentorjunaan rakeisena tai kostutettuna liuoksen kanssa. Rakeen ja liuoksen yhteiskäytössä materiaalille saadaan laajemmat toimivuusalueet kuin erikseen käytettynä. Materiaaleja yhdessä käytettynä on yllä olevassa kuvassa nähtävissä natrium- ja kaliumformiaattien olotilakuvaajat sekä niiden jäätymis- ja kiteytymispisteet (Kuva 24.) Kuvasta voi havaita esimerkiksi natrium- ja kaliumformiaatin toimivuuksien erot, kuinka ne eroavat toisistaan eri lämpötiloissa ja erilaisilla pitoisuuksilla olotilakuvaajilla esitettynä.

Eco-Melter S -raemateriaalista voidaan tehdä myös liuosta, jota voidaan käyttää kostutuksena Eco-Melter L-50 % -liuoksen sijaan joissakin keliolosuhteissa. Liuospitoisuus on laimeampaa kuin Eco-Melter L-50 % -liuos. Opinnäytetyössä kohdassa 6.3.3 raemateriaalin laimennusta on selvitetty enemmän (Liikennevirasto 2017, 69). Eco-Melter S -raemateriaalia on mahdollista lisätä hiekoitusmateriaaliin sekoitettuna rakeena tai liuok-

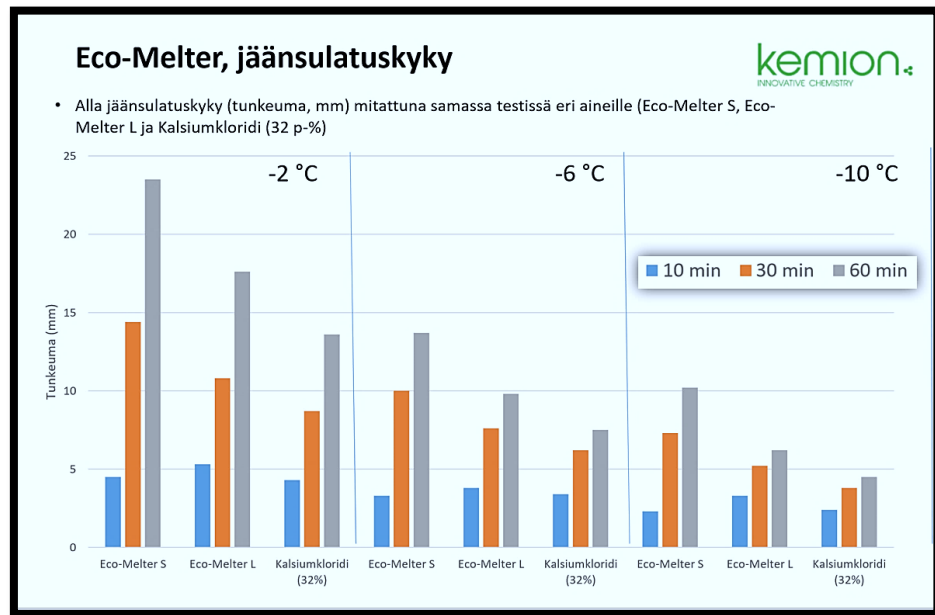
senä, jolloin saadaan parannettua huomattavasti hiekoitushiekan kunnosapito-ominaisuuksia. Opinnäytetyössä on myöhemmin selvitetty Eco-Melter -raemateriaalin ja hiekoitushiekan seostamista.

Alla on kuvattu tarkemmin natriumformiaatin jäätymispistekäyrä natriumformiaattipitoisuuden ja lämpötilan funktiona (Kuva 25., Liikennevirasto 2017, 10)



Kuva 25. Eco-Melter S, natriumformiaatin jäätymispistekäyrä natriumformiaatin ja kiteytymislämpötilan funktiona (Liikennevirasto 2017, 10).

Vuonna 2017 Eco-Melter-materiaaleille ja kalsiumkloridille on tehty jäänsulatuskykytutkimus, jossa on vertailtu materiaalien tunkemaa määritetyn ajan ja lämpötilan funktiona (Kuva 26.). Jäänsulatuskykyä vertaillessa kuvassa olevista materiaaleista, niin Eco-Melter S -rakeella on paras tunkema, kun vaikutusaika pitenee yli 10 min kestäväksi lämpötilan laskiessa -2...-10 Cels. (Kemion 2017, 12)



Kuva 26. Eco-Melter materiaalien ja kalsiumkloridin jäänsulatuskyky lämpötilan- ja ajan funktiona (Kemion 2017, 12).

Eco-Melter S raemateriaali toimitetaan alueurakkaan suursäkeissä. Alla olevassa kuvassa Lahdessa on meneillään raemateriaalin kuormausta sirotteluautomaattiin pyöräkuormaajalla (kuva 27.).



Kuva 27. Eco-Melter S -raemateriaalin kuormausta sirotteluautomaattiin (Taavitsainen 2018).

6.3.2 Eco-Melter L-50 % liuos liukkaudentorjunta ja pölynsidontakäyttö



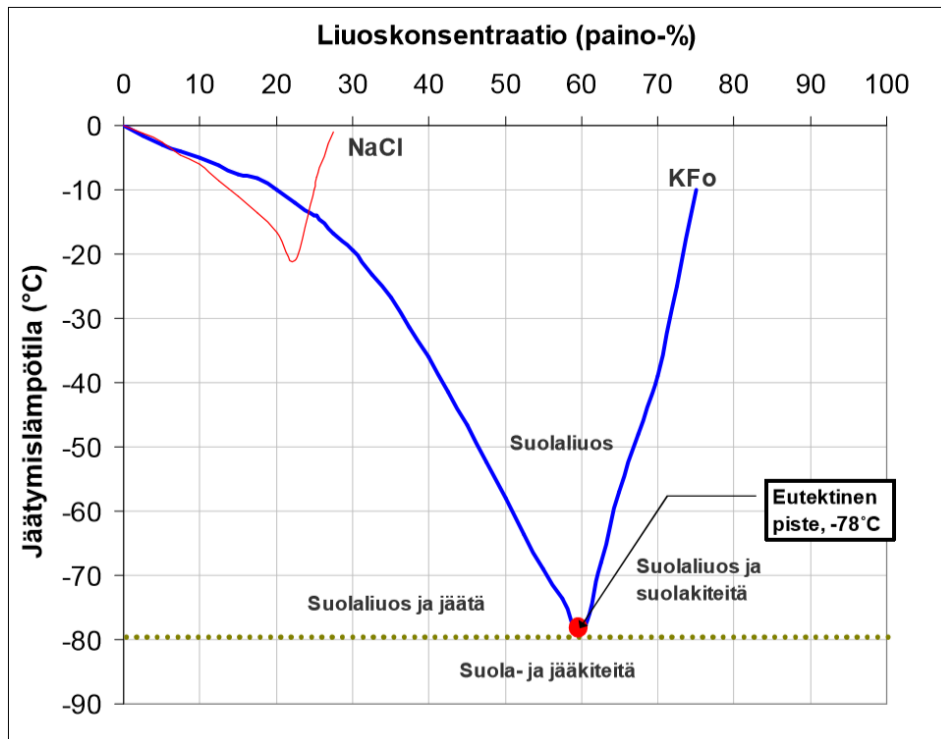
Kuva 28. Eco-Melter liuosmateriaalin levitys meneillään. (Kemion 2018).

Eco-Melter L-50 on kaliumformiaatti-pohjainen liuos, jonka kemiallinen kaava on (HCOOK). Liuosta käytetään liukkaudentorjunnassa mm, kuuran, jään, lumen ja jäätymisen aiheuttamiin ongelmiin. Eco-Melter L-50 % -liuoksella saadaan alennettua veden jäätymislämpötilaa ja estettyä tienpinnan jäätymistä ja liukkautta. Ennakoon käytettynä liuos estää lumen ja jään kertymistä sekä sulattaa muodostunutta jäätä nopeasti ja tehokkaasti (Kemion 2019).

Kaliumformiaattiliuosta voidaan käyttää joko liuoksena tai liuoskostuttajana Eco-Melter S -rakeen kanssa, jolla saadaan aikaan esimerkiksi rakeen parempi tarttuvuus levitettävään alustaan. Nykyisin Eco-Melter L-50 -liuosta valmistetaan ja myydään ainakin (20-50p-%) -pitoisena valmiina seoksena. Liuosta voidaan valmistaa myös (60p-%) -pitoisena liuoksenakin, jolla on mahdollista saada levitetyle pinnalle liuos- tai kostutuskäsittelyn jälkeen laimenemiseen pitempi vaikutusaika. Alla olevassa kuvassa on selvitetty vertaillen kaliumformiaatti- ja natriumkloridiliuoksen liuoskonsentraatio ja jäätymislämpötilan funktiona, joissa on huomattavat erot eutektisen pisteen sijainnilla kaliumformiaatin eduksi. Olotilakuvaajista näkyy, miten pitoisuudet ja lämpötilat vaikuttavat materiaaleihin lämpötilan laskevissa. (Kuva 29.)

Materiaalin alhainen eutektinen piste mahdollistaa käytön alhaisessakin lämpötilassa. Kaliumformiaatin käyttölämpötila ja sulatustehokkuus toimivat liukkaudentorjunnassa kuitenkin noin $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ saakka kaliumformiaatin käyttökohteissa. (Liikennevirasto 2016, 16)

Liitteeseen on lisätty kaliumformiaatin ominaispainotaulukko (kg/dm^3), jota tarve käyttää, kun suunnitellaan materiaalin kuljetuksia. (liite 5.)



Kuva 29. Kaliumformiaatin ja natriumkloridin faasidiagrammit (Liikennevirasto 2016, 18).

Kaliumformiaattia on mahdollista käyttää myös pölynsidonnassa esimerkiksi keväällä, kun talviset olosuhteet alkavat muuttumaan keväisemmäksi auringon vaikutuksesta. Silloin vielä saattaa olla tarve tehdä liukkaudentorjuntaa sekä pölynsidontaa yhtä aikaa, jolloin on mahdollista käyttää myöskin Eco-Melter L-50 % -liuosta liukkauden- ja pölynsidonnantorjunnassa Eco-Binderin sijaan. Kyseisellä materiaalilla mahdollistetaan alhaisissa lämpötiloissa onnistunut toimenpide kumpaakin tarpeeseen.

Liuosmateriaalin varastointi on tärkeää alueurakan toiminnassa, jotta materiaalia on tarvittaessa riittävästi saatavilla tarvittaviin kunnossapitotoimenpiteisiin erivuoden aikoina. Alla on kuva, jossa liuosvarastointisäiliö asianmukaisesti asennettuna paikoilleen materiaalin varastointia ja käyttöä varten (kuva 30.).



Kuva 30. Liuosmateriaalin varastointisäiliö sekä suursäkeissä raemateriaalia. (Taavitsainen 2015)

6.3.3 Eco-Melter S- raemateriaalin käyttö liuoksena liukkaudentorjunnassa

Eco-Melter raemateriaalista on mahdollista valmistaa natriumformiaattiliuosta liukkaudentorjuntaan, jota voidaan käyttää pelkkänä liuoksena tai raemateriaalin kostuttamiseen (Liikennevirasto 2017, 69).

Aiemmin itse olen ollut valmistamassa vuorisuolasta liuosta, jota käytetty liukkaudentorjunnassa ELY:n kunnossapitämillä tiestöillä liuoksen käyttötarkoitukseen soveltuvissa kohteissa. Oikein käytettynä vuorisuolaliuos on soveltunut liukkaudentorjuntaan liuoksena tai kostutettuna rakeisen vuorisuolan kanssa.

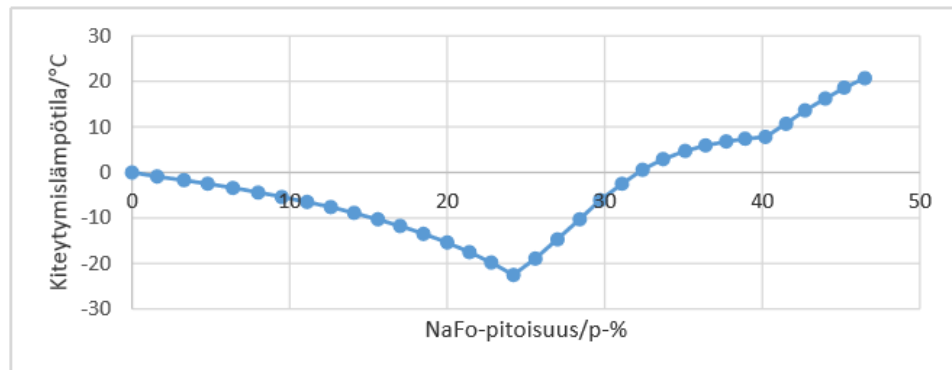
Lahden kaupunki on aloittanut syksyllä 2019 CitiCAP -älypyörätien kunnossapitokokeilun, jossa liukkaudentorjuntamateriaalina käytetään ensisijaisesti Eco-Melter -liuosmateriaaleja, haasteellisissa olosuhteissa Eco-Melter -raetta. Tarvittaessa voidaan käyttää myös aiemman toiminnan mukaisesti hiekoitusmateriaaleja, jos todella tarve.

CitiCAP-älypyörätie kevyenliikenteen väylän kokeiluun on soveltunut natriumformiaattiliuoksen käyttökokeilu, ja sen vuoksi olen selvittänyt yhteistyössä 1.10.2019 jälkeen Eco-Melter L-20 (p-24%) liuoksen toimivuutta 2,4 km:n pituisella kevyenliikenteen väylällä. Syksyn kuuraliukkauksia torjuttaessa Eco-Melter L-20 -liuoksen on havaittu toimivan hyvin, ja kokemuksen perusteella Eco-Melter L-20 (24p-%) -liuosta voisi kokeilla katualueellakin kuuraliukkaudentorjunnassa, varsinkin kun Lahden kaupungilta on

tullut alustavia kyselyjä liukkaudentorjunta-alueiden laajentamisesta tulevaisuudessa.

Alla olevassa taulukossa on selvitetty natriumformiaattiliuoksen toimivuus liukkauden torjunnassa. Natriumformiaattiliuoksen parhain toimivuus on noin 24 p-% pitoisuudella. (kuva 31.)

Liitteeseen on lisätty natriumformiaatin ominaispainotaulukko (kg/dm^3), jota tarve käyttää materiaalin kuljetuksen suunnittelussa. (liite 5.)



Kuva 31. Natriumformiaatti-liuoksen kiteytymis- ja jäätymispiste lämpötilakäyrä (Liikennevirasto 2017, 10).

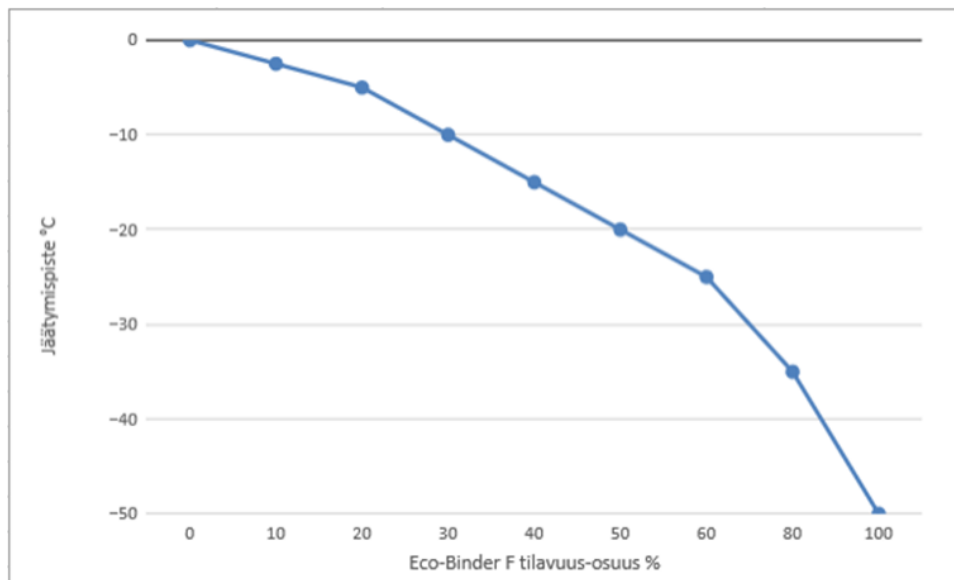
6.3.4 Eco-Binder F

Eco-Binder F on formiaatti-pohjainen pölynsidonta liuosmateriaali, joka levitettyssä ympäristössä on kestävä ja maaperässä nopeasti biologisesti hajoava tuote. Liuos on suunniteltu ja valmistettu erityisesti pölynsidontaan varten talvi- ja kesä käyttöön. Siinä on otettu huomioon pölynsidonnassa tarvittavat erilaiset toimivuudet, kuten toimivuus eri lämpötiloissa sekä hygroskooppisuus ja flokkauvaikutus materiaalin eri käyttökohteissa ja -olosuhteissa. (Kemion 2018) Eco-Binder F pölynsidontamateriaalia on mahdollista käyttää esimerkiksi:

- kaupunkialueiden pohjavesialueilla
- katu ja kevyen liikenteen väylillä
- P-alueilla, maneeseilla, piha-alueilla yms.
- päällyste- ja sorapinnoilla.

Eco-Binder F on moderni pölynsidonta-aine ja se on ympäristön kannalta kestävä ja nopeasti maaperässä biologisesti hajoava, jolla on ympäristöön vähäiset materiaali-vaikutukset. (Kemion 2019)

Eco-Binder F liuosmateriaalia alin pakkaskestävyys on -50 Cels., jonka vuoksi liuosmateriaalia voidaan käyttää talvella ja keväällä erilaisissa lämpötiloissa ja pölynsidontaa tarvitsevilla olosuhteilla. Alla on tarkempi selvitys Eco-Binder F materiaalin jäätymispistekäyrästä (kuva 32.)



Kuva 32. Eco-Binder F -jäätymispistekäyrä (Kemion 2019).

Pölynsidontakäytössä Eco-Binder F liuosmateriaalin pitoisuutta on mahdollista laimentaa käyttökohteiden ja -olosuhteiden mukaan, josta myöhemmin on tehdyissä taulukoissa selvitystä.

Eco-Binder F formiaatti materiaalia toimitetaan nykyisin Kemion Oy:stä, josta saatavilla mm.

- irtona
- 1000 litran IBC-konteissa
- 200 litran tynnyreissä.

Alla olevissa kuvissa tarkemmin liuosmateriaalin käyttökohteista ja -tarpeista sekä varastoinnista. (Kemion 2019)



Kuva 33. Eco-Binder F -materiaalin käyttökohteita ja -tarpeista sekä materiaalin varastointi (Kemion 2019).

6.3.5 Eco-Melter materiaalin käyttö pakkasliukkaudentorjunnassa

Talvikaudella esiintyy pitkien pakkasjaksojen vuoksi pakkasliukkautta ajoradoilla, mikä ei aiheudu sääolosuhteista itsessään. Liukkaus syntyy, kun pakkasjakso kestää pitempään alle -7 Celsiusta. Pakkasjakson aikana liikenteen sekä pakkasen yhteisvaikutuksesta ajourien pinnat mahdollisesti kiillottuvat liukkaiksi. Pakkasjakson lämpötilan (10-...-20 Cels) vaihtelun takia ilmasta vähitellen kondensoituu jäätä ilmankosteuden takia. Ajoneuvot lisäävät pakkasliukkautta, sillä tienpinnalle kerääntyy kosteutta mm. pako kaasun, ilmastoinnin kondenssiveden, pölyävän lumen ja lämpimien renkaiden myötä (Liikennevirasto 2017, 92).

Pakkasliukkautta on torjuttu aiemmin joissakin tilanteissa alle -7 Cels. tai alemmissa lämpötiloissa pienellä kloridipitoisella liuosmäärällä. Levitetävän materiaalin levityksen aikana ja sen jälkeen liikenteen pitää samaan aikaan olla vilkasta parhaan tuloksen onnistumisen vuoksi. (taulukko 9.) Nykyisin ympäristövaikutusten vuoksi käytettävää biohajoavaa Eco-Melter -liuosmateriaalia voidaan käyttää samassa tarkoituksessa. (taulukko 11.) Pakkasliukkauden torjunnassa L-50 % tai väkevämpi L-60 % liuos soveltuu vastaavaan käyttöön, koska liuoksen pakkaskestävyys ominaisuus on parempi kuin kalsiumkloridilla tai vastaavilla materiaaleilla. (kuva 29.)

6.4 Eco-Melter materiaalit ja niiden käyttömäärät eri kohteissa taulukoituna

Eco-Melter-materiaaleille on laadittu opinnäytetyössä tarvittaviin eri toimintoihin taulukoita, joissa on selvitetty materiaalien käyttöä yksityiskohtaisemmin eri käyttötarkoituksiin. Taulukoiden laadinnassa on huomioitu aiempia liikenne- ja nykyisen väyläviraston tekemiä selvityksiä materiaaleista ja lisäksi kahden kemian alan yritysten asiantuntevuutta. Kemion Oy ja Tmi TRWays yrityksistä johtavat henkilöt ovat olleet aiemmin pitkään yhteistyössä liikenne- ja väyläviraston kanssa erilaisissa tutkimuksissa vuorisuolan ja niihin liittyvien teollisten materiaalien käyttöön tehtyjen taulukoiden valmistamisessa. Kumpikin yritys julkaissut on useita erilaisia tutkimuksia liikenne- ja väyläviraston julkaisuissa. Molemmat yritykset myyvät nykyisin Eco-Melter -materiaalia ja tekevät samalla kehittävää tutkimustyötä biohajoavien materiaalien kanssa.

6.4.1 Eco-Melter materiaalien liuos- ja raeyhteiskäyttö

Vuorisuolan ja kalsiumkloridin käyttöä varten on ollut tarjolla jo kauan aikaa varsinkin teiden kunnossapitokäyttöä varten valmiita käyttöohjeita, joita voinut hyödyntää kaupunkialueurakka käytössäkin katujen kunnossapidossa erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa. Taulukkoon on määritetty erilaisia keliolosuhteita ja niihin määritetyt liukkaudentorjuntamateriaalien käyttömäärät liuoksena tai kostutettuna rakeen kanssa. Kloridipitoisten

materiaalien annostelua on tutkittu pitkällä aikajaksolla ja saatu aikaan hyvin toimivia annostelu- ja käyttömääriä, josta on alla kuva taulukosta (taulukko 9).

Taulukko 9. Liukkaudentorjunnan annokset g/m^2 (NaCl) eri menetelmillä (Liikennevirasto 2017, 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 Jäätynäänä tumma, vähän kuuraa, valot eivät heijastu	10	20	20	20	-	5	10	10	10	10
Märkä Sumuilmiö alkaa kuorma-autojen perässä Jäätynäänäkin näyttää märältä, valot heijastuvat	20	30	40	-	-	10	15	15	15	20

- 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 auratulle pinnalle 10–20 g/m^2 .
- Pakkasella (alle -7 C) esiintyvää liukkautta voidaan vähentää vähäisellä liuosannoksella (max. 5 g/m^2). Suolaus pitää tehdä vilkkaaseen liikenteeseen.
- Altijäähdytynyt sade tai muu ongelmatilanne saattaa vaatia suuremman annoksen.
- Kalsiumkloridiliuoksella (32-prosenttinen) taulukon arvoja alennetaan noin 25 %.

Aiemmat käyttökokemukset TYL V2 alueurakassa perustuu urakkasopimuksien vuoksi vuorisuolan ja muiden kloridipitoisten teollisten materiaalien käyttöön, jota Lahden keskustan alueurakassa toteutettiin aiemmin talvikausilla 2015-2017. Lahden keskustan sekä muissakin alueurakoissa on ollut paljon aiemmin vuorisuolan ja sen yhteiskäyttöön soveltuvien eri liuosmateriaalien erikseen ja yhteiskäyttöä onnistuneesti erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa.

Kun biohajoavien materiaalien käyttötoiminta alkoi, niin samassa yhteydessä tarvittiin toiminnan aloittamisesta saakka myös Eco-Melter materiaaleille liukkaudentorjuntaa varten yhteiskäyttötaulukko, jossa on mahdollista käyttää liuos- ja kostutettua raemateriaali yhtäaikaan tai erikseen tarvittaessa.

Ennen Lahdessa alkanutta toimintaa varten Kemion Oy:stä Timo Nissinen on laatinut taulukon biohajoavan Eco-Melter liuosmateriaalin liukkaudentorjunta käyttöä varten, joka on tarkoitettu ammattilaisten tai amatöö-

rienkin käyttöön. Taulukossa on ainoastaan Eco-Melter L-50 kaliumformiaatti liuosmateriaalin levitysmäärät erilaisiin sää- ja keliolosuhteisiin soveltuvana ja josta tarkemmin on alla olevassa taulukossa selvitys. (Taulukko 10.)

Taulukko 10. Eco-Melter L-50 % liuosmateriaalitalukko liukkaudentorjunta käyttöön (Kemion 2017, 7).

	Dry conditions Ice thickness <1 mm Light frost		Wet conditions Ice thickness <1 mm Heavy frost		Wet conditions Snow Packed snow		Wet conditions Freezing rain Ice thickness 1-3 mm	
Temperature (°C)	Anti-icing	De-icing	Anti-icing	De-icing	Anti-icing	De-icing	Anti-icing	De-icing
0 to -5	15 g/m ²	20 g/m ²	20 g/m ²	30 g/m ²	30 g/m ²	40 g/m ²	40 g/m ²	50 g/m ²
-5 to -10	25 g/m ²	30 g/m ²	30 g/m ²	40 g/m ²	40 g/m ²	50 g/m ²	50 g/m ²	60 g/m ²
-10 to -15	30 g/m ²	40 g/m ²	40 g/m ²	50 g/m ²	50 g/m ²	60 g/m ²	60 g/m ²	70 g/m ²

	No mechanical snow clearing			After / during mechanical snow clearing	
	Frost or freezing rain	Frost / Thin Ice	Frost / Snow	Wet conditions	Heavy wet conditions
Temperature (°C)	Anti-icing	De-icing	De-icing	De-icing	De-icing
0 to -15	30 g/m ²	30 g/m ²	60 g/m ²	45 g/m ²	60 g/m ²

Yllä oleva liuoskäyttötarkoitukseen tehdyn taulukon toimivuus ei ole riittävä kaikissa tilanteissa siten, että esimerkiksi käyttömäärät, vaikutusaika ja jäänsulatuskyky arvot olisivat levityskohteiden kannalta kaikissa tilanteissa materiaalien käytön osalta parhaat mahdolliset. (taulukko 10.) Materiaalien yhteiskäytöllä voidaan paremmin optimoida käyttömääriä, materiaalien toimivuuksia erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa sekä vaikuttaa myös taloudelliseen toiminnan optimointiin. Yhteis- tai erikseen käytöllä on kustannusvaikutuksia, jossa kustannukset suurenevat esimerkiksi käyttömäärien kasvaessa verrattuna optimoituun yhteiskäyttöön. Kustannusvaikutusten huomioiminen on tärkeää varsinkin Eco-Melter materiaaleilla, koska niiden materiaalihinnat ovat paljon kalliimmat vuorisuoloan nähden.

Eco-Melter materiaalien yhteiskäyttöä varten olen laatinut yhteistyössä Kemion Oy ja Tmi TRWays yritysten henkilöiden kanssa taulukon, joka on tehty samanlaisille keliolosuhteille kuin vuorisuolalle on aiemmin tehty. Alla on Eco-Melter materiaalien yhteiskäyttötaulukko (Taulukko 11.)

Taulukko 11. Eco-Melter liuos- ja raemateriaalien käyttömäärätaulukko liukkaudentorjuntaa varten (Kemion, TRWays, Taavitsainen 2019).

Tien- tai kadunpinta	Liuos Eco-Melter L 50 (50 %)					Kostutettu Eco-Melter rae 100 % ja Eco-Melter L 50 % liuos				
Tien- tai kadunpinnan lämpötila	0°	-2	-4	-6	-8	0°	-2	-4	-6	-8
Levitysmäärät	g/m ²	g/m ²	g/m ²	g/m ²	g/m ²	g/m ²	g/m ²	g/m ²	g/m ²	g/m ²
Vähän kostea Havaittavasti tumma päällyste, laikukas Paikoin mustaa jäätä	8	8	8	8	8	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6
Kostea Selvästi tumma päällyste. Jäätyneenä tumma, vähän kuuraa, valot eivät heijastu	8	15	15	15	-	5-6	10-12	10-12	10-12	10-12
Märkä Sumuilmiö alkaa kuorma-autojen perässä Jäätyneenäkin näyttää märältä, valot heijastuvat	15	23	30	-	-	10-12	15-18	15-18	15-18	20-24
<ul style="list-style-type: none"> • 100 % :na Eco- Melter liuosmäärä 10 g Eco- Melter L 50 (50%) sisältää 5g kaliumformiaattia ja 10 g kostutettua Eco-Melter raetta (25 % liuosta ja 75 % raetta) 8,75 g kalium- ja natriumformiaattia • Eco- Melter L50 (50% liuos) on alennettu liuostaulukossa suolaliuos (23%) kalsiumkloridiliuoksen (32 % liuos) mukaisesti noin 25 % • Hyvin märkää tietä ei yleensä käsitellä • Ennen tai lumisateen aikana kostutettua Eco- Melter liuos- ja rae tarvittaessa auratulle pinnalle 11-24 g/m² • Pakkasella esiintyvää liukautta voidaan vähentää vähäisellä liuosannoksella (max 5g /m²). Liukkaudentorjunta käsittely pitää tehdä vilkkaaseen liikenteeseen • Alijäähtynyt sade tai muu ongelmatilanne saattaa vaatia suuremman annoksen 										

Yllä oleva (taulukko 11.) on laadittu liikenne- ja väyläviraston ohjeita noudattaen, jossa on selvitetty taulukon määrittämiin aiempia tutkimuksia ja niihin liittyviä erilaisia selvityksiä, miten materiaalit eroavat toisistaan toiminnallisesti. Taulukon valmisteluvaiheessa on tehty yhteistyötä Kemion Oy:n ja TRWays yritysten henkilöiden kanssa useissa eri palaverissa, kuinka vuorisuolaa vastaava taulukko pitää laatia Eco-Melter materiaaleille.

Taulukoiden valmisteluvaiheessa on vertailtu vuorisuolaa ja sen yhteydessä käytettäviä kloridipitoisia liuos- ja raemateriaaleja Eco-Melter materiaaleihin nähden. Vertaillen toimivuuksia Eco-Melter liuosmateriaaliin nähden, liuosmateriaalin vahvempi pitoisuus (50-60 p.-%) ja sen eutekninen jäätymispiste vaikuttaa siten, että materiaalikäyttö ja soveltuvuus on ainakin samaa tasoa tai joissakin olosuhteissa jopa parempi kuin natrium- tai kalsiumkloridiliuos.

Vertaillen vuorisuolaa ja Eco-Melter S raemateriaaleja keskenään on materiaalien toiminnoissa vähäistä toiminnallista eroa. Eco-Melter S rae natriumformiaatti vaatii liikenne- ja väyläviraston ohjeen mukaan vähän suuremman käyttömäärän levitysannokseltaan, joka on noin 10-20 % enemmän kuin vuorisuola (NaCl). (Liikennevirasto 2017, 69)

Alla on käytännön esimerkki Eco-Melter liuos- ja raemateriaalien käyttökokemuksista ja liukkaudentorjunnan toteutetusta syksyllä 2018 sekä sen jälkeen materiaalien eri vaikutuksista. Eco-Melter materiaalien liukkaudentorjunta käsittelyn jälkeen VT 12- tielle on levitetty vuorisuolaa ja joka on ajoneuvojen renkaissa levinnyt kostuneen suolavaikutuksen vuoksi Eco-Melter materiaalilla käsiteltäviin kohteisiin. Vertailtaessa eri materiaalin

vaikutuksia, niin ajoradat ovat huomattavasti kuivemmat Eco-Melter materiaalin käsittelyn jäljiltä vielä useita päiviä myöhemmin. Liukkaudentorjuntakäsittelyn jälkeen katu on ajoradoiltaan ja ajoneuvonkuljettajan kannalta turvallinen ja miellyttävä liikkua kuivemman ajoväylän vuoksi.



Kuva 34. Eco-Melter materiaalilla käsitelty Iso-Paavolan kadun ramppi, jossa näkyy VT12 tielle levitetyn suolan kosteuttava vaikutus ajoradoilla (Taavitsainen 2018).

6.4.2 Eco-Melter materiaalit ja hiekoitusmateriaalien yhteiskäyttö

Alueurakassa hiekoitusta tehdään liukkaudentorjuntamenetelmänä katujen kunnossapito luokilla I, II, III, IIIA ja A- ja B-luokan kevyenliikenteen väylillä. Hiekoitushiekkaa käytetään ensijaisesti I- ja II-luokan kaduilla ja hiekoitussepeä III-luokan kaduilla ja kevyen liikenteen väylillä. Hiekoitushiekkaa ja -sepeä käytetään ilman lisäaineita tai homogeenisena seoksena, johon on lisätty Eco-Melter-raemateriaalia. Lahden alueurakassa liukkaudentorjuntaa toteutetaan katujen ja kevyenliikenteen väylillä linja- tai pistemäisenä liukkaudentorjuntatoimenpiteenä. Hiekoitusta hiekoitushiekalla tehdään eniten I- ja II-luokan kaduilla, joissa hiekoitushiekka on hiekoitussepeän sijaan toimivampaa käyttöä. Kaupunkiliikenteessä tärkeimpiä liukkaudentorjuntakohteita ovat mm.

- risteykset
- mäet ja kaarteet

- bussipysäkit
- tarvittaessa tasaisetkin pinnat.

Edellä mainituissa kohteissa tarvitsee tehdä tarvittaessa liukkaudentorjuntaa hiekoitushiekalla tai -sepelillä sää- ja keliolosuhteiden vaihtelujen vuoksi. Normaalin liukkaudentorjuntatarpeen lisäksi Lahdessa on erityistä tarvetta paikallisella bussiliikenteellä, joiden reiteistä osa sijoittuu todella mäkisille kaduille, ja jotka vaativat erityistä huomiota liukkaudentorjunnassa.

Hiekoitushiekkaa pyritään käyttämään TYL V2 -alueurakan kunnossapitokohteissa vain, joissa sen käyttö on todella tarpeellista ja soveltuvampaa hiekoitusepelin sijaan, koska se aiheuttaa keväällä pölyhaittoja lämpötilan kohotessa tuulen, auringon ja liikenteen vaikutuksien kanssa.

Hiekoitushiekkaa ilman lisäaineita ei juurikaan käytetä, koska se aiheuttaa mahdollista pölyämistä tai tarpeetonta hiekoitusmateriaalin leviämistä liian laajalla alueella levityskohteissa. Aiemmin hiekoitushiekasta on tehty laadullisesti parempaa lisäämällä suolaa (NaCl) hiekoitushiekan sekaan joko rakeena tai liuoksena. Hiekoitushiekasta tulee näin tehtynä huomattavasti toimivampaa, paremmin paikoillaan pysyvää sekä tarpeeton leviäminen vähenee alueilla. Maanteiden talvihoitomenetelmäohjeessa on suositeltu hiekoitushiekkaan lisättäväksi vuorisuolaa aiemmin noin 15 - 20 kg / (1,5-2 p-%) tai liuoksena noin 10 - 25 litraa / (1-2,5 p-%). (Liikennevirasto 2017, 70)

Alueurakassa hiekoitushiekan sekaan on lisätty kokeellisesti Eco-Melter S-raetta urakan alkuvaiheessa sekä myöhemminkin. Biohajoavasta materiaalista on saatu toimivaa hiekoitushiekkamateriaalia liukkaudentorjuntakäyttöön. Hiekoitusmateriaalin seostamista liukkaudentorjuntakäytössä on kokeiltu kahtena talvikautena 2017 - 2019, jolloin hiekan sekaan on lisätty Eco-Melter S-raemateriaalia määrältään noin 2,0 %/ton. Hiekoitushiekka materiaali edellä mainitulla seoksella on toiminut hyvin ja pitänyt kadun pinnan pitävänä. Erityisesti huomattavaa on, ettei materiaali aiheuta vuorisuolan tavoin levitettyyn ympäristöön kostumista ja ajoneuvojen likaantumista.

Hiekkaseos on pitänyt käyttöympäristön lämpötilan laskiessa kuivana ja tehnyt liikkumisesta alueilla miellyttävämpää. Tietenkin myös Eco-Melter-materiaalin käytössä on huomioitava samalla tavoin kuin aiemmin käytetyllä vuorisuolahiekkaseoksella, että liikenne- sekä muut olosuhde-muutokset lyhentävät materiaalin käyttöikä. Tämän vuoksi tarvittaessa on lisättävä Eco-Melter-hiekkamateriaalia käyttökohteisiin, jotta toimivuus säilyy levitetyillä alueilla. Alla kuva seostetusta Eco-Melter hiekoitushiekasta ja varastoinnista (kuva 35.)



Kuva 35. Hiekoitushiekkaan lisätty Eco-Melter S -rae materiaalia (Taavitsainen 2019).

Alla on laadittu taulukko Eco-Melter rae- ja eri hiekoitusmateriaalien yhteiskäyttöä varten. Taulukossa esitetyt käyttömäärät ovat olleet toimivia alueurakan käytössä ja käyttökokemuksen perusteella seosmäärät turvalisia.

Taulukko 12. Eco-Melter-raemateriaalien seosmäärät hiekoitusmateriaalien kanssa (Kemion, TRWays, Taavitsainen, 2019)

Hiekoitusmateriaalit	Levityskohde	Levitysmäärä g/m ²	Eco-Melter raemäärä 100 %
Hiekoitushiekka 0-8 mm	Kadut	100-350 g /m ²	2 %
Hiekoitussepele 3-6 mm	Kadut	100-350 g /m ²	2 %
hiekoitushiekka 0-8 mm	kvl.väylä, jalkakäytävät, L-auto pysäkit, pihat, puistokäytävät, torit	100-200 g /m ²	2 %
Hiekoitussepele 3-6 mm	kvl.väylä, jalkakäytävät, L-auto pysäkit, pihat, puistokäytävät, torit	100-200 g /m ²	2 %

6.4.3 Eco-Melter materiaalien käyttö portaiden liukkaudentorjunnassa

Lahden kaupungin alueurakoissa on paljon erilaisia portaita, jotka ovat ympärivuotisessa käytössä ja joissa on tarve käyttää liukkaudentorjuntaa talvikautena. On myös portaita, jotka on rakenteellisesti suunniteltu niin, että normaalisti ei ole lainkaan liukkaudentorjuntatarvetta.

Alueurakassa portaissa on talvikaudella samalla tavoin erilaisia liukkaudentorjuntatarpeita kuin esimerkiksi kaduilla. Talviaikana portaissa on tarvetta torjua liukkautta mm.

- kuuran, lumen ja jään sekä sulamisvesien vuoksi.

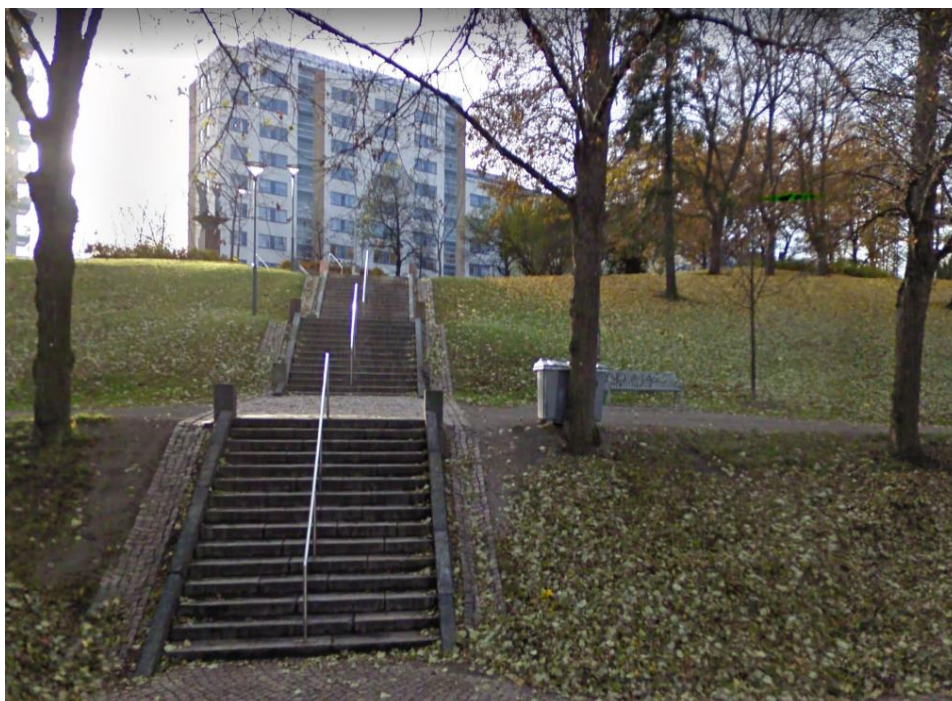
Eco-Melter rae- ja liuosmateriaaleja voidaan käyttää liukkaudentorjunnassa erilaisissa portaissa, joissa rakenteena on esimerkiksi kivi-, betoni- tai puu. Materiaalia voidaan levittää eri kohteisiin mm. rakeisena, liuksena tai hiekoitushiekan ja -sepin sekaan lisättynä.

Portaiden kunnossapitoa varten on laadittu erilaisiin sää- ja keliolosuhteisiin Eco-Melter -materiaalien käyttömäärätaulukko portaiden liukkaudentorjuntaan soveltuvaksi yhteistyössä Kemion Oy:n ja Tmi TRWays kanssa. Taulukossa on selvitetty eri porrastyypeille liuos- ja raemateriaalien käyttömäärät erilaisiin sää- ja keliolosuhteisiin.

Taulukko 13. Eco-Melter rae- ja liuosmateriaalien käyttö portaiden liukkaudentorjunnassa. (Kemion, TRWays, Taavitsainen 2019)

Portaiden liukkaudentorjunta	Eco Melter Rae / liuos	Eco Melter Rae / liuos	Eco Melter Rae / liuos
Porrastyytit	Kuura	lumi	jää
	g /m ²	g /m ²	g /m ²
Kiviportaat	50 / 50-75 (liuos)	50-75 / 50-100 (liuos)	50-75 / 50-100 (liuos)
Betoniportaat	50 / 50-75 (liuos)	50-75 / 50-100 (liuos)	50-75 / 50-100 (liuos)
Puuportaat	50 / 50-75 (liuos)	50-75 / 50-100 (liuos)	50-75 / 50-100 (liuos)

Alla kuva kivirakenteisista portaista Lahdessa, jossa tarvittaessa tehdään liukkaudentorjuntaa talvikaudella (kuva 36).



Kuva 36. Kiviportaat Lahden kirkkopuistossa (Taavitsainen 2019).

6.4.4 Eco-Binder materiaalien käyttö talvi- ja kesäpölynsidonnassa

Lahdessa on tarve tehdä talvipölynsidontaa niin kuin muissakin eri kaupungeissa heikentyneen ilmanlaadun ja katujen pölyämisen vuoksi, kun kevätset kadut alkavat pölyämään talven aikana levitetyn hiekoitushiekan vuoksi. Keinotekoisella talvipölynsidonnalla on mahdollista saada keväällä kaupungin ilma ja ympäristö laadultaan paremmaksi, kun esimerkiksi vesi- tai lumisateet eivät poista pölyistä ilmaa. Nykyisin pölynsidontatarvetta seurataan ja toteutetaan esimerkiksi ilmatieteen laitoksen hiukkaspitoisuuksien seurannalla ja niistä saatujen raporttien perusteella. Lahdessa talvipölynsidontaa toteutetaan tarvittaessa kaduilla ja A-luokan kevyen liikenteen väylillä.

Yleensä on vielä lunta maassa, kun kaduille levitetty hiekoitusmateriaali alkaa keväällä pölyämään ja vielä myös hiekoitusmateriaaleja tarvitaan liukaudentorjunnan vuoksi olla levitettynä kaduille ja kevyen liikenteen väylille. Pölyäminen alkaa yleensä pitemmän sateettoman pakkasjakson, auringon- ja tuulen vaikutuksesta sekä liikenteen vuoksi.

Pölyämisvaikutus kehittyy, kun katujen pintalämpötilat alkavat keväällä kohota auringon vaikutuksesta. Samalla kuivavat katujen pinnat sekä hiekoitusmateriaali, vaikka ilman lämpötilat saattavat olla vielä useitakin asteita pakkasen puolella. Jos pölynsidontaan tarvittavaa kosteutta ei tule sateen muodossa, niin talvipölynsidontaa tehdään tarvittaessa koneellisesti useammalla eri vaihtoehtoisella menetelmällä. Pölynsidonta liuosmateriaalia levitetään:

- linjaan
- pistemäisesti
- koko- tai osittain kadun- tai kevyen liikenteen väylän leveydeltä.

Joissakin olosuhteissa pölynsidontaa voidaan toteuttaa täsmälevityksenä esimerkiksi kadun reunassa olevien reunakivien läheisyyteen siirtyneen hiekoitushiekan päälle. Tällä menetelmällä saadaan taloudellisempaa pölynsidontaa. (kuva 37.)

Talvipölynsidontaa voidaan toteuttaa Kemion Oy:n valmistamalla kahdella eri liuosmateriaalia Eco-Binder ja Eco-Melter L-50 % -liuoksilla. Varsinainen biohajoava pölynsidontamateriaali on Eco-Binder, joka on erityisesti suunniteltu talvi- ja kesäpölynsidontaa varten. Eco Binder -liuosmateriaali on hygroskooppinen tuote, joka kerää ilmasta kosteutta pinnan kostuttamiseen ja jossa lisäksi on flokkaava ominaisuus, joka vaikuttaa pölyävään materiaaliin keräämällä pölyhiukkasia isommiksi kokonaisuuksiksi ja näin parantaen pölynsidontaominaisuutta. Edellä mainitut molemmat ominaisuudet vähentävät pölyn muodostumista ilmaan. Lisäksi flokkauksella voidaan vähentää haitallisten aineiden liukoisuutta ympäristöön (Kemion 2019).

Alla on taulukko talvipölynsidontaan Eco-Binder F materiaalille tehtynä ja sen laimentamiseen erillämpötiloissa. (taulukko 14.)

Taulukko 14. Talvipölynsidontaa Eco-Binder F liuosmateriaalilla (Nissinen, T., Pokkinen, N. 2019).

<i>Eco-Binder F tilavuus</i>	<i>Haluttu Eco-Binder F</i>	<i>Väkevän Eco-Binder F</i>	<i>Laimennusvettä tarvitaan</i>
laimennuksen jälkeen	pakkaskestävyys	tarve (L)	vettä (L)
litraa	°C	l	l
1000	-5	200	800
1000	-10	315	685
1000	-15	409	591
1000	-20	509	491
1000	-25	615	385
1000	-30	682	318
1000	-35	751	249

Talvipölynsidontaa voidaan tehdä toisena vaihtoehtona Eco-Melter L-50 -liuksella, jolla on toteutettavissa useampi kunnossapitotoiminto samanaikaisesti levitettävään kohteeseen. Kevättalvella on välillä tarve tehdä pölynsidontaa ja liukkaudentorjuntaa samalla kertaa yhtäaikaisena toimenpiteenä, jolloin esimerkiksi ennakoidaan tulevaa liukkaudentorjuntatarvetta. Tämän vuoksi on Lahdessa kevään talvisissa olosuhteissa käytetty Eco-Melter L-50 % -liuosta olosuhteisiin sopivalla laimennuksella, jolla voidaan samalla kertaa tehdä talvipölynsidontaa ja torjua liukkautta samalla materiaalilla, kun liuospitoisuus on riittävä liukkaudentorjuntaankin. Näin toimien voidaan vaikuttaa kustannuksiin toteuttamalla tarvittavassa käyttötilanteessa materiaalien yhteiskäyttönä, kuin niitä toteutettaisiin erimateriaaleilla useina kertoina levitettynä.

Talvipölynsidontaa varten on laadittu levitysmäärätaulukko, jossa on huomioitu eri käyttölämpötilat tarvittaviin käyttöolosuhteisiin. Eco-Binder F -taulukon annosteluohjetta voidaan käyttää myös Eco-Melter L-50 % -liuksen laimentamiseen, koska niiden pitoisuudet ovat samat ennen laimennusta. (Nissinen 2018)

Taulukko 15. Eco-Melter liuosmateriaalien talvi- ja kesäpölynsidonta käyttötaulukko (Kemion, TRWays, Taavitsainen 2019).

<i>Talvi- ja kesäpölynsidontaa Eco - Binder F pölynsidontamateriaalilla / päällystepintaiset kadut ja kvl.väylät</i>					
Pölynsidontatarve	Eco -Binder F 50 % / vesi	Pakkaskestävyys	Liuosta litraa	vettä litraa	Eco- Binder 100 % (kuiva-aines)
Kevät pölynsidontaa (yöpakkasia)	50/50 %	-20	500	500	335,0
Kevät pölynsidontaa	31,5/68,5 %	-10	315	685	211,1
Uusinta pölynsidontaa	25/75 %	(-10...-5)	250	750	167,5
Hiekoitushiekan poisto, tms.	20/80 %	-5	200	800	134,0
<i>Kesäpölynsidontaa Eco - Binder F pölynsidontamateriaalilla / sora- ja murskepintaiset väylät</i>					
Pölynsidontatarve	Eco -Binder F 50 % / vesi	Pakkaskestävyys	Liuosta litraa	vettä litraa	Eco- Binder 100 % (kuiva-aines)
Kevät pölynsidontaa (kevään aloitus)	50/50 %	-20	500	500	335,0
Uusinta pölynsidontaa	31,5/68,5 %	-10	315	685	211,1
Uusinta pölynsidontaa (minimi määrä)	25/75 %	(-10...-5)	250	750	167,5
Rakennustyömaat yms. Jossa pölynsidontatarve on suuri	100% / 0 %	-50	1000	0	670,0
Alkukostutus parantaa pölynsidontan onnistuvuutta ja -kestävyyttä					

6.4.5 Talvipölynsidontaa eri työmenetelmillä

Talvipölynsidonta täsmäpölynsidontamenetelmässä liuosmateriaalia levitetään etupesulaitteella tai takakastelulaitteella vain niihin kohtiin, joissa pölyävää hiekoitusmateriaalia on kadulla. Tällä menetelmällä saadaan taloudellisempaa toimintaa toteutettua materiaalimäärän levikin osalta. Alla on kuva keväällä 2018 Lahdessa tehdystä täsmäpölynsidonnasta. Pölynsidontaa tehdään ajosuunnassa kaksiajorataisen keskimmaisella katuosalla. Valokuvassa alimmat kuvat on otettu tehdyn työtehtävän jälkeen.



Kuva 37. Täsmä-pölynsidontatyön toteutus ja valokuvia työtehtävän jälkeen (Taavitsainen, 2018).

Kun talvipölynsidontaa halutaan toteuttaa ajoradan leveydeltä, niin toimiva menetelmä on kuorma-auton päälle asennettu vesisäiliö ja takakastelulaite. Tällä menetelmällä saadaan pölynsidonta onnistumaan hyvin.

Alla on valokuvia, kun vesisäiliön takakastelulaitteella on tehty pölynsidontaa Uudenmaankadulla Lahdessa. Kahdessa ylimmässä valokuvassa on kuvattu Lahden Launeen alueella tehtyä talvipölynsidontaa ajoradan reunimmaiselle kaistalle tehtynä iltapäivällä 26.3.2019 Eco-Melter L-50 % -liuoksella, jota on laimennettu pölynsidontaa ja samalla myös liukkaudentorjuntakäyttöä varten. Kaksi alinta valokuvaa on otettu 28.3.2019, kun pölynsidonta -materiaali on jo vaikuttanut melkein 2vrk. Alla olevista valokuvista voi havaita hyvin onnistuneen talvipölynsidonnän toimivuuden.



Kuva 38. Lahdessa talvipölynsidonnan toteutusta ja kun materiaali on vaikuttanut noin 2vrk (Taavitsainen 2019).

6.4.6 Kesäpölynsidonta

Lahden keskusta -alueurakan alueella on sorapintaisia P-alueita, katuja ja kevyen liikenteen väyliä, joissa on tarve tehdä tarvittaessa pölynsidontaa pölyävän hiukkaspitoisuuksien kasvun vuoksi. Kesäpölynsidontaa tehdään alueurakassa yleensä kevään tai alkukesän aikana sekä uusintakäsittelyjä myöhemmin kesänaikana, jos olosuhteet muuttuvat kuivuuden tai muun toiminnan vaikutuksen vuoksi pölyäväiksi. Nykyisin tärkeimpiä sorapintaisia pölynsidontakohteita on urakka-alueella mm. Lahden satamassa ja sen lähiympäristössä, jossa on ravintolapalveluja ja jossa muutenkin alueen virkistyskäytön vuoksi ihmisiä liikkuu paljon sorapintaisilla väylillä.

Kesäpölynsidontaan on ensisijaisesti suunniteltu Eco-Binder F -pölynsidontaliuosmateriaali tai vaihtoehtoisesti mahdollista käyttää myös Eco-Melter L-50 % -liuosta. Pölynsidonnassa keväällä tai alkukesän aikana liuosta laimennetaan taulukon 15. mukaisesti, jolloin pitoisuus on alkuun väkeväämpää ja uusittaessa on mahdollista käyttää laimeampaa liuosta. Keväällä on tärkeää ottaa huomioon maassa oleva maakosteus sekä levitysajankohta, joka parantaa pölynsidonnan onnistuvuutta. Esikastelulla, jolla saadaan aikaan enemmän rakenteellista sitovuutta sora- tai murskepinnan pölynsidonnassa. Kesäpölynsidontamateriaalin annostelusta eri käyttökohteisiin on tarkemmin selvitetty aiemmin taulukossa 15.

7 TALOUDELLISUUS TARKASTELU

7.1 Kustannusvertailua Eco-Melter-materiaalien käytöstä

Opinnäytetyössä aiemmin on käsitelty biohajoavien materiaalin käyttöä eri käyttötarkoituksissa. Materiaalien käyttöön liittyvät olennaisesti kustannukset, joista suurimmat koostuvat biohajoavien materiaalien hankinnasta ja käytöstä. Eco-Melter-materiaalien kustannukset ovat huomattavasti kalliimmat kuin vuorisuolan tai vastaavien teollisten materiaalien hinnat, minkä vuoksi materiaalien hankinta ja käyttökustannusten optimointi ovat tärkeitä, kun pyritään taloudellisuuteen.

Lahden alueurakassa on tarve ollut selvittää varsinkin urakoitsijan näkökulmasta, miten kustannuksiin on mahdollista vaikuttaa taloudellisuutta tavoitellessa. Aiemmin on havaittu, että materiaalien käyttökustannuksiin vaikuttavat materiaalien oikea ja optimikäyttö eri tilanteissa.

Materiaalien optimikäyttöä varten työssä aiemmin on esitetty taulukoita, kuinka biohajoavia materiaaleja on tarve eri tilanteissa käyttää. Näiden lisäksi on selvitetty laiteteknistä toimintaa taulukoilla, joista selviää, materiaalmäärät muuttuvat eri käyttömäärillä ja eri materiaalien yhteis- tai erikseen käytössä.

Käytettäessä pelkkää liuosta tai kostutettua liukkaudentorjuntamateriaalia, niin taulukoiden avulla on mahdollista arvioida, millaisia kustannusvaihtokuituksia eri käyttömäärillä on materiaalia levitettäessä. Tietenkin ensisijaisesti pitää määrittää oikeat käyttömäärät liikenneturvallisuuden ja senhetkisen sää- ja keliolosuhteiden kannalta, jolloin sääennusteet ja niiden mahdolliset muutokset on otettu huomioon. Kun materiaaleja on tarve olosuhteiden vuoksi käyttää, kustannuksien arviointi on kuitenkin päätöksiä tehtäessä liikenneturvallisuuden vuoksi toissijaista.

Seuraavissa kappaleissa on selvitetty esimerkkien avulla tarkemmin, kuinka on mahdollista saada aikaan taloudellisempaa toimintaa materiaalien käytössä. Taloudellisen toiminnan yksityiskohtaisempaa ja laajempaa selvitystä rajoittaa pääurakoitsijoiden yritystoiminta ja siihen liittyvät yrityssalaukset. Sen vuoksi en ole kovin laajasti työssä tuonut taloutta esille.

7.1.1 Eco-Melter- materiaalien käyttökustannukset

Sääolosuhteet ovat talvikaudella hyvin vaihtelevia varsinkin syksyllä ja keväällä mm. erilaisten sateiden, lämpötilojen vaihtelun vuoksi. Tämän vuoksi liukkaudentorjuntamateriaalien käytössä on tarve huomioida materiaalien käyttömääriä eri käyttötilanteessa. Tämä korostui varsinkin Eco-melter-materiaalien kustannuksissa. Niihin on mahdollista vaikuttaa mate-

riaalivalinnoilla ja optimoimalla materiaalin käyttöä ja ottamalla huomioon erilaisten sää- ja keliolosuhteiden vuoksi levitysmäärien käyttömäärää.

Materiaalien käytön valintaan kustannusvaikutusten kannalta on myöhemmin työssä tuotu esille laimeamman liuosmateriaalin käyttö esimerkiksi kuuraliukkauden torjunnassa liuoksena tai kostutettuna raemateriaalin kanssa. Laimeampaa liuosta käytetty alueurakassa syksyn 2019 aikana ainoastaan kevyen liikenteen väylillä. Se on onnistunut hyvin kuuraliukkauden torjunnassa. Materiaalin käytön kokeilua kannustaa käyttöön soveltuvissa kohteissa huomattavasti taloudellisempi hankintahinta kuin nykyisin käytössä oleva Eco-Melter- L-50 liuos.

7.1.2 Eco-Melter S- rae- ja L-50- liuosmateriaalien taloudellinen käyttö

Alla olevassa taulukossa on Eco-Melter S-rae ja Eco-Melter L-50 -materiaalista on tehty kustannusvertailua. Taulukossa hintoja ei ole tuotu näkyviin yrityssalauksen vuoksi, mutta ne on laskettu yritysten hinnoilla yrityskäyttöä varten.

Taulukko on tehty teoreettiselle levitysalueelle ja kahdelle eri materiaalin levitysmäärälle 10- ja 20 g/m². Kustannukset on laskettu muutettaessa materiaalia liuoksesta rakeeseen ja rakeesta liuokseen eri pitoisuuksilla sekä keskiarvosta 50/50 % -pitoisuuksista eri suuntiin muutettaessa prosentuaalisesti. Taulukosta on huomattavissa, kuinka kustannukset muuttuvat prosentuaalisesti muutettaessa liukkaudentorjuntamateriaalien kostutus- pitoisuutta eri keli- ja sääolosuhteisiin soveltuvaksi. (taulukko 16.)

Taulukko 16. Eco-melter S -rae ja L-50 %- liuosmateriaalien yhteiskäyttö (Taavitsainen 2019).

Taulukossa selvitetty Eco-Melter materiaalien levitysmäärien muutosvaikutus 100000 m ² määrään verraten												
Materiaalit	Materiaalin levitysmäärä	Eco-Melter S rae	Levitysmäärä ja -alue kg/m ²	Hinta /€ tn	Eco-Melter liuos L50 %	Levitysmäärä ja -alue kg/m ²	Hinta /€ tn	Rae ja liuos	Rae ja liuos	Rae ja liuos	Rae ja liuos	
Eco-Melter S ja Eco-Melter L 50	Rae ja liuos-pitoisuus	Levitysmäärä	Rae materiaali	Hinta yhteensä	Levitysmäärä	Eco-Melter L 50 % liuos levitysmäärä	Hinta liuos yht.	Rae ja liuos	Muutos €	Muutos €	Muutos €	
Materiaalien pitoisuuden muutos %	Eco-Melter rae ja liuos kostutettuna	Eco-Melter S + Eco-melter L 50 % (100 % kuiva-aines)	Rae 100 %	Eco-Melter S rae levitysmäärä	Hinta rae yht.	Liuos L 50%	Eco-Melter L 50 % liuos levitysmäärä	Hinta liuos yht.	Rae ja liuos	Liuoksesta rakeeseen (+) %	Rakeesta liuokseen (-) %	Kustannusvaikutus levityspitoisuus (±) 50 / 50 %
Rae % / Liuos %	g / m ²	g / g m ²	g / m ²	kg / 100000 m ²	eur / kg	g / m ²	kg / 100000 m ²	€ / kg	€ / yhteensä	% / muutos	% / muutos	% / muutos
0 % / 100 %	10	0g/5,0g	0	0		10	1000		Alin hinta	0,00	-9,59	-5,04
10 % / 90 %	10	1g/4,5g	1	100		9	900			1,06	-8,63	-4,03
20 % / 80 %	10	2g/4,0g	2	200		8	800			2,12	-7,67	-3,02
30 % / 70 %	10	3g/3,5g	3	300		7	700			3,18	-6,71	-2,01
40 % / 60 %	10	4g/3,0g	4	400		6	600			4,24	-5,75	-1,01
50 % / 50 %	10	5g/2,5g	5	500		5	500		Keskiarvo	5,30	-4,79	0,00
60 % / 40 %	10	6g/2,0g	6	600		4	400			6,36	-3,84	1,01
70 % / 30 %	10	7g/1,5g	7	700		3	300			7,42	-2,88	2,01
80 % / 20 %	10	8g/1,0g	8	800		2	200			8,48	-1,92	3,02
90 % / 10 %	10	9g/0,5g	9	900		1	100			9,54	-0,96	4,03
100 % / 0 %	10	10g/0,0g	10	1000		0	0		Suurin hinta	10,60	0,00	5,04
0 % / 100 %	20	0g/10g	0	0		20	2000		Alin hinta	0,00	-9,59	-5,04
10 % / 90 %	20	2g/9g	2	200		18	1800			1,06	-8,63	-4,03
20 % / 80 %	20	4g/8g	4	400		16	1600			2,12	-7,67	-3,02
30 % / 70 %	20	6g/7g	6	600		14	1400			3,18	-6,71	-2,01
40 % / 60 %	20	8g/6g	8	800		12	1200			4,24	-5,75	-1,01
50 % / 50 %	20	10g/5g	10	1000		10	1000		Keskiarvo	5,30	-4,79	0,00
60 % / 40 %	20	12g/4g	12	1200		8	800			6,36	-3,84	1,01
70 % / 30 %	20	14g/3g	14	1400		6	600			7,42	-2,88	2,01
80 % / 20 %	20	16g/2g	16	1600		4	400			8,48	-1,92	3,02
90 % / 10 %	20	18g/1g	18	1800		2	200			9,54	-0,96	4,03
100 % / 0 %	20	20g/0g	20	2000		0	0		Suurin hinta	10,60	0,00	5,04

7.1.3 Eco-Melter S -rae ja liuos L-20 % -materiaalien yhteiskäyttö

Aiempana esitettiin oma kokemus vuorisuolasta tehdyn liuoksen käytöstä liukkaudentorjunnassa Ely-tieverkolla käyttötarkoitukseen soveltuvissa kohteissa. Vuorisuolaliuos on soveltunut aiemmin liukkaudentorjuntaan pelkkänä liuksena tai vuorisuolan kanssa kostutettuna. Tämän vuoksi olen selvittänyt kokeellisesti Lahdessa syksyn 2019 aikana Eco-Melter L-20 (p.-24%) -liuoksen toimivuutta CitiCAP-kevyenliikenteenväylällä kuura-liukkauden poistamisessa. Liuos on toiminut siinä onnistuneesti.

Käytettäessä esimerkiksi syksyn kuuraliukkauksiin laimeampaa L-20-liuosta liuos- tai raemateriaalin kanssa kostutettuna, kustannuserot ovat huomattavat laimeamman liuoksen käytön eduksi vertailtaessa niiden hintoja vaihtoehtoiseen L-50 (p-50%) liuos- ja raemateriaalin yhteiskäyttöön. Siksi olen laatinut taulukon, jossa on vertailtu kustannuksia vaihtoehtoisen materiaalin käytöstä vastaavanlaisessa tilanteessa.

Alla olevassa taulukossa 17. on selvitetty ja vertailtu Eco-Melter S -rae ja Eco-Melter L-20 (24 p-%) -liuoksen kustannuseroja kahdella eri levitysmäärällä (10- ja 20 g/m²) teoreettiselle pinta-alalle. Edellisen taulukon mukaisesti hintoja ei ole tuotu näkyviin yrityssalauksen vuoksi, mutta ne on laskettu yritysten hinnoilla yrityskäyttöä varten.

Taulukosta on havaittavissa kustannuseroja muutettaessa esimerkiksi lähötötilanteesta 100 %:inen liuos ja siirryttäessä kohti kostutuspitoisuutta 50/50 % tai 100 %:sta raepitoisuutta kohti. Teoreettinen kustannusmuutos on prosentuaalisesti huomattava, ja se korostuu käyttöalueen laajentumissa.

Käytettäessä L-50 % -materiaalin sijaan laimeampaa liuosta L-20 (24 p-%) on mahdollista muuttaa kostutusta siten, että 100 %:n määrä on vähintään sama tai suurempi kuin valittaessa L-50- liuos- ja raemateriaalin kanssa. (taulukko 18.) Näinkin toimien kustannusvaikutukset ovat vielä kuitenkin taloudellisemmat kokonaisuudessaan verrattuna L-50-liuoksen kustannuksiin TYL V2 -alueurakassa käytettävillä hankintahinnoilla.

Taulukko 17. Eco-Melter S -rae ja liuos L-20 % materiaalien yhteiskäyttö (Taavitsainen 2019).

Taulukossa selvitetty Eco-Melter materiaalien levitysmäärän muutosvaikutus 100000 m ² määrään verraten												
Materiaalit	Materiaalin levitys määrä	Materiaalin levitys määrä	Eco-Melter S rae	Materiaalin levitys määrä	Hinta / € tn	Eco-Melter liuos L50 %	Levitysmäärä ja -alue kg/m ²	Hinta / € tn	Rae ja liuos	Rae ja liuos	Rae ja liuos	Rae ja liuos
Eco-Melter S ja Eco-Melter L-20 (24%)	Rae ja liuos	Rae ja liuosmäärät	Levitysmäärä	Rae materiaali		Levitysmäärä	Liuos materiaali		Hinta yhteensä	Muutos €	Muutos €	Hinta vertailu
Materiaalien pitoisuuden muutos %	Eco-Melter S rae ja liuos L-20 (kustutettuna)	Eco-Melter S ja Eco-melter L-20 (24 %) (S+L-20)	Rae 100 %	Eco-Melter S rae levitysmäärä	Hinta rae yht.	Liuos L-50%	Eco-Melter L-20 24 % liuos levitysmäärä	Hinta liuos yht.	Eco-Melter S ja Eco-melter L-20 (24 %) (S+L-20)	Liuoksesta liuokseen (+) %	Rakeesta liuokseen (-) %	Kustannusvaikutus levityspitoisuus (t) 50 / 50 %
Rae % / Liuos %	g / m ²	g / g m ²	g / m ²	kg / 100000 m ²	€/100000 m ²	g / m ²	kg / 100000 m ²	€/100000 m ²	€ / yhteensä	% / muutos	% / muutos	% / muutos
0 % / 100 %	10	0g / 2,4g	0	0		10	1000		Alin hinta	0,0	-48,70	-32,18
10 % / 90 %	10	1g / 2,16g	1	100		9	900			9,49	-43,83	-25,75
20 % / 80 %	10	2g / 1,92g	2	200		8	800			18,98	-38,96	-19,31
30 % / 70 %	10	3g / 1,68g	3	300		7	700			28,48	-34,09	-12,87
40 % / 60 %	10	4g / 1,44g	4	400		6	600			37,97	-29,22	-6,44
50 % / 50 %	10	5g / 1,2g	5	500		5	500		Keskiarvo	47,46	-24,35	0,0
60 % / 40 %	10	6g / 0,96g	6	600		4	400			56,95	-19,48	6,44
70 % / 30 %	10	7g / 0,72g	7	700		3	300			66,44	-14,61	12,87
80 % / 20 %	10	8g / 0,48g	8	800		2	200			75,93	-9,74	19,31
90 % / 10 %	10	9g / 0,24g	9	900		1	100			85,43	-4,87	25,75
100 % / 0 %	10	10g / 0,0g	10	1000		0	0		Suurin hinta	94,92	0,0	32,18
Rae % / Liuos %	g / m ²	g / g m ²	g / m ²	kg / 100000 m ²	€/100000 m ²	g / m ²	kg / 100000 m ²	€/100000 m ²	€ / yhteensä	% / muutos	% / muutos	% / muutos
0 % / 100 %	20	0g / 4,8g	0	0		20	2000		Alin hinta	0,0	-48,70	-32,2
10 % / 90 %	20	2g / 4,32g	2	200		18	1800			9,49	-43,83	-25,8
20 % / 80 %	20	4g / 3,84g	4	400		16	1600			18,98	-38,96	-19,3
30 % / 70 %	20	6g / 3,36g	6	600		14	1400			28,48	-34,09	-12,9
40 % / 60 %	20	8g / 2,88g	8	800		12	1200			37,97	-29,22	-6,4
50 % / 50 %	20	10g / 2,4g	10	1000		10	1000		Keskiarvo	47,46	-24,35	0,0
60 % / 40 %	20	12g / 1,92g	12	1200		8	800			56,95	-19,48	6,4
70 % / 30 %	20	14g / 1,44g	14	1400		6	600			66,44	-14,61	12,9
80 % / 20 %	20	16g / 0,96g	16	1600		4	400			75,93	-9,74	19,3
90 % / 10 %	20	18g / 0,48g	18	1800		2	200			85,43	-4,87	25,8
100 % / 0 %	20	20g / 0g	20	2000		0	0		Suurin hinta	94,92	0,0	32,2

Alla on taulukko, jossa vertailtu L-50 ja L-20 materiaalien kuiva-aines määriä samoilla kustutuspituisuuksilla.

Taulukko 18. Työnjohto- ja kuljettajataulukko rae- ja L-50- ja L-20 liuosyhteiskäyttö vertailu.(Taavitsainen 2019)

Työnjohto- ja kuljettajataulukko / Rae- ja liuos yhteiskäyttö					L-20 (24 %)	L-50 (50 %)
Levitys määrä	Levitysmäärä ja materiaali %	Eco-Melter rae 100 %	Eco-Melter liuos L-50 50 %	Eco-Melter liuos ja rae yhteensä	Eco-Melter rae- ja liuos kuiva-aines määrä 100 %	Eco-Melter rae- ja liuos kuiva-aines määrä 100 %
g /m ²	g/(Rae %/Liuos %)	g/m ²	g/m ²	liuos ja rae g/m ²	liuos ja rae 100 % g/m ²	liuos ja rae 100 % g/m ²
5	5 g (10% / 90%)	0,5	4,5	5	1,58	2,75
5	5 g (20% / 80%)	1	4	5	1,96	3
5	5 g (30% / 70%)	1,5	3,5	5	2,34	3,25
5	5 g (40% / 60%)	2	3	5	2,72	3,5
5	5 g (50% / 50%)	2,5	2,5	5	3,1	3,75
5	5 g (60% / 40%)	3	2	5	3,48	4
5	5 g (70% / 30%)	3,5	1,5	5	3,86	4,25
5	5 g (80% / 20%)	4	1	5	4,24	4,5
5	5 g (90% / 10%)	4,5	0,5	5	4,62	4,75
10	10 g (10% / 90%)	1	9	10	3,16	5,5
10	10 g (20% / 80%)	2	8	10	3,92	6
10	10 g (30% / 70%)	3	7	10	4,68	6,5
10	10 g (40% / 60%)	4	6	10	5,44	7
10	10 g (50% / 50%)	5	5	10	6,2	7,5
10	10 g (60% / 40%)	6	4	10	6,96	8
10	10 g (70% / 30%)	7	3	10	7,72	8,5
10	10 g (80% / 20%)	8	2	10	8,48	9
10	10 g (90% / 10%)	9	1	10	9,24	9,5
15	15 g (10% / 90%)	1,5	13,5	15	4,75	8,25
15	15 g (20% / 80%)	3	12	15	5,88	9
15	15 g (30% / 70%)	4,5	10,5	15	7,02	9,75
15	15 g (40% / 60%)	6	9	15	8,16	10,5
15	15 g (50% / 50%)	7,5	7,5	15	9,3	11,25
15	15 g (60% / 40%)	9	6	15	10,44	12
15	15 g (70% / 30%)	10,5	4,5	15	11,58	12,75
15	15 g (80% / 20%)	12	3	15	12,72	13,5
15	15 g (90% / 10%)	13,5	1,5	15	13,86	14,25
20	20 g (10% / 90%)	2	18	20	6,32	11
20	20 g (20% / 80%)	4	16	20	7,84	12
20	20 g (30% / 70%)	6	14	20	9,36	13
20	20 g (40% / 60%)	8	12	20	10,88	14
20	20 g (50% / 50%)	10	10	20	12,4	15
20	20 g (60% / 40%)	12	8	20	13,92	16
20	20 g (70% / 30%)	14	6	20	15,44	17
20	20 g (80% / 20%)	16	4	20	16,96	18
20	20 g (90% / 10%)	18	2	20	18,48	19
25	25 g (10% / 90%)	2,5	22,5	25	7,9	13,75
25	25 g (20% / 80%)	5	20	25	9,8	15
25	25 g (30% / 70%)	7,5	17,5	25	11,7	16,25
25	25 g (40% / 60%)	10	15	25	13,6	17,5
25	25 g (50% / 50%)	12,5	12,5	25	15,5	18,75
25	25 g (60% / 40%)	15	10	25	17,4	20
25	25 g (70% / 30%)	17,5	7,5	25	19,3	21,25
25	25 g (80% / 20%)	20	5	25	21,2	22,5
25	25 g (90% / 10%)	22,5	2,5	25	23,1	23,75
30	30 g (10% / 90%)	3	27	30	9,48	16,5
30	30 g (20% / 80%)	6	24	30	11,76	18
30	30 g (30% / 70%)	9	21	30	14,04	19,5
30	30 g (40% / 60%)	12	18	30	16,32	21
30	30 g (50% / 50%)	15	15	30	18,6	22,5
30	30 g (60% / 40%)	18	12	30	20,88	24
30	30 g (70% / 30%)	21	9	30	23,16	25,5
30	30 g (80% / 20%)	24	6	30	25,44	27
30	30 g (90% / 10%)	27	3	30	27,72	28,5

8 TUTKIMUKSEN DISKUSSIO

8.1 Pohdintaa Euroopan unionin ja Lahden kaupungin tavoitteista

Opinnäytetyössä on selvitetty Euroopan unionin ja erityisesti Lahden kaupungin ympäristöpoliittisen päätöksen vuoksi Eco-Melter materiaalien toimivuutta vuorisuoloan verrattuna.

Euroopan unionin ja erityisesti Lahden kaupungin asettama tavoite puhtaamman ympäristön suojelusta, säilyttämisestä ja parantamisesta on Lahdessa alkanut toteutumaan Lahden kaupungin ja TYL V2 alueurakan toteuttamana. Biohajoavien materiaalien käytön toteutusta on tehty alueurakassa hyvässä ja kehittävässä yhteistyössä tilaajan kanssa tulevaisuutta huomioiden, josta Lahteen on saatu aikaan hyvä ja lupaava kehitys toimintaan. Ympäristön kehittyminen puhtaammaksi tulevaisuudessa Lahden alueella vaatii biohajoavien materiaalien käytön laajentamista Lahden eri alueurakoihin, jotta vaikutukset alkavat myöhemmin näkymään paremmin.

Lahden keskustan alueurakassa käyttökokemukset TYL V2-alueurakoinnissa biohajoavien materiaalien käytöstä ovat kokonaisuudessaan myönteisiä, ja materiaalien käyttö varmasti laajenee tulevaisuudessakin. Suurimpana kehityksen esteenä ovat materiaalien hankinta- ja käyttökustannukset, joilla on vaikutusta kohteiden laajenemiseen ja toiminnan kehittämiseenkin.

8.1.1 Työn tuloksista

Työssä on laadittu biohajoavien materiaalien käyttöä varten taulukoita, joita aiemmin on ollut käytettävissä osittain, viitteellisesti tai vaillinaisesti. Taulukoita laadittaessa on otettu huomioon aiempia tutkimuksia, ja työn tulokset tukevat niistä tehtyjä selvityksiä.

Työssä on tuotu esille biohajoavien materiaalien käytön taloudellisuuden kehittämiseen liittyviä perusteita taulukkoina ja numeerisina selvityksinä, joskin pääurakoisijoiden liiketoiminta rajoittaa niitä julkaisemasta laajemmin. Biohajoavien materiaalien käytön taloudellisuutta on mahdollista kehittää tehtyjen selvitysten avulla, ja niitä on jo työn aikana käytännössä kokeiltu onnistuneesti.

8.2 Tutkimuskysymys

Opinnäytetyön alkuvaiheessa on laadittu tutkimuskysymys, kuinka on mahdollista saada toiminnallisempaa ja taloudellisempaa toimintaa Eco-Melter materiaalien käytön optimoinnilla.

Toiminnalliseen kysymykseen on vastattu opinnäytetyössä monessa eri kohdassa selvittämällä Eco-Melter-materiaalien käyttöä eri olosuhteissa ja laatimalla tarvittavia taulukkomuotoisia käyttöohjeita.

Taloudelliseen kysymykseen on myös vastattu opinnäytetyön sisällössä suunnittelemalla tarvittavia ohjetaulukoita, joiden perusteella on mahdollista optimoida eri Eco-Melter materiaalien huomattavia käyttökustannuk-

sia eri käyttökohteissa ja -tilanteissa. Taulukoiden perusteella voidaan vaikuttaa materiaalin käyttökustannuksiin yksittäisenä tai useina kertoina toistuvina kustannuksina.

8.3 Työn oma-arviointi

Työssä oli haastetta laatia toiminnallista ja taloudellista toimintaa varten erilaisia taulukoita, joita ei ollut aiemmin käytössä, jotka on yleiseen käyttöön tarkoitettu. Työn toteuttamista on auttoi todella hyvä ja antoisa yhteistyöhalukkuus varsinkin materiaalitoimittajien osalta. Työn toteutuksessa oli haastetta, kun biohajoavien materiaalien taloudelliset ja käyttö tavoitteet oli erilaiset pääurakoitsijoilla ja materiaalin toimittajilla.

Työn tekeminen oli kiinnostavaa, koska itselläni on ollut samalla mahdollista olla toiminnan kehittämisessä mukana. Samalla tuli mahdollisuus hyödyntää laadittuja selvityksiä alueurakan eri kunnossapitotoiminnoissa.

8.3.1 Tutkimuksen reliabiliteetti ja validiteetti

Tutkimuksen tuloksien luotettavuutta on tarkasteltu reliabiliteetti ja validiteetti menetelmällä, jotka ovat opinnäytetöiden luotettavuuden mitaustapoja. Tutkimusta tehtäessä on pyritty puolueettomaan, rehelliseen toimintatapaan, jolla on saatu mahdollisimman realistinen kuva tutkimuskohteesta.

Työn reliabiliteetti ilmenee taulukoissa, jotka on laadittu aiempien liikenne- ja väyläviraston tehtyjen materiaalien toimivuustutkimuksien perusteella, biohajoavien materiaalien teknisten toimivuuksien sekä kemian alan asiantuntijoiden teknisen asiantuntevuuden, jatkuvan toiminnan kehittämisen sekä käytännön kokemusten perusteella. Lisäksi työssä on huomioitu Lahdessa saadut käytännön kokemukset reilun kahden vuoden aikajaksolta.

Materiaalien käyttömäärä taulukot on laadittu ohjeellisiksi taulukoiksi, joiden pysyvyys säilyy ohjeellisena lähtökohtana tulevaisuuden käytössä. Mahdollista on, että toimintojen sekä laitteiden kehittyessä teknisesti niihin tulee tulevaisuudessa pieniä muutoksia.

Tulevaisuuden keskilämpötilat ovat muuttumassa Suomessakin lämpimämpään suuntaan, joka tukee materiaalien käyttötaulukoiden paikkansapitävyyttä, koska olosuhteet teoriassa on muuttumassa toimivuuksien osalta paremmin toimivaksi.

Työnjohdolle ja kuljettajille tarkoitetuissa taulukoissa on selvitetty materiaalikäyttöä urakassa käytössä olleilla materiaaleilla laiteteknisesti. Saman laatutason omaavilla materiaaleilla ja parametreilla toteutettuna tulokset ovat toistettaessa samanlaisia.

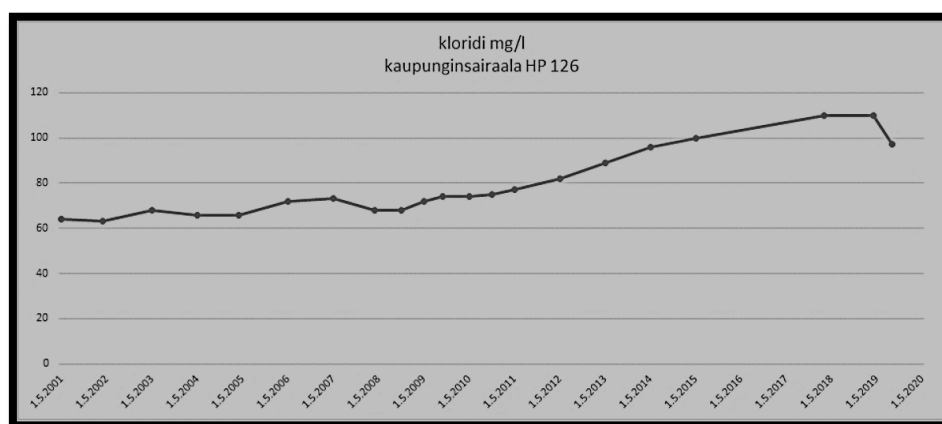
Biohajoavan materiaalin taloudellisen käytön selvityksen reliabiliteetti näkyy kustannusvaikutuksista. Tulokset ovat suuntaa antavia, mutta niiden perusteella on mahdollisuus kehittää toiminnan taloudellisuutta tulevaisuudessa. Materiaalien käytön taloudellisuutta tarkasteltaessa on erilaisia muuttujia, jotka vaikuttavat lopputulokseen ja tarkastelua toistettaessa muuttavat lopputulosta.

Materiaalien käyttöä koskevat ohjetaulukot ovat valideja, koska niiden pohjana on käytetty aiempia Liikenne- ja väyläviraston tekemiä materiaalien toimivuutta koskevia tutkimuksia, biohajoavien materiaalien teknistä toimivuutta koskevia tutkimuksia sekä kemian alan asiantuntijoiden teknistä ja kehitystyöhön liittyvää asiantuntevuutta. Lisäksi myös selvityksessä on huomioitu Lahden keskustan alueurakassa saadut käytännön kokemukset yli kahden vuoden ajanjaksolta.

Materiaalitalulukoiden valideettia erityisesti on selvitetty Kemion Oy ja Tmi TRWays yritysten johtajien kanssa. Taulukot ovat ohjeellisia ja turvallisia käyttöä ilmoitetuilla tai suuremmilla arvoilla, joissa huomioitava niihin liittyvät tarvittavat ennakkovalmistelut katukäytössä. Opinnäytetyössä valideetti rajoittuu suurimmillaan 60km/h ajonopeuksiin.

8.4 Kloridipitoisuuden nykytila

Eco-melter materiaalien käytön vaikutus urakka-alueella on jo mahdollisesti huomattavissa syksyllä 2019 saatujen raporttien perusteella. Raportista on havaittavissa kloridipitoisuuden kasvun muutos laskevaan suuntaan 1.5.2019 tehdyn mittauksen perusteella. Mittaus on tehty Lahden kaupunginsairaalan läheisyydessä havaintopiste 126 kohteessa. (kuva 39.) Kehityksen todellisuus tulee varmasti vielä paremmin esille myöhemmin, kun on määrällisesti saatavilla enemmän tutkimustuloksia.



Kuva 39. Kloridipitoisuusraportti Lahden kaupungin havaintopisteestä 126. (Mäyränpää 2019).

9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Lahden kaupungin päätös siirtyä biohajovien Eco-Melter -tuotteiden käyttäjäksi oli rohkea ja maailman mittakaavassa ainutlaatuinen. Pitkään käytössä olleista klorideista luovuttiin keskustan alueurakassa täysin, ja teiden hoidossa siirryttiin uuteen aikakauteen. Tämä oli samanaikaisesti myös iso muutos urakoitsijalle, jolla ei ollut aikaisempaa kokemusta biohajoavista Eco-Melter materiaaleista.

Yli kahden vuoden käyttökokemusten jälkeen voidaan todeta, että teiden hoito onnistuu lähes yhtä tehokkaasti kuin aikaisemmin klorideja käytettäessä. Tärkeitä huomioita on ollut mm. Eco-Melter-rakeen perinteisestä tiesuolasta poikkeava raekokojakauma, joka täytyy huomioida levityskaluston kalibroinnissa ja rakeen kustutuksessa käytettävän Eco-Melter-liuoksen määrässä. On myös huomattu se, että suurempi kokoinen rae liukenee hitaammin kuin pienempi rakeinen perinteinen tiesuola, mutta toisaalta se antaa pidemmän käyttöajan. Lisäksi on todettu se, että Eco-Melter raetta voidaan käyttää apuaineena hiekoitusshiekan joukossa ilman että se liikaa kosteuttaa hiekkaa tai aiheuttaa sohjoutumista kadun tai tienpintaan.

Eco-Melter liuosta on käytetty menestykkäästi kuuraliukkauden torjunnassa, talvipölynsidonnessa ja myöhemmin keväällä ja kesällä pölynsidonnessa. Uutena käyttökokeiluna liuokselle otettiin syksyllä 2019 kevyenliikenteenväylien harjauksen yhteydessä käytettävä liukkaudentorjunta.

Tämän työn merkittävänä osana on ollut eri käyttöolosuhteisiin rakennettu Eco-Melter-tuotteiden annosteluohjeet. Ohjeet on tehty Väyläviraston talvihoidon menetelmäohjeiden sekä Lahden keskustan alueurakassa saatujen käyttökokemusten perusteella. Ohjeet on pyritty laatimaan niin, että ne toimivat hyvänä pohjana niin tilaajalle, työnjohdolle kuin kuljettajalle.

Uskon, että niiden pohjalta voidaan turvallisesti lähteä käyttämään Eco-Melteriä myös uusissa kaupunkikohteissa. Toki on toivottavaa, että niitä käytetään vain ohjeellisina ja kukin käyttäjä huomio paikalliset olosuhteet ja käytettävän kaluston ominaisuudet. Lisäksi on tärkeää, että käyttömääriä pyritään edelleen optimoimaan niin paljon kuin sen on liikenteenkäyttäjien turvallisuutta vähentämättä mahdollista.

Keväällä 2019 otetuista pohjavesinäytteistä oli vihdoin nähtävissä kloridipitoisuuden nousun pysähtyminen ja sen lähteminen laskusuuntaan. Tämä antaisi viitteitä siltä, että Lahden kaupungin perimmäinen tavoite kloridipitoisesta suolasta luopumiselle on siis vähitellen täyttyvässä.

9.1 Kehittämisehdotukset alueurakan toiminnasta

Työssä tehtyjen tutkimusten perusteella ehdotan Eco-Melter käytön laajentamista sen hyvien käyttökokemusten ja sen vähäisempien ympäristönvaikutusten vuoksi. Käyttökohteiden kasvattamisen vuoksi tarve on selvittää tulevaisuudessa kalium- ja natriumformiaattien mahdollista soveltuvuutta sekä optimaalista käyttöä yli 60 km/h ajonopeuksissanopeuksissa materiaalien toimivuuksien ja liikenneturvallisuuden kannalta.

Taloudellista näkökulmasta katsottuna biohajoavien materiaalien huomattavien kustannusten vuoksi TYL V2-alueurakassa käytettävän kaluston on vastattava mahdollisimman tarkoin ennakkoon määritettyjä materiaalien levitysmääriä. Näin laitteita käytettäessä on mahdollista päästä optimaalimpaan ja taloudellisimpaan materiaalin käyttöön.

Tämän vuoksi ehdotan vuorisuolan tai teollisten materiaalien käyttöön tarkoitettun kaluston toiminnan selvittämistä ja niiden rakentamista levitysmäärien tarkkuuksilta eri käyttökohteissa tarkemmin toimiviksi.

LÄHTEET

Euroopan Unioni (2018) Mikä se on ja mitä se tekee. Ympäristö. Haettu 24.3.2019 osoitteesta

<https://publications.europa.eu/fi/publication-detail/-/publication/715cfcc8-fa70-11e7-b8f5-01aa75ed71a1>

Fluent progress (2019) Kuntojärjestelmä ja sen ylläpito organisaatio. Haettu 21.12.2019 osoitteesta

<https://www.fluentprogress.fi/files/fluent-kunto-yleisesite-web.pdf>

Heikkilä, T. (2014) Kvantitatiivinen tutkimus. Tutkimustoiminta. Haettu 5.12.2019 osoitteesta

<https://docplayer.fi/7991122-Kvantitatiivinen-tutkimus-tarja-heikkila.html>

Hyvönen, T. (2019). Viherpalvelut Hyvönen Oy. Verkkosivu. Haettu 23.3.2019 osoitteesta <https://www.viherpalveluthyvonen.fi/>

Jyväskylän yliopisto (2019). Monimenetelmäisyys. Haettu 5.12.2019 osoitteesta

<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/monimenetelmaisyys>

Järvenpää, O. (2019). VRJ Group, *yrittäjän tarina*. Haettu 23.3.2019 osoitteesta <https://www.vrj.fi/tarinamme/yrittajemme-tarina.html>

Kajaanin Ammattikorkeakoulu (2019). Teoreettisen viitekehyksen toteutus kaaviona. Haettu 13.6.2019 osoitteesta

<https://www.kamk.fi/fi/opari/Opinnaytetyopakki/Teoreettinen-materiaali/Tukimateriaali/Viitekehys>

Kauppalehti (2019). Yrityshaku. VRJ Group Oy, yritystiedot 2017. Haettu 30.5.2019 osoitteesta

<https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/vrj+group+oy/04015904>

Kemion (2017) Eco-Melter esitys Lahti 19.9.2017 Ympäristöä vähän kuormittavat ja tehokkaat jäänsulatusratkaisut kiinteistö- ja kaupunkialueille. Eco-Melter, jäänsulatuskyky s. 5-10,12. Koulutustilaisuus 19.9.2019, Lahti.

Kemion (2017). Kemion de-icers efficient and eco-friendly ice melting. Eco-Melter liuostaulukko ammattilaisille ja amatööreille. Haettu 5.8.2019 osoitteesta

<https://kemion.fi/pdf/Kemion%20Eco-Melter%20esite%20web.pdf>

Kemion (2018). Eco-Binder tuotteet. Ekologista ja turvallista pölynsidontaa. Tuote-esite. Haettu 2.5.2019 osoitteesta

<https://kemion.fi/sivut1/wp-content/uploads/sites/2/2019/03/Eco-Binder-FI-screen.pdf>

Kemion (2018) Jäänsulatus ja talvihoitotuotteet. Eco-Melter kaliumformaattiliuos ja sen käyttö. Haettu 5.8.2018 osoitteesta <https://kemion.fi/en/de-icing/>

Kemion (2019) Pölynsidonta Eco-Binder tuotteet yksityiskohtaisemmin. Haettu 27.11.2019 osoitteesta <https://kemion.fi/polynsidonta/>

Kemion (2019) Eco-Binder F. pölynsidontaesite. Haettu 15.1.2020 osoitteesta <https://kemion.fi/sivut1/wp-content/uploads/sites/2/2019/03/Eco-Binder-FI-screen.pdf>

Kemion (2019). Jäänsulatus ja talvihoitotuotteet. Eco-Melter S Rae- ja L-50 % liuos materiaalien esittely. Haettu 22.12.2019 osoitteesta <https://kemion.fi/wp-content/uploads/2019/04/Eco-Melter-esite-2019.pdf>

Kemion (2019) Pokkinen, N. Eco-Binder F jäätymispistekäyrä. Sähköpostiviesti tekijälle 23.8.2019

Lahden Kaupunki (2018). Ympäristöohjelma 2018, pitäen sisällään resursiivisuuden tiekartan vuoteen 2050. Haettu 4.11.2019 osoitteesta <http://www.fisu-verkosto.fi/download/noname/%7BA81D6905-19EA-48ED-A562-4775A67AF303%7D/138603>

Lahden kaupunki (2019) Ajoratojen hoito. Katujen kiireellisyysluokat. Haettu 23.3.2019 osoitteesta <https://www.lahti.fi/palvelut/liikenne-ja-kadut/kunnossapito/ajoratojen-hoito>

Lahden kaupunki (2019). Kaupunkialueurakoiden kunnossapitoalueet. Kartalla näkyvät tiedot, aluejaot ja yleisten alueiden ylläpitovastuut. Haettu 12.6.2019 osoitteesta <https://kartta.lahti.fi/ims>

Lahden kaupunki (2019). Ajoratojenhoito. Talvikunnossapitoluokitukset, ajoradat. Haettu 22.12.2019 osoitteesta https://www.lahti.fi/PalvelutSite/LiikenneSite/Documents/Ajoradat_kpl.pdf

Lahden kaupunki (2019). Jalankulku- ja pyöräväylien hoito. Talvikunnossapitoluokitukset Kevyen liikenteen talvikunnossapitoluokitus. Haettu 22.12.2019 osoitteesta

https://www.lahti.fi/PalvelutSite/LiikenneSite/Documents/KLV_kpl-kunta.pdf

Lahden kaupunki (2019). Kiinteistölle kuuluvat kadunhoitotyöt. Kiinteistöjen jalkakäytäväosuudet. Ohjeellinen talvikunnossapitoluokitus. Haettu 22.12.2019 osoitteesta

https://www.lahti.fi/PalvelutSite/LiikenneSite/Documents/JK_kpl-kiint.pdf

Lahden kaupunki (2019). Kiinteistölle kuuluvat kadunhoitotyöt. Ohje kiinteistölle kuuluvasta kadunhoidosta. Haettu 2.5.2019 osoitteesta

<https://www.lahti.fi/PalvelutSite/LiikenneSite/Documents/kiinteistolle%20kuuluva%20kadunhoito%20allu.pdfxx>

Lahden museo (2019) Salpausselät. Haettu 22.12.2019 osoitteesta

<http://www.lahdenmuseot.fi/kuka-mita-lahti/paikannimet/salpausselat/>

Lastikka, M. (2018). *Lahti siirtyi ympäristöystävällisempään liukkaudentorjuntaan*. Tie & Liikenne 5/18 (16-17). Haettu 3.11.2018 osoitteesta

https://www.tieyhdistys.fi/site/assets/files/1351/tl_5-2018.pdf

Liikennevirasto (2015). *Salpausselän pohjaveden kloridipitoisuuksien muutokset ja niihin vaikuttavia tekijöitä*. Pohjavesialueiden ja havaintopisteiden tietoja (97, 101-102). Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 11/2015 Helsinki: Liikennevirasto. Haettu 30.3.2019 osoitteesta

https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121022/lts_2015-11_978-952-317-062-9.pdf?sequence=1

Liikennevirasto (2016). *Kaliumformiaatin käytön ympäristö- ja liikenneturvallisuusvaikutukset*. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 5/2016. Haettu 18.5.2019 osoitteesta

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2016-05_kaliumformiaatin_kayton_web.pdf

Liikennevirasto (2016). *Ajoneuvon tietoväylää hyödyntävän liukkaudentunnistuksen testaus*. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 49/2016.

Talvihoidon keskitetyn laadunseurannan ohjeiston mukainen keliluokittelu. Helsinki: Liikennevirasto. Haettu 9.11.2019 osoitteesta

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2016-49_ajoneuvon_tietovaylaa_web.pdf

Liikennevirasto (2017). *Natriumformiaatti liukkaudentorjunnassa*. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 39/ 2017. Helsinki: Liikennevirasto. Haettu 18.5.2019 osoitteesta

http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/143617/lts_2017-39_978-952-317-300-2.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Liikenneviraston ohjeita (2017). *Maanteiden talvihoito*, menetelmätieto.

Natrium- ja kalsiumkloridin olotilakuvaajat ja ominaispainot. Haettu 6.12.2018 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2017-01_maanteiden_talvihoito_web.pdf

Liikenneviraston ohjeita (2017). *Maanteiden talvihoito*, menetelmätieto. Kylmissä lämpötiloissa esiintyvä liukkaus (ns. pakkašliukkaus). Haettu 6.12.2018 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2017-01_maanteiden_talvihoito_web.pdf

Lindroos.N, Nysten.T. (2015) I *Salpausselän pohjaveden kloridipitoisuuksien muutokset ja niihin vaikuttavia tekijöitä*. s. 3,101-102. Haettu 30.3.2019 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-11_salpausselan_pohjaveden_web.pdf

Mäkipää. J. (2018) Artic Machine Oy, Salo 3000-3009 Sirotteluautomaatin käyttöohje s.5, sähköpostiviesti tekijälle 18.12.2018.

Mäyränpää R. (2012). *Seudullinen Pohjaveden suojelusuunnitelma vuosille 2012-2021*. Pohjavesi- ja kunnossapitoalueet kartalla. Haettu 2.12.2018 osoitteesta <https://www.lahti.fi/PalvelutSite/YmparistoSite/Documents/Seudullinen%20pohjaveden%20suojelusuunnitelma,%20pienempi.pdf>

Mäyränpää R. (2012). *Seudullinen Pohjaveden suojelusuunnitelma vuosille 2012-2021*. Riskipohjavesialueiksi ja huonossa tilassa oleviksi luokitellut pohjavesialueet kartalla. Haettu 2.12.2018 osoitteesta <https://www.lahti.fi/PalvelutSite/YmparistoSite/Documents/Seudullinen%20pohjaveden%20suojelusuunnitelma,%20pienempi.pdf>

Mäyränpää R. (2012). *Seudullinen Pohjaveden suojelusuunnitelma vuosille 2012-2021*. Lahden pohjavesialueet ja luokittelu, pinta-alat, antoisuus ja pohjavedentila. Haettu 2.12.2018 osoitteesta <https://www.lahti.fi/PalvelutSite/YmparistoSite/Documents/Seudullinen%20pohjaveden%20suojelusuunnitelma,%20pienempi.pdf>

Mäyränpää,R. (2019) Kloridipitoisuusraportti havaintopisteestä 126. Sähköpostiviesti tekijälle 13.11.2019.

Nissinen, T. (2019) Talvipölynsidontaa Eco-Binder F liuosmateriaalilla. Pokkinen,N. Sähköpostiviesti tekijälle 23.8.2019.

Nissinen, T. (2019) Eco-Melter L-50 käyttö talvipölynsidonnassa. Sähköpostiviesti tekijälle 22.3.2018.

Nissinen. T. (2019) Kemion Oy yritystietoa. Haettu 21.12.2019 osoitteesta <https://kemion.fi/yritys/>

Nissinen.T. (2020) Kaliumformiaatin yleisiä fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia. Sähköpostiviesti tekijälle 8.1.2020

Palmu.J.P & Saarnisto.M (2015) Salpausselän reunamuodostumat kuvattuna kartalla. Salpausselät. Haettu 1.12.2018 osoitteesta <https://slideplayer.fi/user/13118900/>

Raukola,T. (2019) Työkokemus ja yritystoimintataustoja. Sähköpostiviesti tekijälle 16.12.2019.

Saastamoinen.K, Onikki.R, Kerola.R, Onikki.R, Kiiskilä.K (2010). *Lahden seudun liikennetutkimus 2010*. Osaraportti 3: Liikennelaskennat. Haettu 23.3.2019 osoitteesta http://www.paijat-hame.fi/wp-content/uploads/2015/10/2010_11_liikennetutkimus_Lahti_Liikennelaskenta_3osaraportti.pdf

Sarjamo, S Malmivuo, M (2004). *Talviliikenteen turvallisuus Suomessa ja Ruotsissa*. Liikenneturvallisuuden pitkän aikavälin tutkimus- ja kehittämissuunnitelma LINTU-julkaisu 5A/2004. Suomen ja Ruotsin keliluokkien yhdistäminen vertailukelpoiseksi. Helsinki: Edita Prima Oy. Haettu 9.11.2019 osoitteesta <https://docplayer.fi/2432625-Talviliikenteen-turvallisuus-suomessa-ja-ruotsissa.html>

Suomen Ympäristökeskus (2019) SYKE, vaihtoehtoisten liukkaudentorjunta-aineiden kulkeutuminen pohjavedessä (MIDAS) Haettu 2.7.2019 osoitteesta <https://www.syke.fi/hankkeet/midas>

TYL V2 Lahden keskusta (2019) *Alueurakan 9. hoitosuunnitelma*. Organisaatiokaavio 2019. Haettu 3.11.2019

TYL V2 Lahden keskusta (2019) *Alueurakan 9. hoitosuunnitelma*. Talvihoito kadut, kentät ja puistot, pituus. Haettu 22.12.2019

Vaisala Oy (2018). Lahden kaupungin Lahdenkadun säähavaintoaseman raportti. Haettu 16.12.2018 osoitteesta <https://rds.vaisala.com/apps/login>

VRJ Group (2019). Yrityksen verkkosivu. VRJ Group yrityksenä. Haettu 27.6.2019 osoitteesta <https://www.vrj.fi/palvelut/infrarakentaminen.html>

Wikipedia (2019) Euroopan unioni ja sen historiaa. Haettu 27.6.2019 osoitteesta https://fi.wikipedia.org/wiki/Euroopan_unionin_historia

Wikiwand (2019). Sää. Sään päivittäiset muutokset. Haettu 24.11.2019 osoitteesta
<https://www.wikiwand.com/fi/Sää>

HAASTATTELUT

Nissinen, T. Kemion Oy, haastattelu 27.7.2018 Ylöjärvellä
Nissinen, T. Kemion Oy, haastattelu 30.11.2018 Ylöjärvellä
Nissinen, T. Kemion Oy, puhelinkokous 11.10.2019 Ylöjärvellä & Lahdessa
Raukola, T. Tmi TRWays, puhelinkokous 11.10.2019 Ylöjärvellä & Lahdessa

KUVAT

- Kuva 1. Lahden kaupunkialueurakoiden kunnossapitoalueet kartalla (Lahden kaupunki 2019). Sijaitsee sivulla 2.
- Kuva 2. Lahden keskusta alueurakan pääurakoitsijat, TYL V2. Sijaitsee sivulla 5.
- Kuva 3. TYL V2 alueurakan organisaatio kaavio (TYL V2 2019, 7). Sijaitsee sivulla 5.
- Kuva 4. Eco-Melter materiaalien toimittajat Kemion Oy ja Tmi TRWays (Kemion 2018). Sijaitsee sivulla 7.
- Kuva 5. Euroopan unioni, historiaa, lippu ja jäsenmaat kartalla kuvattuna. (Wikipedia 2019). Sijaitsee sivulla 9.
- Kuva 6. Teoreettisen viitekehyksen toteutus kaaviona (Kamk 2019). Sijaitsee sivulla 13.
- Kuva 7. Empiirinen tutkimus ja siihen liittyvät tutkimusmenetelmät (Jyväskylän yliopisto, 2019). Sijaitsee sivulla 16.
- Kuva 8. Empiirisen tutkimusväylien toteutus jaettuna kvantitatiiviseen ja kvalitatiivisiin tutkimusmenetelmiin (Heikkilä 2014,6). Sijaitsee sivulla 17.
- Kuva 9. Lahden kaupungin alueen katujen talvikunnossapitoluokitus (Lahden kaupunki, 2019). Sijaitsee sivulla 18.
- Kuva 10. Lahden kaupungin kevyen liikenteen väylien talvikunnossapitoluokitusta (Lahden kaupunki 2019). Sijaitsee sivulla 19.

- Kuva 11. Kiinteistöjen jalkakäytävä osuudet sekä talvikunnossapito luokitukset (Lahden kaupunki 2019.). Sijaitsee sivulla 20.
- Kuva 12. Kiinteistöjen ja kunnan työnjako kunnossapidossa kunnossapitolain mukaan (Lahden kaupunki 2019). Sijaitsee sivulla 21.
- Kuva 13. Salpausselän reunamuodostumat kuvattuna kartalla. (Palmu.J & Saarnisto.M 2015,2). Sijaitsee sivulla 22.
- Kuva 14. Lahden pohjavesi- ja kunnossapitoalueet (Mäyränpää 2012, 36). Sijaitsee sivulla 22.
- Kuva 15. Lahden liikennemäärät (KVL) 2010 (Saastamoinen, Onikki, Kerola, Onikki, Kiiskilä 2010,36). Sijaitsee sivulla 23.
- Kuva 16. Kuvassa riski- sekä luokitellut pohjavesialueet kartalla (Mäyränpää 2012,24). Sijaitsee sivulla 24.
- Kuva 17. Kelikoodien mukaiset keliolosuhteet valokuvilla selvitettyinä (Liikennevirasto 2016,16). Sijaitsee sivulla 29.
- Kuva 18. Kivistönmäen säähavaintoaseman raportti 16.12.2018. (Vaisala 2018). Sijaitsee sivulla 30.
- Kuva 19. Fluent Kuntojärjestelmä (Fluent Progress 2019). Sijaitsee sivulla 31.
- Kuva 20. Sirotteluautomaatin kalibrointi Lahdessa 22.10.2018. (Taavitsainen 2018). Sijaitsee sivulla 32.
- Kuva 21. Artic Machine Oy, Salo 3000-3009 sirotteluautomaatin hallintapaneeli (liite 6.). Sijaitsee sivulla 33.
- Kuva 22. Salo 3009 sirotteluautomaatin hallintapaneeli Salo 2005 elektronikalla (Taavitsainen 2018). Sijaitsee sivulla 34.
- Kuva 23. Eco-Melter S -raemateriaalia varastoituna (Taavitsainen 2019). Sijaitsee sivulla 36.
- Kuva 24. Formiaattien olotilakuvaajat ja niiden jäätymis- ja kiteytymispisteet (Liikennevirasto 2017,98). Sijaitsee sivulla 37.
- Kuva 25. Eco-Melter materiaalien ja kalsiumkloridin jäänsulatuskyky lämpötilan- ja ajan funktiona (Kemion 2017). Sijaitsee sivulla 38.
- Kuva 26. Eco-Melter S, natriumformiaatin jäätympistekäyrä natriumformiaatin ja kiteytymislämpötilan funktiona. (Liikennevirasto 2017,10). Sijaitsee sivulla 39.
- Kuva 27. Eco-Melter S -raemateriaalin kuormaus sirotteluautomaattiin (Taavitsainen 2018). Sijaitsee sivulla 39.

- Kuva 28. Eco-Melter liuosmateriaalin levitys meneillään. (Kemion 2019). Sijaitsee sivulla 40.
- Kuva 29. Kaliumformiaatin ja natriumkloridin faasidiagrammit. (Liikennevirasto 2016,18). Sijaitsee sivulla 41.
- Kuva 30. Liuosmateriaalin varastointisäiliö sekä suursäkeissä raemateriaalia. (Taavitsainen 2015). Sijaitsee sivulla 42.
- Kuva 31. Natriumformiaatti-liuoksen kiteytymis- ja jäätymispiste lämpötilakäyrä (Liikennevirasto 2017, 10). Sijaitsee sivulla 43.
- Kuva 32. Eco-Binder F -jäätymispistekäyrä (Kemion 2019). Sijaitsee sivulla 44.
- Kuva 33. Eco-Binder materiaalin käyttökohteita ja -tarpeista sekä materiaalin varastointi. (Kemion 2019). Sijaitsee sivulla 44.
- Kuva 34. Eco-Melter materiaalilla käsitelty Iso-Paavolan kadun ramppi, jossa näkyy VT12 tielle levitetyn suolan kosteuttava vaikutus ajoradoilla. (Taavitsainen 2018). Sijaitsee sivulla 49.
- Kuva 35. Hiekoitushiekkaan lisätty Eco-Melter S -rae materiaalia (Taavitsainen 2019). Sijaitsee sivulla 51.
- Kuva 36. Kiviportaati Lahden kirkkopuistossa (Taavitsainen 2019). Sijaitsee sivulla 52.
- Kuva 37. Täsmä-pölynsidontatyön toteutus ja valokuvia työtehtävän jälkeen (Taavitsainen, 2018). Sijaitsee sivulla 55.
- Kuva 38. Lahdessa talvipölynsidonnin toteutusta ja kun materiaali on vaikuttanut noin 2vrk (Taavitsainen 2019). Sijaitsee sivulla 56.
- Kuva 39. Kloridipitoisuusraportti Lahden kaupungin havaintopisteestä 126. (Mäyränpää 2019). Sijaitsee sivulla 64.

TAULUKOT

- Taulukko 1. Lahden kaupungin ympäristöohjelman päätavoitteet. (Lahden ympäristöohjelma 2018). Sijaitsee sivulla 10.
- Taulukko 2. Lahden kaupungin ympäristöohjelman välitavoitteiden toimenpiteet, tavoitteet ja mittarit 2030 saakka. (Lahden ympäristöohjelma, 2018). Sijaitsee sivulla 11.
- Taulukko 3. Lahden pohjavesialueet ja luokittelu, pinta-alat, antoisuus ja pohjavedentila (Mäyränpää 2012) Sijaitsee sivulla 25.


- Taulukko 4. Lahden eri pohjavesialueista ja niiden tilasta selvitystä (Liikennevirasto 2015). Sijaitsee sivulla 26.
- Taulukko 5. Lahden pohjavesien havaintopisteistä yksityiskohtaisempaa selvitystä (Lindroos & Nysten 2015,101). Sijaitsee sivulla 27.
- Taulukko 6. Suomen ja Ruotsin keliluokkien yhdistäminen vertailukelpoiseksi (Sarjamo ja Malmivuo 2004). Sijaitsee sivulla 29.
- Taulukko 7. Alueurakan kunnossapidossa käytettävää kalustoa (Taavitsainen 2019). Sijaitsee sivulla 32.
- Taulukko 8. Eco Melter liuos- ja raemateriaalin levitystaulukko ja sirotinautomatin tekninen toiminta (Taavitsainen 2019). Sijaitsee sivulla 35.
- Taulukko 9. Liukkaudentorjunnan annokset g/m^2 (NaCl) eri menetelmillä (Liikennevirasto 2017). Sijaitsee sivulla 46.
- Taulukko 10. Eco-Melter L50 % liuosmateriaalitalukko liukkaudentorjunta käyttöön (Kemion 2017). Sijaitsee sivulla 47.
- Taulukko 11. Eco-Melter liuos- ja raemateriaalien käyttömäärätaulukko liukkaudentorjuntaa varten (Kemion, TRWays, Taavitsainen 2019). Sijaitsee sivulla 48.
- Taulukko 12. Eco-Melter-raemateriaalien seosmäärät hiekoitusmateriaalien kanssa (Kemion, TRWays, Taavitsainen, 2019). Sijaitsee sivulla 51.
- Taulukko 13. Eco-Melter rae- ja liuosmateriaalien käyttö portaiden liukkaudentorjunnassa. (Kemion, TRWays, Taavitsainen 2019). Sijaitsee sivulla 52.
- Taulukko 14. Talvipölynsidontaa Eco-Binder F -liuosmateriaali (Nissinen, T., Pokkinen, N. 2019). Sijaitsee sivulla 54.
- Taulukko 15. Eco-Melter liuosmateriaalien talvi- ja kesäpölynsidonta käyttötaulukko (Kemion, TRWays, Taavitsainen 2019). Sijaitsee sivulla 54.
- Taulukko 16. Eco-melter S -rae ja L-50 %- liuosmateriaalien yhteiskäyttö (Taavitsainen 2019). Sijaitsee sivulla 58.
- Taulukko 17. Eco-Melter S -rae ja liuos L-20 % materiaalien yhteiskäyttö (Taavitsainen 2019). Sijaitsee sivulla 60.
- Taulukko 18. Työnjohto- ja kuljettajataulukko rae- ja L-50- ja L-20 liuosyhteiskäyttö vertailu (Taavitsainen 2019). Sijaitsee sivulla 61.

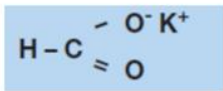
Taulukko 1. Työnjohto ja kuljettajataulukko. Eco-Melter S -rae ja liuos L-20 yhteiskäyttö (Taavitsainen 2019).

Työnjohto- ja kuljettajataulukko / Rae- ja liuos yhteiskäyttö / Liitetaulukko, jossa yksityiskohtaisemmin rae- ja liuoskäyttö																							
Levitys määrä	Levitysmäärä ja materiaali %	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Rae 100 % g/m ²	Yhteensä g/m ²	Eco-Melter rae- ja liuos kuiva-ainemäärä 100 %
g	g/(Rae%/Liuos%)	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	40 %	30 %	20 %	10 %	10 %	liuos ja rae	100 %	
5	5 g (10% / 90%)	0,5									1,08										1,58	1,58	
5	5 g (20% / 80%)		1									0,96										1,96	1,96
5	5 g (30% / 70%)			1,5									0,84									2,34	2,34
5	5 g (40% / 60%)				2									0,72								2,72	2,72
5	5 g (50% / 50%)					2,5									0,6							3,1	3,1
5	5 g (60% / 40%)						3									0,48						3,48	3,48
5	5 g (70% / 30%)							3,5									0,36					3,86	3,86
5	5 g (80% / 20%)								4									0,24				4,24	4,24
5	5 g (90% / 10%)									4,5									0,12			4,62	4,62
10	10 g (10% / 90%)	1									2,16											3,16	3,16
10	10 g (20% / 80%)		2									1,92										3,92	3,92
10	10 g (30% / 70%)			3									1,68									4,68	4,68
10	10 g (40% / 60%)				4									1,44								5,44	5,44
10	10 g (50% / 50%)					5									1,2							6,2	6,2
10	10 g (60% / 40%)						6									0,96						6,96	6,96
10	10 g (70% / 30%)							7									0,72					7,72	7,72
10	10 g (80% / 20%)								8									0,48				8,48	8,48
10	10 g (90% / 10%)									9									0,24			9,24	9,24
15	15 g (10% / 90%)	1,5									3,24											4,75	4,75
15	15 g (20% / 80%)		3									2,88										5,88	5,88
15	15 g (30% / 70%)			4,5									2,52									7,02	7,02
15	15 g (40% / 60%)				6									2,16								8,16	8,16
15	15 g (50% / 50%)					7,5									1,8							9,3	9,3
15	15 g (60% / 40%)						9									1,44						10,44	10,44
15	15 g (70% / 30%)							10,5									1,08					11,58	11,58
15	15 g (80% / 20%)								12									0,72				12,72	12,72
15	15 g (90% / 10%)									13,5									0,36			13,86	13,86
20	20 g (10% / 90%)	2									4,32											6,32	6,32
20	20 g (20% / 80%)		4									3,84										7,84	7,84
20	20 g (30% / 70%)			6									3,36									9,36	9,36
20	20 g (40% / 60%)				8									2,88								10,88	10,88
20	20 g (50% / 50%)					10									2,4							12,4	12,4
20	20 g (60% / 40%)						12									1,92						13,92	13,92
20	20 g (70% / 30%)							14									1,44					15,44	15,44
20	20 g (80% / 20%)								16									0,96				16,96	16,96
20	20 g (90% / 10%)									18									0,48			18,48	18,48
25	25 g (10% / 90%)	2,5									5,4											7,9	7,9
25	25 g (20% / 80%)		5									4,8										9,8	9,8
25	25 g (30% / 70%)			7,5									4,2									11,7	11,7
25	25 g (40% / 60%)				10									3,6								13,6	13,6
25	25 g (50% / 50%)					12,5									3,0							15,5	15,5
25	25 g (60% / 40%)						15									2,4						17,4	17,4
25	25 g (70% / 30%)							17,5									1,8					19,3	19,3
25	25 g (80% / 20%)								20									1,2				21,2	21,2
25	25 g (90% / 10%)									22,5									0,6			23,1	23,1
30	30 g (10% / 90%)	3									6,48											9,48	9,48
30	30 g (20% / 80%)		6									5,76										11,76	11,76
30	30 g (30% / 70%)			9									5,04									14,04	14,04
30	30 g (40% / 60%)				12									4,32								16,32	16,32
30	30 g (50% / 50%)					15									3,6							18,6	18,6
30	30 g (60% / 40%)						18									2,88						20,88	20,88
30	30 g (70% / 30%)							21									2,16					23,16	23,16
30	30 g (80% / 20%)								24									1,44				25,44	25,44
30	30 g (90% / 10%)									27									0,72			27,72	27,72


Taulukko 1. Kaliumformiaatin yleisiä fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia (Kemion 2020).

Kaliumformiaatin yleisiä fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia (Kemion 2020)	
Ulkomuoto ja kaupallinen pitoisuus	Liuos, 50 p-%
Tiheys (0 °C)	1.34-1.35 kg/dm ³
Jäätymispiste	-50 °C
pH (10 p-% liuos)	8.0 - 11.0
Sähkönjohtavuus	260 mS/cm
Molekyylipaino	84.12 g/mol
Viskositeetti (0 °C)	5 mPas
BOD ₅	90 mg O ₂ /g
COD ₅	110 mg O ₂ /g
EC ₅₀ (vesikirppu, Daphnia magna)	> 2000 mg/l (ei haitallinen)
LD ₅₀ (rotta, suun kautta)	> 2000 mg/kg (ei haitallinen)





 Kaliumformiaatin molekyyli rakenne



Taulukko 1. Natriumformiaatin yleisiä fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia (Liikennevirasto 2017, 39).

Natriumformiaatin yleisiä fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia (Kemion 2017)	
Ulkomuoto (kaupallinen tuote)	Valkea epäsäännöllinen rae
Bulkkitiheys	800–1000 kg/m ³
Partikkelikoko	1.5–5 mm
pH (10 p-% liuos)	8.0–11.0
Sähkönjohtavuus (20 p-%)	120 mS/cm
Molekyylipaino	68,01 g/mol
Liukoisuus (20 °C)	46,8 p-%
Liukoisuus (0 °C)	32,2 p-%
Liukoisuus (-10 °C)	28,5 p-%
BOD₅ (biologinen hapenkulutus 5 päivää)	100 mg O ₂ /g
COD (kemiallinen hapenkulutus)	200 mg O ₂ /g
EC₅₀ (vesikirppu, Daphnia magna)	> 5000 mg/l (ei haitallinen)
LD₅₀ (rotta, suun kautta)	> 2000 mg/kg (ei haitallinen)

Taulukko 1. Natrium- ja kaliumformiaatin pitoisuus- ja tilavuuspainotaulukko (Liikennevirasto 2017, 99).

NaFo (HCOONa)		KFo (HCOOK)	
Pitoisuus (p-%)	Tilavuuspaino (kg/dm ³)	Pitoisuus (p-%)	Tilavuuspaino (kg/dm ³)
0,0	1,00	0	1
15,6	1,10	42,3	1,28
17,0	1,11	43,6	1,29
18,5	1,12	44,9	1,30
20,0	1,13	46,1	1,31
21,4	1,14	47,4	1,32
22,8	1,15	48,6	1,33
24,2	1,16	49,8	1,34
25,6	1,17	51,1	1,35
27,0	1,18	52,3	1,36
28,4	1,19	53,4	1,37
29,7	1,2	54,6	1,38
31,1	1,21	55,8	1,39

Eco-Melter korroosio-ominaisuudet 1/2 (Kemion 2017).

Eco-Melter, korroosio-ominaisuudet (1/2)

- Eco-Melter tuotteet on lähtökohtaisesti kehitetty lentokenttä-käyttöön ja niiden korroosio-ominaisuuksia voidaan pitää siten pitkä erittäin alhaisina.

- Alla taulukossa kaupallisilla tuotteilla mitattuja korroosio-ominaisuuksia huoneenlämmössä verrattuna tiesuoloaan (NaCl).

	Hiihteräs	Sinkitty teräs	Alumiini	Ruostumaton teräs
	µm/a	µm/a	µm/a	µm/a
Eco-Melter S (40 p-%)	5	50	0	0
Eco-Melter L (40 p-%)	0	100	0	0
NaCl (40 p-%)	25	150	5	5

- Eco-Melter[®] :lla on todettu olevan jonkin verran vaikutusta sinkille, galvanoiduille materiaaleille (erityisesti sähkösinkitty), pehmyt juotoksiin ja hopeaan. Näitä materiaaleja tulisi välttää suorassa pitkäaikaisessa kosketuksessa tuotteeseen.

SMI, Inc.
102718 2017 121 Avenue
Miami, Florida 33188-6491 USA

Phone: (305) 871-7567
Fax: (305) 871-7548

Attn: Timo Naahen
Kansoni OY
Tilanne 27
Högervägen 3470
Finland

Date: 10-Aug-2015
SMI REF: 1504-719

Product: Eco-Melter S received 08-Apr-2015
Revision: The specification: AME T4210 Page: 1 of 13
CORROSION, SOLID RUSTING AND TENSILE DEFORMATION (CND)

3.1 Material

3.1.1 Environmental Information Informational
3.1.1.1 Biochemical Oxygen Demand Informational
3.1.1.2 Chemical Oxygen Demand Informational
3.1.1.3 Percent Biodegradation Informational
3.1.1.4 Aquatic Toxicity Informational
3.1.2 Trace Contaminants Informational
3.1.3 Water Content Informational
3.1.4 Freezing Point Informational
3.1.5 Appearance Confirms

3.2 PROPERTIES Informational

3.2.1 pH Confirms
3.2.2 Flash Point Confirms
3.2.3 Oxidize Content Confirms
3.2.4 Storage Stability Not performed
3.2.5 Effect on Painted Surfaces Confirms
3.2.6 Effect on Unpainted Surfaces Confirms
3.2.7 Effect on Runway Pavements Confirms
3.2.8 Runway Concrete Surface Sealing Resistance Not performed by SMI
3.2.9 Asphalt Concrete Degradation Resistance Confirms
3.2.10 Effect on Asphalt Mixtures Confirms
3.2.11 Saltwater Corrosion Confirms
3.2.12 Total Immersion Corrosion Confirms
3.2.13 Low Enthalpy Cadmium Plate Confirms
3.2.13.1 Cyclic Immersion Corrosion of Cadmium Plate Informational
3.2.14 Hydrogen Embrittlement Confirms
3.2.15 Stress Corrosion Resistance Confirms
3.2.15.1 AME 4911 Confirms
3.2.15.2 AME 4916 Informational

*Testing required for de-icer/anti-icer products used in Europe. This test is not performed by SMI.

SCIENTIFIC MATERIAL INTERNATIONAL
www.smiip.com

kemion
INNOVATIVE CHEMISTRY

Eco-Melter korroosio-ominaisuudet 2/2 (Kemion 2017).

Eco-Melter, korroosio-ominaisuudet (2/2)

- Eco-Melter S:n vaikutus betoniin on vähäinen. Tuotteen pH > 7 ja betonin emäksisyys eivät synnytä kemiallisia (happo-emäs) reaktioita.
 - Betonin osalta oleellisinta on sen kyky kestää sulamisvesien aiheuttama jäätymis/sulamis – syklin aiheuttama mekaaninen rasitus.



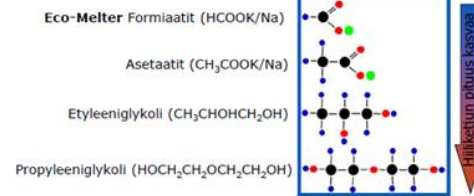
Eco-Melter ympäristövaikutukset 1/4 (Kemion 2017).

Eco-Melter, ympäristövaikutukset (1/4)

- Kloridi-vapaita, erittäin helposti ja täydellisesti biohajoavia (> 95 %, 14 päivää)
- Suomen Ympäristökeskus (SYKE) suosittelee formiaattien käyttöä erityisesti pohjavesialueella ja toteaa, että formiaattien käytöllä voidaan merkittävästi vähentää talvihoidon pohjavesivaikutuksia.
(www.syke.fi/hankkeet/MIDAS)

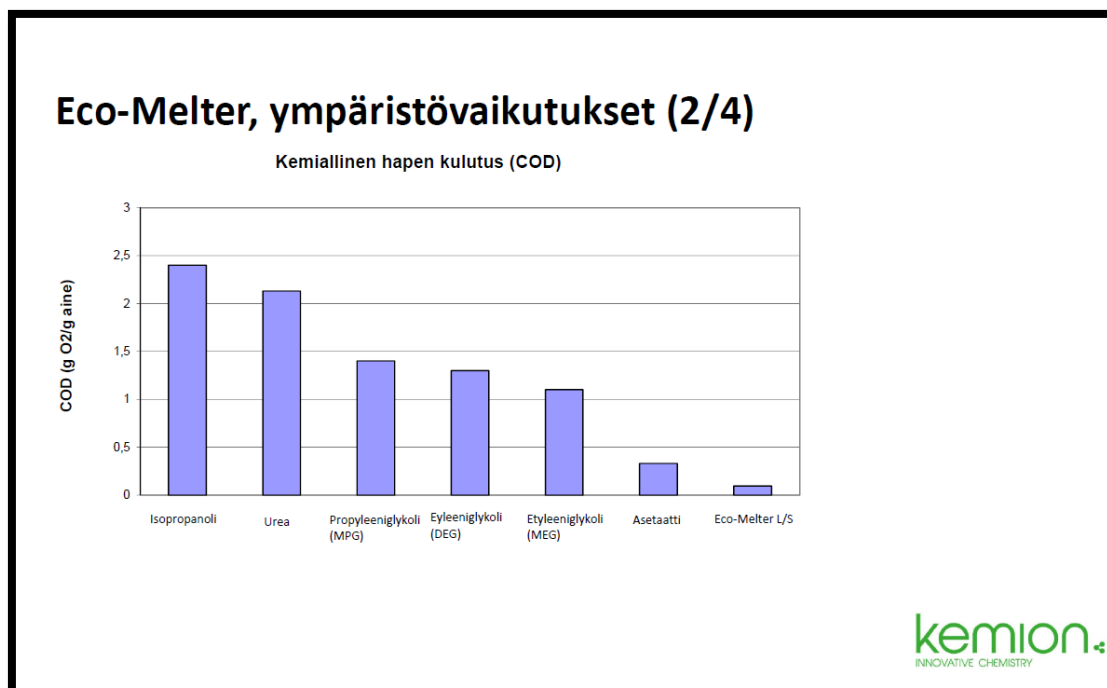
BOD ₅ (biologinen hapenkulutus, 5 päivää)	100 mg O ₂ /g
COD (kemiallinen hapenkulutus)	200 mg O ₂ /g
EC ₅₀ (ekotoksisuus vesikirppu)	> 2000 mg/l
LD ₅₀ (myrkyllisyys rotta, suun kautta)	> 2000 mg/kg

Eco-Melter ympäristövaikutukset&turvallisuus

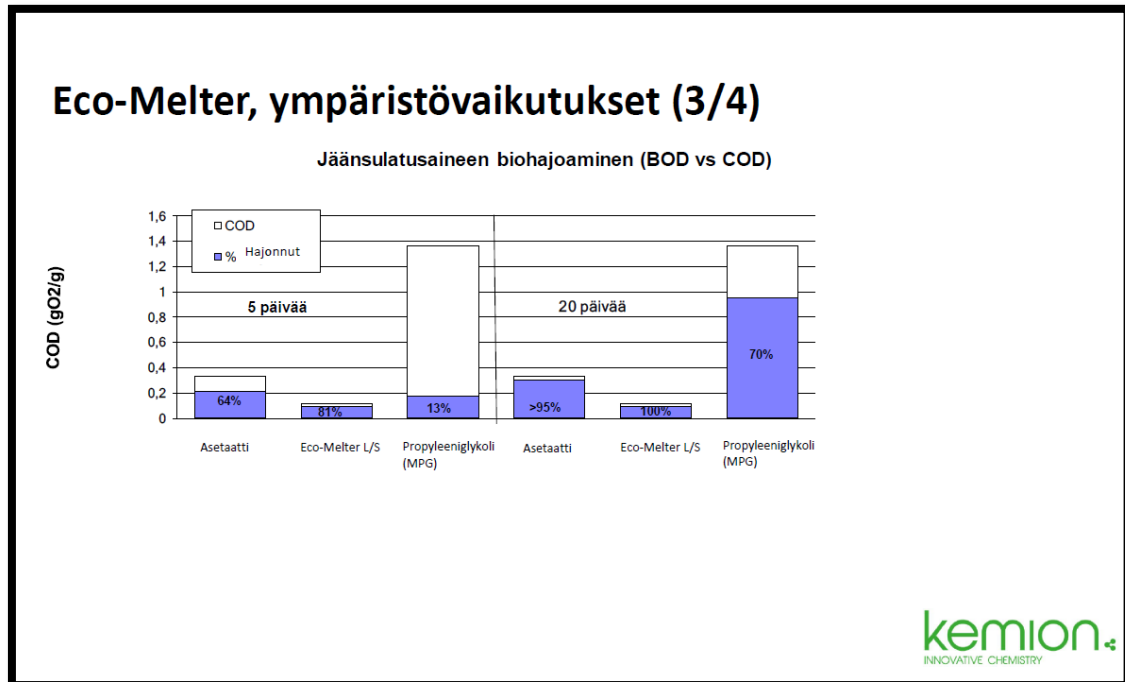


kemion
INNOVATIVE CHEMISTRY

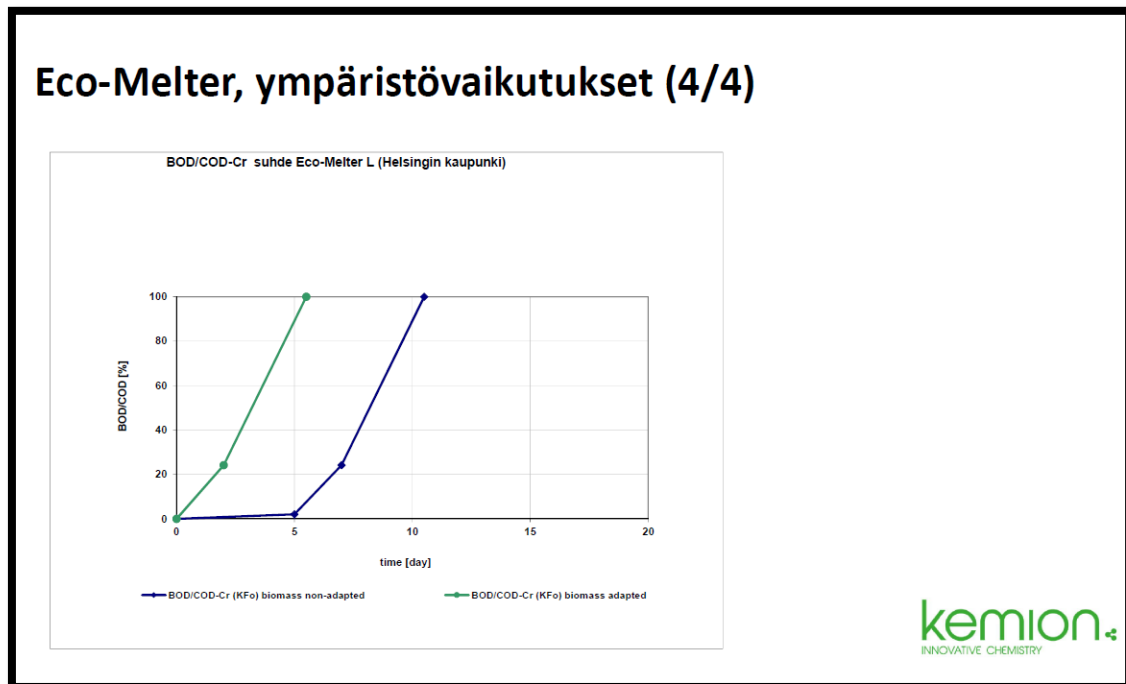
Eco-Melter ympäristövaikutukset 2/4 (Kemion 2017).



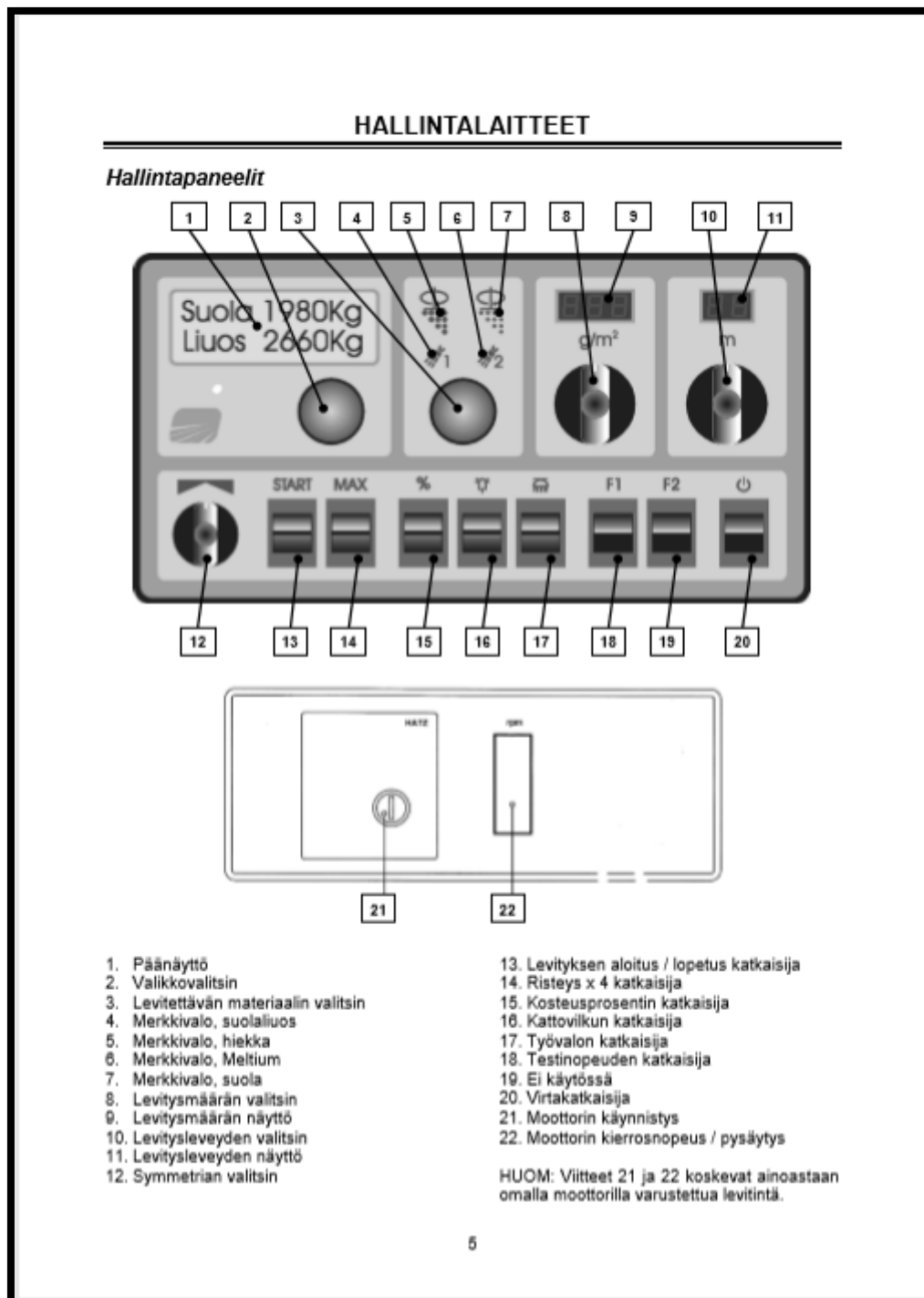
Eco-Melter ympäristövaikutukset 3/4 (Kemion 2017).



Eco-Melter ympäristövaikutukset 4/4 (Kemion 2017).



Salo AM 3000-sarjan sirotteluautomaatin teknisiä tietoja. Hallintalaitteet, hallintapaneeli (Mäkipää 2018).



Salo AM 3000-sarjan sirotteluautomaatin teknisiä tietoja. Hallintalaitteet, levitysmäärän valitsin. (Mäkipää 2018).

1. Päänäyttö

Päänäytössä näkyy normaalikäytössä kostutusprosentti vasemmassa yläkulmassa. Oikeassa yläkulmassa näkyy levitetty kiintoaineen määrä (hiekkä tai suola) ja oikeassa alakulmassa levitetty liuosmäärä (suolaliuos tai Meltium). Päänäyttöä käytetään myös valikotoimintojen ohjauksessa, katso lähemmin kohdasta "Näytön valikot".

2. Valikkovalitsin


Tämä kiertosäädin käytetään valikkojen valitsemiseen, avaamiseen ja sulkemiseen sekä tietojen syöttämiseen ja tallentamiseen. Katso lähemmin kohdasta "Näytön valikot".


3. Levitettävän materiaalin valitsin


Tällä 10-asentoisella kiertosäätimellä valitaan levitettävän materiaalin laatu. Merkkivalot 4-7 näyttävät suoritetun valinnan ja toiminnot ovat seuraavat kun valitsin käännetään myötäpäivään heti sen jälkeen kun virta on kytketty päälle:

HUOM: Valitsinta voidaan kääntää kumpaankin suuntaan tahansa.


 **Asento 0**
Lautanen pyörii, mikään valo ei pala

 **Asento 1**
Kuivan suolan levitys

 **Asento 2**
Kostutetun suolan levitys

 **Asento 3**
Pelkän liuoksen levitys

 **Asento 4**
Lautanen pyörii, mikään valo ei pala

 **Asento 5**
Meltium liuoksen levitys

 **Asento 6**
Lautanen pyörii, mikään valo ei pala

 **Asento 7**
Pelkän liuoksen levitys



Asento 8
Kostutetun hiekan levitys



Asento 9
Kuivan hiekan levitys



Asento 10
Palaa takaisin asentoon 0

4. Merkkivalo, suolaliuos

Tämä merkkivalo palaa kun levitetään pelkkää suolaliuosta. Valo palaa myös yhdessä kuivan suolan tai hiekan merkkivalon kanssa kun levitetään kostutettua kiintoainetta.

5. Merkkivalo, hiekkä

Tämä valo palaa kun levitetään kuivaa tai kostutettua hiekkää.

6. Merkkivalo, Meltium

Tämä valo palaa kun levitetään Meltium liuosta.

7. Merkkivalo, suola

Tämä merkkivalo palaa kun levitetään kuivaa tai kostutettua suolaa.

8. Levitysmäärän valitsin

Tällä kiertosäätimellä valitaan haluttu levitysmäärä. Käytössä olevat raja-arvot ja tarkkuus riippuvat levitettävästä materiaalista. Levitettäessä suolaa, liuosta tai Meltium ovat rajat 2 - 40 g/m², tarkkuuden ollessa 2 g/m². Levitettäessä hiekkää ovat raja-arvot 20 - 200 g/m², tarkkuuden ollessa 20 g/m².

9. Levitysmäärän näyttö

Tässä näytössä näkyy levitysmäärän valitsimella säädetty levitysmäärä, g/m².

10. Levitysleveyden valitsin

Tällä kiertosäätimellä valitaan haluttu levitysleveys. Käytössä olevat raja-arvot ovat 2- 8 m ja tarkkuus on 0,5 m.

11. Levitysleveyden näyttö

Tässä näytössä näkyy levitysleveyden säätimellä valittu levitysleveys, m.

Salo AM 3000-sarjan sirotteluautomaatin teknistä tietoa. Kosteusprosentti. (Mäkipää 2018).

12. Symmetrian valitsin.

Tällä kiertosäätimellä siirretään levityskaistaa vasemmalle tai oikealle. Kun säädin kierretään myötä- tai vastapäivään, syttyy toinen sen yläpuolella olevista valoista. Valo sammuu kun levityskaista on saavuttanut säätimellä valitun kohdan. Kuljettajan tulee seurata levityskaistan siirtymistä, koska tämän säädön suuruutta ei voida seurata näytöltä.

13. Levityksen aloitus/lopetus (START)

Tämän katkaisijan painaminen kytkee levityksen päälle. Katkaisijan painaminen uudelleen kytkee levityksen pois päältä.

14. Risteyks x 4 (MAX)

Tämän katkaisijan pitäminen painettuna ajon aikana nelinkertaistaa levitettävän aineen syöttömäärän, suhteessa säädettyyn arvoon. Kun katkaisija vapautetaan, palataan normaaliin toimintaan. Tämä toiminta käytetään yleensä teiden risteyksialueilla, kun halutaan lisätä suolan / hiekan / nesteen määrää.

15. Kosteusprosentti

Tällä katkaisijalla siirrytään tilaan jossa voidaan muuttaa levitettävän aineen kostutusprosenttia. Kun katkaisija painetaan kerran, ilmestyy päänäytön vasempaan yläkulmaan alleviivattu % -luku ja katkaisijan yläpuolella oleva merkkivalo syttyy. Prosenttiluku muutetaan kääntämällä valikkovalitsinta (2). Muutettu lukema hyväksytään painamalla kosteusprosentin katkaisijaa tai levitettävän materiaalin valitsinta, jolloin viiva prosenttiluvun alla poistuu, katkaisijan yläpuolella oleva merkkivalo sammuu ja uusi lukema on otettu käyttöön. Alueella 0-20 % muuttuu arvo 2 % pykälin ja alueella 20 % -100 % muuttuu arvo 5 % pykälin. Kiinteän aineen määrä vähenee kostutusprosentin verran. Jos esimerkiksi levitetään 20 g/m² kuivaa suolaa ja valitaan 50 % kostutus, pienenee suolan määrä puoleen (10 g/m²) ja lisäksi tulee nestettä 10 g/m²

16. Kattoviilku

Tämän katkaisijan painaminen kytkee päälle kattoviilkun. Katkaisijan painaminen uudelleen kytkee kattoviilkun pois päältä. Katkaisijan yläpuolella oleva merkkivalo palaa kun kattoviilku on päällä.

17. Työvalo

Tämän katkaisijan painaminen kytkee päälle työvalon. Katkaisijan painaminen uudelleen kytkee työvalon pois päältä. Katkaisijan yläpuolella oleva merkkivalo palaa kun työvalo on päällä.

18. Testinopeus (F1)

Tämän katkaisijan painaminen siirtää laitteen testiajotilaan. Testinopeuden oletusarvo on 20 km/t, ja katkaisijan yläpuolelle syttyy merkkivalo kun testitoiminto on päällä. Tämä toiminta liittyy laitteen kalibrointiin, eikä siihen ole syytä tehdä muutoksia. Testinopeus kytketään pois päältä painamalla katkaisijaa uudelleen.

19. Ei käytössä (F2)

20. Virtakatkaisija

Tällä katkaisijalla kytketään laite päälle ja pois päältä. Katkaisijaa tulee painaa yhtäjaksoisesti vähintään 2 sekunnin ajan, jotta kytketyminen päälle tai pois päältä tapahtuisi.

21. Moottorin käynnistys

HUOMAUTUS: Tämä koskee ainoastaan omalla moottorilla varustettuja levittämiä. Moottori käynnistetään virta-avaimella ja hallintapaneelin tämä osa sisältää myös kaikki moottorin merkkivalot. Katso lisäohjeita kohdista "Moottorin merkkivalot" ja "Moottorin käyttö".

22. Moottorin kierrosluku/pysäytys

HUOMAUTUS: Tämä koskee ainoastaan omalla moottorilla varustettuja levittämiä. Moottorin kierrosluku säädetään ja moottori pysäytetään tällä katkaisijalla. Katso lisäohjeita kohdasta "Moottorin käyttö".