

## Tiesuolalogistiikka



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Syksy, 2017

Henna Haltia

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Visamäki

---

<b>Tekijä</b>	Henna Haltia	<b>Vuosi</b> 2017
<b>Työn nimi</b>	Tiesuolalogistiikka	
<b>Työn ohjaaja</b>	Jari Mustonen	

---

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimii YIT Rakennus Oy. Opinnäytetyö on kehittämisprojekti, jonka tavoitteena on tuottaa tilaajalle visuaalinen hallintajärjestelmä tiesuolan materiaalivirtojen seuraamiseen.

Työn lähteenä on käytetty Liikenneviraston julkaisemaa materiaalia teiden kunnossapidosta sekä YIT:n eri työmaiden tuottama dataa teiden kunnossapidosta.

Kehittämisprojektin lähtötietoina käytetään olemassa olevaa dataa tiesuolasta, lisäksi projektissa kartoitetaan uusia tapoja hyödyntää olemassa olevaa dataa, yhdenmukaistetaan eri työmaiden käytäntöjä kerätä dataa sekä tuodaan mahdollisuus koko organisaatiolle hyödyntää kerättyä dataa.

Työssä kerrotaan myös yleisten teiden kunnossapidosta, teiden hoitoluokista, liukkaudentorjunnasta suolaamalla sekä tiesuolan varastoinnista, kuljetuksesta sekä materiaalivirtojen hallinnasta yleisesti.

Työn tuloksena on syntynyt uusi hallintajärjestelmä tiesuolan materiaalivirtojen hallintaan sekä uusia toimintatapaehdotuksia liukkaudentorjuntamateriaalien hallinnasta kerättävään dataan.

**Avainsanat** tien kunnossapito, alueurakka, liukkaudentorjunta, tiesuola

**Sivut** 34 sivua, joista liitteitä 0 sivua

Degree Programme in Construction Engineering  
Visamäki

---

<b>Author</b>	Henna Haltia	<b>Year</b> 2017
<b>Subject</b>	Logistics of ice-control salt	
<b>Supervisors</b>	Jari Mustonen	

---

ABSTRACT

This Bachelor's thesis was commissioned by YIT Construction Ltd. The purpose of the thesis was to develop a visual control system to follow the materials flow of the ice-control salt. Another aim was to explore new ways to utilize the existing data, standardize the practice of different construction sites to collect data and provide the organization with the possibility to utilize the collected data.

The sources used in the thesis were the existing data and studies on the topic including the material published by Finnish Transport Agency and the data provided by YIT's various construction sites on road maintenance.

This thesis also discusses general road maintenance, road maintenance classes, antiskid treatment through ice-control salt, storage of ice-control salt, transportation and general material flow management.

As a result of the thesis a new management system for the management of road salt material flows was produced. The thesis also includes suggestions for the control of ice-control salt material.

**Keywords** road maintenance, regional contract, antiskid treatment, ice-control salt

**Pages** 34 pages including appendices 0 pages

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Opinnäytetyön aihe.....	2
1.2	Opinnäytetyön tavoite ja rajaukset.....	2
2	TIEN KUNNOSSAPITO JA TALVIHOITO .....	3
2.1	Tien kunnossapito .....	3
2.2	Talvihoitoluokat.....	5
2.3	Liukkauden syntyminen .....	6
2.4	Liukkaudentorjunta .....	8
2.4.1	Kemialliset liukkaudentorjunta-aineet.....	9
2.4.2	Suolausmenetelmät.....	10
2.4.3	Liukkaudentorjuntakalusto.....	11
2.4.4	Suolan annostelu .....	14
2.4.5	Liukkaudentorjunnan laatuvaatimukset .....	16
3	TIESUOLAN KULJETUS JA VARASTOINTI .....	17
3.1	Tiesuolan kuljetus.....	17
3.2	Tiesuolan varastointi .....	21
4	TYÖKALU MATERIAALIVIRTOJEN HALLINTAAN .....	23
4.1	Materiaalivirtojen hallinta.....	23
4.2	Työkalu materiaalivarastojen hallintaan.....	23
5	KEHITTÄMISTYÖN TAVOITE JA TARKOITUS .....	25
5.1	Kehitysprojektin tavoitteet ja niiden saavuttaminen .....	25
5.2	Kehitysprojektin toteutus.....	25
5.2.1	Kehitysprojektin lähtötiedot .....	25
5.2.2	Alueurakkatyömaiden suolakirjanpito-aulukot.....	26
5.2.3	Satamataulukot .....	27
5.2.4	Yhteenvedotaulukko .....	28
5.2.5	Kuljetusvaihtoehtotaulukko .....	29
5.2.6	Rajapinnat sovelluksen kehittämistä varten .....	30
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	31
6.1	Tulosten pohdinta ja johtopäätökset.....	31
6.2	Kehitysehdotukset.....	31
	LÄHTEET .....	33
	HAASTATTELUT .....	34

## 1 JOHDANTO

Suomessa yleisten teiden kunnossapidosta vastaa ELY-keskusten vastuualueella toimiva Liikennevirasto. Teiden kunnossapito hoidetaan alueurakoilla, joita ELY-keskus kilpailuttaa vuosittain. Yleiset tiet on jaettu viiteen hoitoluokkaan: Is, I, Ib, II ja III. Luokan Is laatuvaatimukset ovat korkeimmat ja luokan III matalimmat. Mitattavat laatuvaatimukset vaihtelevat hoitoluokittain ja niitä ovat esimerkiksi ajoradan osalta maksimilumisyyvyys ja ajoradan pinnan kitka.

Liikenneturvallisuuden ja sujuvan liikenteen varmistamiseksi päätiestöllä (hoitoluokat Is ja I) käytetään talvisin kemiallista liukkaudentorjuntaa eli suolausta. Kemialliseen liukkaudentorjuntaan käytetään pääasiassa natriumkloridia, joka levitetään tienpinnalle kostutettuna rakeisena suolana tai liuossuolana. Eri suolausmenetelmät soveltuvat erilaisten sääilmiöiden aiheuttamien liukkauksien torjuntaan, ja ne ovat toisiaan täydentäviä menetelmiä.

Tämän opinnäytetyön tilaajana on YIT Rakennus Oy, jäljempänä YIT. YIT on suuri rakennusyhtiö, jolla on toimintaa lähes kaikilla rakentamisen osa-alueilla aina talonrakentamisesta infrapalveluihin. YIT toimii Suomen lisäksi Venäjällä, Virossa, Latviassa, Liettuassa, Slovakiassa, Tšekissä ja Puolassa. YIT:n Infra-yksikkö, johon kunnossapitopuoli kuuluu, toimii vain Suomen alueella. YIT:n kunnossapitoyksiköllä on pitkä kokemus Liikenneviraston kilpailuttamien alueurakoiden hoidosta. Lisäksi YIT:llä on kokemusta myös kaupunkien ja kuntien alueurakoiden hoidosta.

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää työkalu suolan materiaalivirtojen ja -varastojen hallintaan YIT:n ELY-keskuksen alueurakoiden liukkaudentorjuntamateriaaleihin. Työssä käsitellään myös teiden kunnossapitoa ja hoitoluokkia, suolaukseen käytettäviä materiaaleja, laitteita, suolan anostelua ja liukkaudentorjunnan laatuvaatimuksia. Lisäksi työssä on esitelty merenkulun logistiikkaa sekä siihen liittyviä termejä sekä tiesuolan maahantuontiin vaikuttavia kustannuksia.

Opinnäytetyössä on käytetty hyväksi olemassa olevaa tietoa suolan kuluksessa sekä kerättyä dataa välineistä, joilla suolan kulutusta seurataan. Opinnäytetyön tuloksena on myös kartoitettu uusia yhteisiä toimintatapoja koko yrityksen tiesuolasta kerättävään dataan. Työssä on myös tutkittu erilaisten varastointi- ja siirtotapojen vaikutuksia suolankäytön kustannuksiin.

Opinnäytetyön tuloksena YIT Rakennus Oy:llä on käytössään työkalu, jonka avulla tiesuolan materiaalivirtoja pystytään hallinnoimaan paremmin.

## 1.1 Opinnäytetyön aihe

Tämän opinnäytetyön aihe on talvikauden suola. Opinnäytetyö liittyy YIT Rakennus Oy:n talvitiesuolan käyttöön ja suolan määrien hallintaan. Opinnäytetyössä kehitetään sovellus suolan määrien hallintaan, koska työ on luottamuksellinen työssä ei kerrota tarkasti järjestelmän tekemisestä ja siinä esiintyvistä tiedoista, vaan tiedot ilmenevät työn tuloksena syntyneestä suolanseurantataulukosta.

## 1.2 Opinnäytetyön tavoite ja rajaukset

Opinnäytetyön tavoitteena on yrityksen tarve tehostaa tiesuolan materiaalivirtojen hallintaa ja tiesuolan hankintaa. Opinnäytetyön tavoitteena on hyödyntää suolauksesta kerättyä dataa ja laatia ohjelma, jonka avulla on helppo tarkistaa reaaliaikainen suolamäärä satamien ja työmaiden varastoissa. Tutkimuksella haetaan myös apua uusien kilpailuun tulevien alueurakoiden suolan kulutuksen ennustamiseen.

Opinnäytetyössä laaditaan taulukkopohja hyödyntäen Microsoft Exceliä ja sen eri toimintoja. Taulukkopohjan avulla yhdistetään jokaisen alueurakatyömaan suolakirjanpito samanlaiseksi, joten tulevaisuudessa eri työmailta saatava dataa pystytään hyödyntämään tehokkaammin.

Taulukkoon lisätään aluksi vain perustietoa, jotta sen toiminnasta saadaan käyttökokemuksia ja kehitysehdotuksia. Kehitysehdotusten pohjalta yrityksen on tarkoitus laatia myöhemmin sovellus, jonka avulla tietoja suolan kulutuksesta voidaan seurata automaattisesti. Opinnäytetyössä ei oteta kantaa olemassa olevien järjestelmien rajapintoihin liittyviin kysymyksiin. Eri järjestelmät ja sovelluksien rajapinnat kartoitetaan käyttökokemusten perusteella.

## 2 TIEN KUNNOSSAPITO JA TALVIHOITO

### 2.1 Tien kunnossapito

Suomen tieverkon muodostavat maantiet, kunnalliset katuverkot ja yksityistiet. Liikennevirasto ja ELY-keskus huolehtivat valtion teiden (jäljempänä yleiset tiet) kunnossapidosta. Valtion omistamia yleisiä teitä on yhteensä noin 78 000 kilometriä, ja koko Suomen tieverkon pituus on noin 454 000 km. Valtion teistä noin 65 % eli noin 50 000 kilometriä on päällystettyjä. (Liikennevirasto n.d.a.)

Suomessa valtion teiden kunnossapito toteutetaan alueurakoilla. Suomi on jaettu noin 80 alueurakka-alueeseen. Urakat kestävät tavallisesti viisi tai seitsemän vuotta ja urakoitsijat valitaan erilaisia kilpailumenetelmiä käyttäen. ELY-keskus määrittelee urakkaan kuuluvat työt ja hoidon laatutason. Valitut urakoitsijat hankkivat työn toteuttamiseen tarvittavat materiaalit ja toteuttavat työt itsenäisesti valitsemillaan menetelmillä. Urakoitsijat myös vastaavat laadusta sekä töiden raportoinnista ELY-keskuksille. (ELY-keskus 2016.)

Alueurakoihin sisältyviä töitä ovat muun muassa teiden talvihoito, päällysteiden paikkaukset, sorateiden hoito, levähdys- ja parkkialueiden hoito, linja-autopysäkkien hoito, liikennemerkkien hoito sekä pientareiden niitto ja vesakonraivaus. Alueurakat on jaettu kesä- ja talvihoitokauteen, joista talvihoitokausi sijoittuu pohjoisinta Suomea lukuun ottamatta 1.10.-30.4. väliseksi ajaksi ja kesähoitokausi 1.5.-30.9. väliseksi ajaksi. (ELY-keskus 2016.)

Tien talvihoitoon kuuluvia keskeisimpiä tehtäviä ovat lumen- ja sohjonpoisto, pinnantasaus sekä liukkaudentorjunta. Muita talvihoitoon kuuluvia tehtäviä ovat aurausviitoituksen tekeminen ja poistaminen, liikennemerkkien ja opasteiden puhdistaminen, lumen poiskuljetus sekä sulamisvesihaittojen torjuminen. (Tiehallinto 2001, 7.)

Tien talvihoidon tavoitteena on tarjota tienkäyttäjille mahdollisuus turvalliseen ja toimivaan liikkumiseen kohtuullisin kustannuksin. Talvihoidossa otetaan huomioon eri väestöryhmien liikkumistarpeet ja elinkeinoalojen kuljetustarpeet maantielain mukaisesti. (Tiehallinto 2001, 7.)

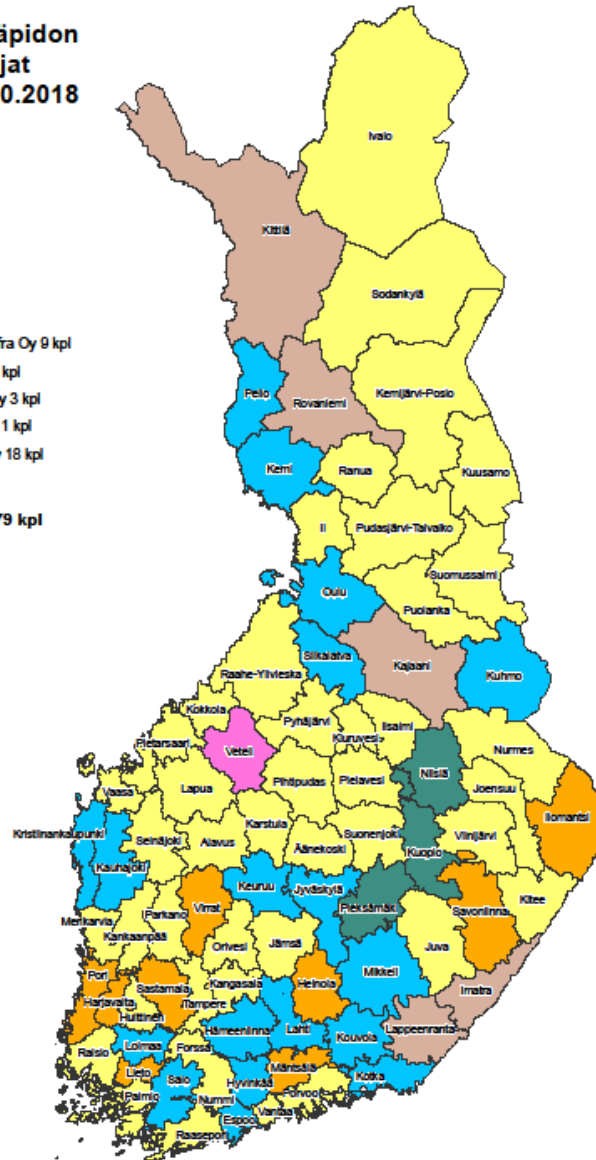
Syksyllä 2017 alkavan urakkakauden (1.10.2017-1.10.2018) aikana Suomessa on 79 Liikenneviraston alueurakkaa. YIT:llä on urakkakautena 2017-2018 yhteensä 18 alueurakkaa, joiden sijainti on esitetty alla olevassa kuvassa vaaleansinisellä. (Liikennevirasto 2017.)

**Hoidon ja ylläpidon  
alueurakoitsijat  
1.10.2017-1.10.2018**

**Urakoitsija**

- Destia Oy 43 kpl
- Lemminkäinen Infra Oy 9 kpl
- NCC Suomi Oy 5 kpl
- Savon Kuljetus Oy 3 kpl
- Pahkakangas Oy 1 kpl
- YIT Rakennus Oy 18 kpl

**Urakoita yhteensä 79 kpl**



Kuva 1. Hoidon ja ylläpidon alueurakoitsijat 1.10.2017–1.10.2018 (Liikennevirasto 2017).



## 2.2 Talvihoitoluokat

Liikennevirasto määrittelee yleisten teiden hoidon tason. Tiet on luokiteltu eri hoitoluokkiin, koska niitä kaikkia ei voida hoitaa välittömästi kohtuullisin kustannuksin. Alla olevassa taulukossa on esitetty Suomen yleisten teiden hoitoluokat, hoitoluokkien pituudet sekä liikenteen ja raskaan liikenteen jakautuminen eri hoitoluokkien teille prosentteina. (Liikennevirasto n.d.b.)

Taulukko 1. Suomen yleisten teiden hoitoluokat, hoitoluokkien pituudet kilometreinä sekä liikenteen ja raskaan liikenteen jakautuminen prosentteina. (Liikennevirasto n.d.b).

hoitoluokka	pituus	liikenne	raskas liikenne
<b>Is</b>	3 500 km	46 %	45 %
<b>I</b>	4 799 km	19 %	22 %
<b>Ib, TIb</b>	11 019 km	19 %	19 %
<b>II</b>	19 062 km	11 %	10 %
<b>III</b>	39 626 km	5 %	4 %

Hoitoluokan **Is** tiet hoidetaan niin, että tienpinta on pääosin paljas, mutta sään muuttuessa voi esiintyä lievää liukkautta. Kylminä ajanjaksoina tiellä voi olla ohuita pitkittäisiä polannekaistoja, jotka eivät vaikuta juurikaan ajamiseen. Tien pinta voi olla osittain jäinen pitkinä ajanjaksoina, jolloin suolaus ei ole mahdollista. Hoitoluokan Is teillä liukkaus torjutaan pääasiassa ennakoivilla toimenpiteillä, siten että kitkavaatimukset eivät ylitä. (Liikennevirasto n.d.b.)

Hoitoluokan **I** tiet hoidetaan niin, että tienpinta on pääosin paljas. Ajourien ja ajokaistojen välissä voi esiintyä ajoittain kapeita polannekaistoja. Sään muuttuessa voi esiintyä lievää liukkautta. Tien pinta voi olla osittain jäinen pitkinä ajanjaksoina, jolloin suolaus ei ole mahdollista. Liukkaus pyritään torjumaan ennakoivalla toiminnalla. (Liikennevirasto n.d.b.)

Hoitoluokan **Ib** tiet hoidetaan niin, että tienpinta on liikennemäärästä ja säästä riippuen osittain paljas. Tiellä voi olla polannekaistoja tai se voi olla kokonaan polanteen peittämä. Hoitoluokan Ib teillä liukkautta torjutaan suolaamalla vain syys- ja kevätliukkailla sekä ongelmatilanteissa joissa liikenneturvallisuus vaarantuu. Talvihoitoluokka TIb hoidetaan vastaavan tasoisesti kuin hoitoluokka Ib- mutta tiellä sallitaan hieman syvemmät polanneurat. (Liikennevirasto n.d.b.)

Hoitoluokan **II** tiet hoidetaan niin, että tienpinta on pääosin polannepintainen. Polanne voi olla osittain urautunut. Tien pintaa karhennetaan, mäet, risteysalueet ja kaartet hiekoitetaan, ja kaikkein vaikeimmilla keleillä tie hiekoitetaan kokonaan. (Liikennevirasto n.d.b.)

Hoitoluokan III teillä talvihoidon laatutaso on samankaltainen kuin II-luokan teillä, mutta liukkaudentorjunta voi kestää kaksi tuntia pidempään. Sään muuttuessa keli voi olla ongelmallinen useiden tuntien ajan. (Liikennevirasto n.d.b.)

### 2.3 Liukkauden syntyminen

Suolauksen aloittamisen suunnittelussa on tärkeää seurata säätilan muutoksia. YIT:n palvelukeskus PANU ohjaa infran kunnossapidon toimenpiteitä vastaanottamalla ja väittämällä ajantasaista tietoa alueurakasta vastaavalle yksikölle. Palvelukeskus PANU toimii sääntiedotus- ja kelinhallintakeskuksena, joka seuraa sääolosuhteita jatkuvasti. Palvelukeskus jalostaa sääennusteet ajantasaiseksi kelitiedoksi, joka tukee kunnossapitotoimenpiteiden tarvetta ja ajoittamista. (YIT n.d.)

Teiden keliolosuhteita ja sään muutoksia seurataan tiesääasemien avulla. Yleisillä teillä on noin 375 tiesääasemaa, jotka havainnoivat keliä ja säätä. Tiesääasemien tarkoituksena on tuottaa teiden kunnossapitäjille tietoa tiestöllä vallitsevista sääolosuhteista. Asemia on eniten rannikkoseuduilla ja eteläisessä Suomessa vilkkaimman liikenteen sekä suurimman kelinvaihtelun vuoksi. Tiesääasemissa on paikasta riippuen vaihteleva määrä antureita, jotka keräävät tienpinta-antureiden avulla tietoa tien pinnasta sekä säätietoja meteorologisilla antureilla. Tiesääaseman tiedot päivittyvät 15 – 60 minuutin välein. (Liikennevirasto 2014, 12.)

Tiesääasemat keräävät tietoa muun muassa seuraavista asioista:

- ilman lämpötila
- tienpinnan lämpötila
- maan lämpötila 60 mm:n syvyydestä
- kosteus
- kastepiste
- jäätymispiste
- sateen olomuoto, intensiteetti ja sadesumma.

Asema tekee mitattavien asioiden perusteella analyyseja ja antaa varoitus-tiloja kelistä. (Liikennevirasto 2014, 12.)

Tiesääasemien tietoja täydennetään kelikameroiden avulla. Suomen yleisillä teillä on noin 700 kelikameraa, joiden kuvat päivittyvät 30–60 minuutin välein. Kelikameroiden avulla voidaan havaita sadetta ja sen olomuotoa, tienpinnan lumikertymää ja selkeyttä. Kelikamerat eivät anna tietoa tienpinnan liukkaudesta. (Liikennevirasto 2014, 13.)

Liukkaus muodostuu tienpinnalle sääilmiöiden vaikutuksesta. Tiestöllä sääilmiöt voivat kuitenkin muuttua nopeasti, joten liukkaudentorjunnan suunnittelussa on tunnettava paikalliset olosuhteet ja osattava ennakoida

sääilmiöiden vaihtumista. Seuraavissa kappaleissa on kuvattu tienpinnan liukkauteen vaikuttavia sääilmiöitä.

**Kastepistelämpötilassa** ilmassa oleva vesihöyry alkaa tiivistyä vesipisaroiksi. Vesihöyry tiivistyy kasteeksi tienpinnalle tai sumuksi ilmakehään. Kun tienpinnan lämpötila on pakkasella, tiivistyminen tapahtuu suoraan kuuraksi tai jääksi. (Tiehallinto 2001, liite 2.)

**Kastepiste-ero** kuvaa tienpinnan ja kastepistelämpötilan välistä eroa. Jos tienpinnan lämpötila on alhaisempi kuin kastepistelämpötila vesihöyry tiivistyy tienpinnalle (kastepiste-ero on negatiivinen). Mitä negatiivisempi kastepiste-ero on, sitä enemmän vesihöyryä tiivistyy tienpinnalle. Kun kastepiste-ero on positiivinen, tienpinta kuivuu. (mt.)

Kasteen tiivistymistä tienpinnalle kutsutaan **mustaksi jääksi**. Mustaa jäätä muodostuu tienpinnoille etenkin syksyisin korkeapaineen aikana, kun tienpinnan lämpötila laskee kastepistelämpötilan alle. Mustaa jäätä esiintyy erityisesti routaeristetyillä tieosuuksilla kuten sillan kansilla. Mustan jään aiheuttamaa liukkautta torjutaan ennakkoon liuossuolauksella tai kostutulla suolalla. (mt.)

Tienpinnalle syntyy **kuuraa**, kun tienpinta on pakkasella ja kastepistelämpötilaa alhaisempi. Kuuraa syntyy tienpinnalle yleensä selkeällä säällä, kun ilmassa oleva kosteus härmistyy suoraan lumikiteiksi tienpinnalle. Kuuran aiheuttaman liukkauden torjumiseksi on seurattava tienpinnan lämpötilan muuttumista. Kuuran aiheuttamaa liukkautta torjutaan hiekalla lämpötilan ollessa selkeästi pakkasen puolella. Liukkautta torjutaan suolalla, jos tienpinnan lämpötila ei laske alle  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n. (mt.)

Lämpötilan noustessa tienpinnalle syntyy **huurretta**. Huurteen aiheuttaa ilmassa oleva vesihöyry, joka jäätyy tienpinnalle. Huurteen aiheuttamaa liukkautta torjutaan suolaamalla. (mt.)

**Pakkasella esiintyvä liukkaus** syntyy, kun liikenne kiillottaa tienpinnan liukkaaksi. Liikenteen aiheuttama liukkaus voi aiheutua esimerkiksi pako kaasujen kondenssivedestä. Alle  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ :een lämpötiloissa esiintyvää liukkautta voidaan torjua suolauksella, jos liukkaudentorjuntakohdissa on tarpeeksi liikennettä heti suolauksen jälkeen. (mt.)

Lämpötilan ollessa pakkasella ilmakehässä voi olla ylempänä lämpimämpi kerros, jolloin sade tulee maahan vetenä ja jäätyy heti osuessaan tienpinnalle. **Jäätävä sadetta** on hankalaa ennustaa, koska se on paikallista ja lyhytkestoista. Jäätävän sateen aiheuttamaa liukkautta torjutaan suolaamalla. (mt.)

**Pilvisyys** vaikuttaa tienpinnan lämpötilaan ja tätä kautta myös sen jäätymiseen. Paksu pilvikerros estää lämpösäteilyn pääsemisen avaruuteen ja

pitää märät tienpinnat sulina, kun lämpötila on lähellä nollaa. Talvella pilvipeitteen ohentuessa märät tienpinnat jäätyvät. (Tiehallinto 2001, liite 2.)

## 2.4 Liukkaudentorjunta

Liukkaudentorjunnan tarkoituksena on estää liukkauden syntyminen tai parantaa tienpinnan kitkaa. Liukkaudentorjunta voidaan tehdä kemiallisesti tai mekaanisesti. Mekaanisia liukkaudentorjuntamenetelmiä ovat hiekoitus ja tienpinnan karhentaminen. Kemialisiin liukkaudentorjuntamenetelmiin kuuluu suolaus. (Tiehallinto 2001, 36.) Tässä opinnäytetyössä keskitytään ainoastaan kemialliseen liukkaudentorjuntaan, joten mekaanisista menetelmistä ei esitellä.

Hoitoluokkien Is ja I liukkaudentorjunta tehdään pääsääntöisesti suolaamalla, ja tien pinnat ovat paljaita ympäri vuoden. Hoitoluokissa Ib ja Tib käytetään kaikkia liukkaudentorjuntamenetelmiä keliolosuhteiden mukaan. Hoitoluokille II ja III pyritään muodostamaan polanne alkutalven aikana ja liukkaudentorjunta tehdään hiekoittamalla ja karhentamalla polanetta. (Tiehallinto 2001, 36.)

Liukkaudentorjuntaan on kiinnitettävä erityistä huomiota urakka-alueen rajoilla sekä hoitorajojen vaihtumispisteissä, sillä yhtäkkiä päättyvä liukkaudentorjunta saattaa aiheuttaa vaaratilanteita tienkäyttäjille. (Tiehallinto 2001, 37.)

Suolan käyttö on avainasemassa liukkaudentorjunnassa etenkin vilkkaasti liikennöidyillä teillä. Se on yhteiskunnallisesti edullisin tapa lisätä tienpinnan kitkaa ja vähentää liikenneonnettomuuksia. Suolauksen haittavaikutuksia ovat sen aiheuttama korrosio autoille ja silloille sekä vaikutus pohjaveteen. (YIT 2009, 16.)

Suolauksen onnistumisen kannalta tärkeintä on oikea-aikaisuus. Suolausta suunniteltaessa on ennakoitava sään muutokset, kelihavainnot sekä tien ominaispiirteet, jotka riippuvat paikasta. Oikea-aikaisella suolauksella voidaan vähentää kustannuksia, koska suolauksen myöhästyessä suola-annosta joudutaan kasvattamaan. (YIT 2009, 17.)

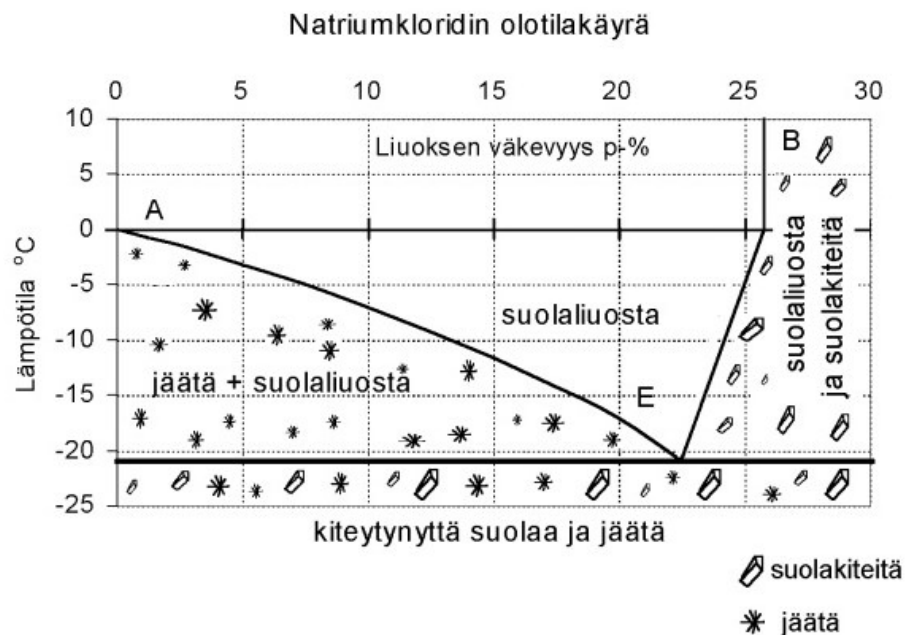
### 2.4.1 Kemialliset liukkaudentorjunta-aineet

Natriumkloridi (NaCl) on Suomessa yleisimmin käytössä oleva kemiallinen liukkaudentorjunta-aine. Sitä käytetään liuoksena Etelä- ja Keski-Suomessa sekä rakeisena koko Suomessa. Kalsiumkloridia (CaCl) käytetään talvihoivossa vähän, koska se aiheuttaa paljon korroosiota. Sen käyttö on yleisempää kesäisin sorateiden pölynsidonnassa. (Tiehallinto 2001, 44.)

Kemiallisista liukkaudentorjunta-aineista on esitettävä Liikennevirastolle analyysi, josta ilmenee suolapitoisuus, suolassa olevat muut ainesosat sekä erityisesti raskasmetallit. (Tiehallinto 2001, 44.)

Suolaukseen käytettävälle natriumkloridille on asetettu seuraavat vaatimukset:

- NaCl-pitoisuus 97 % kuivasta suolasta analysoituna
- paakkuuntumisenestoaineita (kalium- tai natriumferrosyanidia) enintään 150 ppm (0,015 %)
- rakeisuudella ei vaatimuksia, perinteisesti kuitenkin maksimirakekoko 5 mm ja hienoainesta 0,125 mm enintään 5 %. (Tiehallinto 2001, 44.)



Kuva 2. Natriumkloridin olotilakuvaaja (Tiehallinto 2001, liite 3).

Natriumkloridi on vesiliukoinen kemikaali, joka alentaa veden jäätymispistettä. Natriumkloridin alin saavutettava jäätymispiste on  $-21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , liuosväkevyydellä 23,3 %. Liukkaudentorjunnassa käytettävässä liuoksessa pyritään samaan liuosväkevyteen, jotta natriumkloridin sulatustehokkuus on mahdollisimman hyvä. (Tiehallinto 2006, 17.)

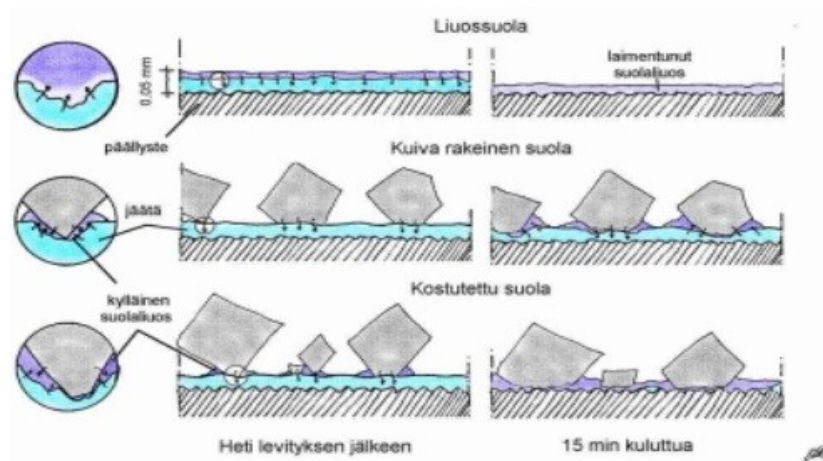
## 2.4.2 Suolausmenetelmät

Suomessa yleisimmin käytettävät suolausmenetelmät ovat kostutettu suolaus ja liuossuolaus. Eri suolausmenetelmiä käytetään erityyppisten sääilmiöiden aiheuttamaan liukkaudentorjuntaan, ja ne täydentävät toisiaan. Liuossuolausta käytetään ennakkosuolauksessa eli ennen liukkauden esiintymistä. Sillä voidaan torjua myös ohutta jääkalvoa, mustaa jäätä sekä kuu-uraa. Liuossuolan käyttö jään tai lumen sulattamisessa ei ole taloudellista. Kostutettu suolaa käytetään kylmemmissä ja märemmissä olosuhteissa kuin liuossuolaa, ja se sopii suolaukseen lumisateen alle. (Tiehallinto 2001, 38.)

Kostutetun suolan levittämiseen käytetään suolausautomaattia, jonka toimintaa käsitellään tarkemmin kappaleessa 2.4.3. Kuljettaja säätää suolausautomaatilla suolan sirottelumäärää, leveyttä ja kostutusmäärää. Kostutetussa suolauksessa kuivaan suolaan lisätään 20-30 paino-%:n suolaliuosta. Kostutettu suola sirotellaan ajoradan keskelle 2-3 metrin leveydelle, josta liikenne levittää sen koko ajoradalle. Kostutetun suolan tavallinen levitysnopeus on 40- 45 km/h, korkeampi levitysnopeus lisää suolan hävikkiä olennaisesti. (Tiehallinto 2001, 40.) Suolan annostelusta on kerrottu kappaleessa 2.4.4.

Liuossuolan käyttö liukkaudentorjunnassa mahdollistaa hyvin pienien suolamäärien käytön. Sen etuna on myös suurehko levitysnopeus ja välitön vaikutus tienpintaan. Liuoksen suolapitoisuus mitoitetaan tienpinnan olosuhteiden mukaan. Liuossuola levittyy tienpinnalle tasaiseksi kerrokseksi ja imeytyy tienpinnalla olevaan kosteuteen. Liian suuri kosteus tienpinnalla suolamäärään nähden saattaa jäädyttää tienpinnan, joten liuossuolausta suunniteltaessa on huomioitava myös tuleva sademäärä. Liuossuolan levittämiseen käytetään lautas- tai suutinlevittimiä. Lautaslevittimillä suolan levitysnopeus on 40–55 km/h ja suutinlevittimillä 50–70 km/h. (Tiehallinto 2001, 41.)

Tienpinnalle on kiellettyä levittää kuivaa rakeista suolaa, sillä se levittyy tienpinnalle satunnaisesti ja suurin osa rakeista lentää levityksen yhteydessä tien luiskaan. Kuivan suolan on imettävä kosteutta ennen kuin se sulattaa jäätä tien pinnalta. (Tiehallinto 2001, 37.)



Kuva 3. Liuossuolan, kuivan suolan ja kostutetun suolan vaikutus tienpintaan (Tiehallinto 2001, 38).

### 2.4.3 Liukkaudentorjuntakalusto

Suolaukseen käytetään tavallisesti 3- tai 4-akselista kuorma-autoa, joka varustellaan tienhoitovarustuksen avulla tienhoitoautoksi. Tienhoitoautot ovat perusominaisuuksiltaan sora-autoja tai vaihtolava-autoja. (YIT 2009, 34.)

Tienhoitovarustukseen kuuluu yleisimmin seuraavat varusteet:

- jatkuva hydrauliiikan ulosotto
- hydraulikkajärjestelmä
- aurapuskuri
- takaosan tienhoitovarusteet
- vilkut
- lavan sovitukset
- hallintalaitteet ohjaamoon
- peilit
- sivuauran kiinnitysosat
- alusterä. (YIT 2009, 34.)

Suolaukseen käytettävät kuorma-autot varustetaan suolausautomaatilla. Suola-automaattia käytetään kostutetun suolan, kuivasuolan sekä pelkän suolaliuoksen levittämiseen. (YIT 2009, 88.)



Kuva 4. Nido Stratos suolausautomaatti auton lavalla. Lisävarusteena vilkut sekä materiaalin roiskesuoja lautasessa (YIT 2009, 94).

Suolausautomaatin avulla voidaan säädellä tarkasti levitettävän materiaalin määrää pinta-alayksikölle. Levitettävän suolan määrä ilmoitetaan yksiköllä  $g/m^2$ . Suolausautomaatti säätelee toimintaansa ajonopeuden, levitysleveyden ja levitettävän materiaalin mukaan. Suolausautomaatit jaetaan kahteen eri tyyppiin: vaihtolavasovitteisiin, sekä roll on/roll off (ro-ro) -tyyppisiin. Vaihtolavasovitteinen suolausautomaatti toimii normaalin vaihtolavan tapaan. Ro-ro-malleissa on rullat sekä kääntyvät jalat, joiden avulla se kiinnitetään auton lavalle. Suolausautomaattien käyttövoimana toimii yleensä auton hydraulikka. Käyttövoimana voi toimia myös laitteen polttomoottori, mutta polttomoottoriratkaisuja ei juurikaan käytetä Suomessa. (YIT 2009, 88.)

Kuljettaja säätää automaatin ohjausyksiköstä levitysleveyden (enintään 12 metriä) ja levityskuvion paikan suhteessa ajoneuvon kulkusuunnan keskilinjaan. Levityksen suuntaa muutetaan kääntämällä levityslautasta pysty-akselin ympäri. Levitysleveys riippuu lautasen pyörimisnopeudesta. Ohjausyksikkö säätelee automaatin toimintaa ajonopeuden mukaan siten, että haluttu suolamäärä levitetään. (YIT 2009, 89.)





Kuva 5. Tienhoitoauton ohjaamo. Vasemmalla suolausautomaation ohjausyksikkö (harmaa), oikealla muiden tienhoitovaroitteiden ohjausyksikkö (keltainen) (YIT 2009, 42).

Suola-automaatin levityslautasessa on optinen anturi tai värinäanturi, joka tunnistaa levitettävän materiaalisuihkun ja ilmoittaa levitettävän materiaalin loppumisesta. Materiaalin loppuessa on tärkeää lopettaa levitys ohjauspaneelista, koska muuten levitettävät kilot kertyvät suolan määrän seurantajärjestelmään, vaikkei materiaalia todellisuudessa levity. YIT:n käytössä olevin suola-automaatteihin mahtuu kerralla noin 5 m<sup>3</sup> kuivaa suolaa ja 3-5,5 m<sup>3</sup> suolaliuosta. (YIT 2009, 89.)

Suolausautomaatit kalibroidaan käyttökauden alkaessa, aina suolalaadun muuttuessa sekä aina, kun havaitaan epätarkkuutta suolan menekissä. Kalibrointi on tärkeää, koska suola-automaatit eivät mittaa painoa, vaan perustavat levitettävän materiaalin määrän kalibrointiin. Kalibrointi perustuu tietyn ajan kuluessa levitetyn pinta-alan ja neliöpainon summan vertaamiseen todelliseen automaattista ulostulleeseen määrään. Kalibrointia tehtäessä levityslautanen nostetaan ylös, automaatti laitetaan päälle simuloitulla nopeudella ja automaattista ulostullut materiaali kerätään astiaan. Ulostullut materiaali punnitaan ja tiedot syötetään automaattiin, jolloin se säätelee toimintojaan painojen mukaan. (YIT 2009, 100.)

#### 2.4.4 Suolan annostelu

Liikennevirasto on laatinut liukkaudentorjunnan annossuositukset natriumkloridin olotilakuvaajaan. Suolan annostelussa on otettava monta tekijää huomioon. Niitä ovat muun muassa tienpinnan lämpötila, kosteus, liukkaan peitteen määrä, sateen määrä, liikennemäärä ja suolausmenetelmä. Annossuosituksen lisäksi urakoitsijan työnjohto käyttää kokemuksen luomaa ammattitaitoa suolan määrän optimoinnissa. Osaava työnjohto voi selvittää suosituksia pienemmillä suolamäärillä. Suolan käyttöä ja annoskokoja voidaan automatisoida koneautomaatiolla tai ohjausjärjestelmillä. (Tiehallinto 2001, 39.)

Taulukko 2. Liukkaudentorjunnan annokset g/m<sup>2</sup> eri menetelmillä (Tiehallinto 2001, 39).

Tienpinta	Suolaliuosta (23 %)					Kostutettua suolaa				
	g/m <sup>2</sup>					g/m <sup>2</sup>				
Tienpinnan lämpötila (°C)	0	-2	-4	-6	-8	0	-2	-4	-6	-8
<b>Vähän kostea</b>										
Havaittavasti tumma päällyste, laikukas Paikoin mustaa jäätä	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5
<b>Kostea</b>										
Selvästi tumma päällyste Jäätynäänä tumma, vähän kuuraa, valot eivät heijastu	10	20	20	20	-	5	10	10	10	10
<b>Märkä</b>										
Sumuilmiö alkaa kuorma-autojen perässä, Jäätynäänäkin näyttää märältä, valot heijastuvat	20	30	40	-	-	10	15	15	15	20

Annossuosituksen lisäksi suolan käyttöön liittyy muita huomioitavia seikkoja:

- hyvin märkää tietä ei yleensä suolata
- lumisateen aikana auratulle pinnalle levitetään tarvittaessa kostutettua suolaa 10–20 g/m<sup>3</sup>
- pakkasliukkautta voidaan vähentää liuossuolauksella levitysmäärällä 5 g/m<sup>2</sup>, mutta menetelmä vaatii toimiakseen vilkkaan liikenteen
- sään ongelmatilanteet, kuten alijäähtynyt sade, saattavat vaatia ohjeistusta suuremman annoksen
- jos suolaukseen käytetään kalsiumkloridia, taulukossa esitettyjä annosmääriä voidaan pienentää 25 %. (Tiehallinto 2001, 39.)

Suolan käyttöä yritetään minimoida ja optimoida sen ympäristövaikutusten ja kustannusten vuoksi. Kuitenkin liian vähäinen suolamäärä voi aiheuttaa ongelmia liikenneturvallisuudessa. Alueille, joilla on rajoitettu suolan käyttöä (esim. pohjavesialueet), asetetaan liikennemerkki varoittamaan tienkäyttäjiä suolauksen vähentämisestä. (Tiehallinto 2001, 39.)

Taulukko 3. Suolan kulutus kilometrillä eri levityspainoille ja levitysleveyksillä (YIT 2009, 101).

Suolan kulutus kiloina 1 km matkalla				
levityspaino/ levitysleveys	5 g/m <sup>2</sup>	10 g/m <sup>2</sup>	15 g/m <sup>2</sup>	20 g/m <sup>2</sup>
2 m	10	20	30	40
4 m	20	30	40	50
6 m	30	40	50	60
8 m	40	50	60	70
10 m	50	60	70	80

Taulukko 4. Täyden suolamäärän (5000 kg) riittävyys kilometreinä eri levitysleveydellä ja neliöpainoilla (YIT 2009, 102).

Täyden suolamäärän (5 000 kg) riittävyys kilometreinä eri neliöpainoilla ja levitysleveyksillä				
levityspaino/ levitysleveys	5 g/m <sup>2</sup>	10 g/m <sup>2</sup>	15 g/m <sup>2</sup>	20 g/m <sup>2</sup>
2 m	500	250	167	125
4 m	250	125	83	63
6 m	167	83	56	42
8 m	125	63	42	31
10 m	100	50	33	21

Yllä olevissa taulukoissa on esitetty suolan kulutus kiloina eri neliöpainoilla ja levitysleveyksillä sekä täyden suolamäärän riittävyys kilometreinä eri neliöpainoilla ja levitysleveyksillä. Taulukoiden avulla voidaan suunnitella suolausreittien pituuksia, niin että suolamäärä riittää koko suolausreitille ja suolauksen toimenpideaika ei ylity.

Kulutettuihin suolamääriin voidaan vaikuttaa seuraavilla tekijöillä:

- toimivat varastotilat ja huolellisuus lastauksessa, kuljetuksessa ja siirroissa
- oikea ajoitus
- olosuhteisin sopiva annostus
- sopiva levitysnopeus
- koneiden ja laitteiden kalibrointi
- suolan kulutuksen seuraaminen (esimerkiksi konerikko selviää suolan kulutuksen kasvamisesta). (Tiehallinto 2001, 42.)

### 2.4.5 Liukkaudentorjunnan laatuvaatimukset

Liikennevirasto on asettanut liukkaudentorjunnalle toimenpideajan, joka on riippuvainen talvihoitoluokasta. Toimenpideaika sisältää sekä laadullisen, että ajallisen vaatimuksen. Laadullinen vaatimus tarkoittaa alinta hyväksyttävää laatua, esimerkiksi maksimilumisyyvyyttä tai alhaisinta hyväksyttävää kitka-arvoa. Ajallinen vaatimus tarkoittaa aikaa, jonka kuluessa laadun alituksesta laatu on palautettava takaisin vaaditulle tasolle. (Tiehallinto 2015, 7.)

Tienpinnan kitka mitataan ajoneuvon hidastuvuuteen perustuvalla kitkamittarilla. Mittaus suoritetaan ABS-jarruilla ja nastarenkailla varustellusta henkilöautosta jarruttamalla voimakkaasti 60 km/h-lähtönopeudesta. Kitkamittarit kalibroidaan vuosittain näyttämään karkealla lumipolanteella viiden asteen pakkasella kitka-arvoa 0,29. (Liikennevirasto 2015, 10.)

Taulukossa 5 on esitetty Liikenneviraston määrittelemät kitkavaatimukset ja toimenpideajat eri talvihoitoluokille. Kitkavaatimuksen on täytyttävä vähintään puolella ajokaistan pinta-alasta. Is- ja I-talvihoitoluokkien teillä kitkavaatimus on pienempi kylmässä lämpötilassa. Taulukossa on esitettynä kitkavaatimukset ainoastaan hoitoluokkien Is, I, Ib ja ITb teille, koska suolausta käytetään liukkaudentorjuntaan vain edellä mainituilla hoitoluokilla. (Tiehallinto 2009, 29.)

Taulukko 5. Laatuvaatimukset ajoradan kitkalle (Liikennevirasto 2015, 15).

Talvihoitoluokka	Kitkavaatimus	Kitkavaatimus kylmässä	Toimenpideaika (h)
Is	0,3	< -6 C, kitka 0,25	2 h vilkailla 0 h
I	0,28	< -4 C, kitka 0,25	2 h
Ib ja ITb	0,25 syys- ja kevättalvi 0,25 pistehiekotus vakiintunut talvi 0,22 linjakäsittely vakiintunut talvi		3 h (suolaus) 4 h (hiekoitus)

Hoitoluokissa Is ja I liukkaus torjutaan ennakoivalla suolauksella, niin että liukkaus vältetään tai ainakin liukkauden haitta ja kesto minimoidaan. Suolauksen tavoitteena kyseessä olevilla teillä on laatuvaatimusten ylläpito optimaalisella suolamäärällä niin, että tie tulee nopeasti kuivaksi ja pitäväksi. Lumisateen aikana hoitoluokkien Is ja I teillä on pidettävä yllä liikenteen sujuvuuden ja turvallisuuden varmistavaa kitkatasoa. Lumisateen päätyttyä kitkataso on palautettava vaaditulle tasolle toimenpideajassa. (Liikennevirasto 2015, 15.)

Hoitoluokilla Ib ja ITb käytetään ennakoivaa liukkaudentorjuntaa kevät- ja syystalvella. Vakiintuneen talvikelin aikana eli joulukuusta helmikuuhun liukkaus torjutaan pääasiassa pienellä suolamäärällä tai hiekoittamalla.

Taajamaluokan T1b teillä suolaa saa käyttää liukkaudentorjunnassa vain keväisin ja syksyisin. (Liikennevirasto 2015, 16.)

### 3 TIESUOLAN KULJETUS JA VARASTOINTI

#### 3.1 Tiesuolan kuljetus

Suomessa käytettävä tiesuola tuodaan ulkomailta. Kuljetusmuodot voidaan jakaa tie-, rautatie-, vesitie-, lentokuljetuksiin, sekä yhdistettyihin kuljetuksiin, joista vesitiekuljetukset yleensä jaetaan erikseen sisävesi- ja merikuljetuksiin. Tiesuolan kuljetusmuoto on yhdistetty kuljetus, koska se vaatii kuljetusta maanteitse sekä meriteitse. (Tapaninen 2013, 43.)

Tiesuolan kuljetuksiin liittyy vahvasti merenkulku ja sen myötä merenkulun termit ja määritelmät. Tässä kappaleessa on avattu merikuljetuksiin vaikuttavia kustannuksia ja niihin vaikuttavia tekijöitä sekä merikuljetuksiin liittyviä sopimuksia.

Suomeen tulevien rahtialusten kokoa rajoittaa Tanskan salmien mataluus. Mataluuden vuoksi Suomeen pääsevät lastattuina alukset, joiden syväys on noin 15 metriä (Tapaninen 2013, 17). Tiesuolan kuljetuserät eivät kuitenkaan ole niin suuria, että syvyyksen takia lasteja tarvitsisi jakaa useampaan osaan.

Syväysvaatimuksia eri laivakoille:

- laivan paino 2 000 tn → syväys n. 4 m
  - laivan paino 3 000 tn → syväys n. 5 m
  - laivan paino 4 000 tn → syväys n. 5,5 m
  - laivan paino 6 000 tn → syväys n. 6 m
- (Ryynänen, 2017.)

Taulukko 6. Suomen satamaliiton jäsensatamien syvyyksiä.

<b>Paikkakunta</b>	<b>Satama</b>	<b>Sataman syväys</b>
Eurajoki	Ecoports Finland Oy	6 m
Hanko	Hangon satama	10 m
Helsinki	Helsingin satama Oy	11 m
Inkoo	Inkoo Shipping Oy Ab	13 m
Kalajoki	Kalajoen satama	8,5 m
Kantvik	Oy Kantvik Shipping Ltd	9,2 m
Kaskinen	Oy Kaskisten satama	5,5 m
Kemi	Kemin Satama Oy	10 m
Kokkola	Kokkolan Satama Oy	13 m
Vaasa	Kvarken Ports Ltd	9 m
Lappeenranta	Lappeenranta Free Zone Oy	4,35 m
Loviisa	Loviisan satama Oy	9,5 m
Oulu	Oulun satama Oy	10 m
Tornio	Outokumpu Stainless Oy	9 m
Pori	Pietarsaaren Satama Oy	11 m
Pori	Port of Pori Oy	15 m
Porvoo	Port of Tolkkinen Oy	7,2 m
Raahe	Raahen Satama Oy	10 m
Rauma	Rauman Satama Oy	12 m
Joensuu	Saimaan Satamat Oy	4,35 m
Salo	Salo Seaport Oy	5,5 m
Turku	Turun Satama Oy	10 m
Uusikaupunki	Uudenkaupungin Satama Oy	8,5 m

Rahtausopimuksen laatimisen yhteydessä varustamo tarkastaa molempien satamien laivanselvittäjiltä laivansa sopivuuden satamiin (syväys, pituus, korkeus, leveys, jne.) Varustamo määrittää täten voiko laiva syväyksensä puolesta lastata rahtausopimuksessa sovitun lastimäärän. Laivan mahtumisen syvyyksen perusteella sataman on siis varustamon vastuulla. (Ryynänen, 2017.)

Merenkulun logistiikkakustannuksiin vaikuttavat varastointi- ja kuljetuskustannukset. Varastointikustannuksia voidaan vähentää vähentämällä varastojen lukumäärää, sillä riippumatta varastojen käyttöasteesta, varastoinnista on maksettava aina kiinteät kulut. (Tapaninen 2013, 37.)

Varastointikustannusten lisäksi logistiikkakuluihin vaikuttavat kuljetuskustannukset. Kuljetuskustannukset ovat riippuvaisia kuudesta eri tekijästä:

- etäisyys
- suuruuden ekonomia
- kauppapasapaino
- tavaran arvo ja tyyppi
- kilpailu ja kuljetusyhteydet
- satamat ja muut kaupankäynnin olosuhteet. (Tapaninen 2013, 39–41.)

Suomeen tuotava tiesuola tuodaan kuivana irtolastina (bulk). Kuljettamiseen käytetty alustyyppi on kuivalastialus. Lasti ahdetaan laivan partaan yli nostureilla tai kauhoilla niin sanotulla lo-lo (lift-on – lift off) -menetelmällä. (Tapaninen 2013, 50.)

Aluksiin liittyviä termejä:

- **bruttovetoisuus**, aluksen rungon tilavuus
- **nettovetoisuus**, aluksen lastitilojen tilavuus
- **kantavuus, DWT**, (deadweight tonnage), laivan suurin sallittu lasti mukaan lukien polttoaine, vesi, miehistö ja tarvikkeet
- **lastin kuollut paino**, aluksen maksimilastin määrä
- **aluksen uppouma**, aluksen syrjäyttämän vesimäärän paino
- **syväys**, aluksen alimman kohdan ja vesilinjan välinen etäisyys. (Tapaninen 2013, 54.)

Alusten kustannusrakenne muodostuu monen eri tekijän summana. Alusten kustannuksista suurimman osan muodostavat polttoaine- pääoma-, sekä miehityskustannukset. Muita merkittäviä kustannuksia ovat vakuutukset, korjaus ja huoltokustannukset, satama- ja väylämaksut sekä lastinkäsittelystä aiheutuvat kustannukset. (Tapaninen 2013, 67.)

Aluksen tuottavuuteen vaikuttavat monet tekijät, esimerkiksi

- aluksen frekvenssi ja nopeus. Frekvenssi kertoo, kuinka monta lastia alus pystyy kuljettamaan tietyssä aikayksikössä. Frekvenssin suuruuteen vaikuttaa olennaisesti laivan nopeus, muita vaikuttavia tekijöitä ovat satama-aika sekä lastaustehokkuus.
- aluksen täyttö- ja käyttöaste, alusten reitit pyritään suunnittelemaan niin, etteivät ne kulje tyhjänä. (Tapaninen 2013, 67.)

Suomeen saapuvalla laivalla aiheutuu kuluja luotsaus-, ja väylämaksuista. Suomessa luotsaus on vaikeaa matalien ja mutkaisten väylien sekä satamien jäätyksen vuoksi. Suomen luotsauslain mukaan Suomeen saapuvan aluksen on käytettävä luotsia, jos aluksen koko tai lastin vaarallisuus edellyttää sitä. Kaikki kemikaaleja irtotavarana kuljettavat alukset ovat luotsausvelvollisia. Luotsausmaksun suuruuteen vaikuttavat aluksen nettovetoisuus ja luotsatun matkan pituus. (Tapaninen 2013, 77.)

Suomessa tulli kerää väylämaksuja kaikilta Suomen vesillä kauppamerenkulkua harjoittavilta aluksilta. Väylämaksut käytetään merenkulussa käytettävien väylien ja turvalaitteiden rakentamiseen sekä ylläpitoon, alusliikennepalveluihin sekä jäänmurtajien avustointiin. Maksun suuruus riippuu muun muassa laivan koosta ja jäävahvistuksesta: paremmin jäävahvistettu alus maksaa pienempiä väylämaksuja. (Tapaninen 2013, 78.)

Soveltuvan laivan etsimiseen käytetään yleensä laivameklarin palveluja (englanniksi ship broker). Laivameklari etsii markkinoilta soveltuvimman laivan kuljetuksen suorittajaksi. Laivameklari laskuttaa varustamolta palkkionsa, joka on alan yleisen käytännön mukaan prosentuaalinen osuus rahdin hinnasta. Rahtaus sopimuksessa määritellään matkalle käytettäville satamille laivanselvittäjä, jonka tehtävänä on hoitaa laivan asiapapereita, ilmoittaa aluksen aikatauluista luotseille, viranomaisille, satamahenkilöstölle, tavarantoimittajille ja ahtausliikkeelle. Laivanselvittäjän tehtäviin kuuluu myös muiden vaadittavien ilmoitusten tekeminen viranomaisille. Laivanselvittäjä laskuttaa palveluistaan varustamoita. (Ryynänen, 2017.)

Laivameklari laatii rahtaus sopimuksen rahtaaajan (asiakkaan) ja varustamon välille. Sopimuksessa käytetään yleisesti Gencon 94-sopimus pohjaa, jota laivameklari täydentää lastin vaatimusten mukaan. Nykyään käytössä on yleisesti menettelytapa, jossa laivameklari laatii recapin (recapitulation, suomeksi yhteenveto), jossa viitataan Gencon-sopimus pohjaan sekä määritellään kaikki yleiset ehdot, mm. sallittu ajankäyttö satamissa. (Ryynänen, 2017.)

Tiesuolan merikuljetuksen aikataululausekkeet voivat olla esimerkiksi seuraavia:

- 24WWDSSHINC
- 24WWDSSHEX
- 5000MTWWDSSSEX

Termien selitykset:

- 24: laiva on purettava 24 h kuluessa makuuajan alkamisesta.
  - SSHEX purkuehdoin:
  - Laivan saapuessa arkipäivänä ennen klo 12.00 alkaa makuu aika klo 13.00.
  - Laivan saapuessa arkipäivänä klo 12.00 jälkeen mutta ennen klo 17.00 makuu aika alkaa seuraavana arkipäivänä klo 6.00.
  - Laivan saapuessa arkipäivänä klo 17.00 jälkeen makuu aika alkaa seuraavana arkipäivänä klo 13.00.
  - Jos lastinkäsittely aloitetaan ennen makuuajan alkamista, vähennetään käytetty aika sallitusta purkuajasta.
- WWD: (*weather working day*), laivan purkamiseen käytettävä aika ei vähene, jos ulkona on purkamiseen kelpaamaton sää



- SSHINC: (*Saturdays, Sundays and holidays included*), pyhäpäivät ja lomapäivät lasketaan mukaan aikaan, mutta muutamia maakohtaisia poikkeuksia (Suomessa joulukuu ja juhannus) ei lasketa mukaan aikaan.
- SSHEX: (*Saturdays, Sundays and holidays excluded*), ainoastaan arkipäivät lasketaan mukaan aikaan, jolloin lasti on purettava
- 5000MT: (*5 000 metric ton*), alus on purettava nopeudella 5 000 tn / vrk. (Ryynänen, 2017.)

### 3.2 Tiesuolan varastointi

Hoidon ja ylläpidon alueurakoiden suolaustarvetta varten on rakennettu suolavarastoja, eli niin sanottuja suolahalleja satamaan sekä jokaisen alueurakan työmaavarastoihin. YIT:llä on suolavarasto kolmessa eri satamassa ja lisäksi jokaisella urakalla on käytössään 1-3 suolavarastoa urakan koosta ja sijainnista riippuen. Osa Suomeen maahantuodusta suolasta varastoidaan satamissa ja osa kuljetetaan suoraan laivasta työmaiden varastoihin.



Kuva 6. YIT:n Hämeenlinnan alueurakan suolahalli (Haltia, 2017).

Suola varastoidaan yleisimmin kylmissä pressuhalleissa, joiden rakentamiseen on haettava kaupungista riippuen joko toimenpidelupa tai rakennuslupa. Lupatyyppi ja sen kautta tulevat määräykset ovat riippuvaisia kaupungin rakennuslupamääräyksistä. Suolahallit ovat yleensä lämmittämättömiä, mutta niihin tulee sähkö. Muut kustannukset suolahallien ylläpidosta muodostuvat varastovuokrasta, tontin vuokrasta sekä mahdollisesta liuosasemasta. (Tiehallinto 2001, 45.)



Kuva 7. Kuivan suolan ja suolahiekan varastointi (Haltia, 2017).

Suolaliuos sekoitetaan liuosasemassa natriumkloridista sekä vedestä. Liuosasema koostuu sekoitusyksiköstä ja varastosäiliöstä, jotka mitoitetaan käyttötarpeen mukaan. Aseman toiminta on pitkälle automatisoitua, joten liuoksen valmistus ei sido henkilöstöä. Valmiin suolaliuoksen pitoisuuden on oltava vähintään 23 %. (Tiehallinto 2001, 46.)



Kuva 8. Secron liuossuola-asema (Haltia, 2017).

Suola on varastoitava säilmiöiltä suojassa ensimmäisen ja toisen luokan pohjavesialueiden ulkopuolella. Varastojen on myös oltava riittävän kaukana kaivoista ja vedenottamoista. Suolan lastauspaikan tulee olla päällystetty ja viemäroity niin, ettei pohjavesiä tai ympäristöä vaaranneta. Kuorauksen yhteydessä maahan tippunut suola on kerättävä talteen. (Tiehallinto 2001, 45.)

## 4 TYÖKALU MATERIAALIVIRTOJEN HALLINTAAN

### 4.1 Materiaalivirtojen hallinta

YIT:llä on tarve seurata tiesuolan varastosaldoja ja suolan kulutusta entistäkin tarkemmin. Tässä opinnäytetyössä kehitetään uusia tapoja helpottaa suolasaldojen seuraamista, minkä kautta suolahankintojen suunnittelu on helpompaa. Työn avulla myös kerätään yhteen jokaisen työmaan suolakirjanpito, joten seuraavan talvikauden jälkeen voidaan todeta erot eri työmaiden välillä ja selvittää syitä eroavaisuuksille. Vertailemalla kulutettuja suolamääriä ja yhtenäistämällä kirjanpitoa voidaan myös tuoda koko yritykselle yhteisiä toimintatapoja.

Tällä hetkellä tiesuolaa maahantuodaan syksyisin, jolloin osa siitä varastoidaan sataman suolavarastoon ja osa kuljetetaan suoraan työmaiden varastoihin. Maahantuotu suola punnitaan satamassa ja aina ennen kuljettamista työmaiden varastoihin. Satamaoperaattori toimittaa satamasta lähteneen suolan vaakaraportit YIT:n hankintayksikölle kahden viikon välein.

Työmaiden varastoiden suolamäärää seurataan suolahallikameroiden avulla. Jokaiseen varastoon on asennettu kamera, josta näkee reaaliaikaisen kuvan varaston tilanteesta. Kameroiden avulla voidaan tutkia mahdollisuutta siirtää suolaa varastosta toiseen, mikäli sen uskotaan olevan kannattavampaa kuin suolan kuljettaminen satamavarastosta työmaan varastoon.

Työmaiden varastosta liukkaudentorjuntaan lähtevän suolan määrää voidaan seurata kuormaajavaa'alla, joka on asennettu pyöräkuormaajaan. YIT käyttää vaakana Tomtron Groupin Power -sarjan pyöräkuormaajavaakaa. Kulutetusta suolan määrästä kerätään dataa fleetlogis-tiedunkeruujärjestelmän avulla.

### 4.2 Työkalu materiaalivarastojen hallintaan

Materiaalivirtojen hallintaa helpottavasta järjestelmästä tehdään tässä kohtaa vain kokeiluversio, jotta sovelluksen käytöstä ja sovelluksessa näkyvistä tiedoista saadaan kerättyä käyttäjäkokemuksia.

Järjestelmä tehdään Microsoft Excel-sovelluksen avulla. Käyttökokemusten jälkeen sovellusta on tarkoitus täydentää niin, että sen päivittäminen sujuu automaattisesti ja sovellukselle on tehty oikea käyttöliittymä.

Tällä hetkellä YIT:llä ei ole koko yrityksen kattavaa yhtenäistä koko yrityksen kattavaa suolanseurantajärjestelmää. Osa työmaista kerää itsenäisesti

Microsoft Excel-taulukoon tiedot kulutetuista suolamääristä ja osa työmaista ei pidä minkäänlaista kirjanpitoa kulutetuista ja varastoissa olevista suolamääristä.

Kuiva suola kuormataan levitysautoihin pyöräkuormaajilla, joiden kauhoihin on liitetty vaaka. Kuormaajavaa'at keräävät erilaisia tietoja punnittavasta materiaalista vaakatyypistä riippuen.

Kuormaajavaakojen ominaisuuksia ovat:

- kuormausmuistio; voidaan tallentaa tietoja esimerkiksi materiaalista ja asiakkaista ja ajoneuvoista
- tiedonsiirtomahdollisuus kiinteästi tai langattomasti
- dynaaminen punnitus - kauhassa oleva materiaali punnitaan nostoliikkeen aikana
- automaattinen summaus kun kauha tyhjenetään – vaaka laskee kauhojen painot kuormaksi
- pyöräkuormaajan kallistuksen kompensointi – painolukema korjautuu kulma-anturien lukeman perusteella, painon mittaus on tarkka, vaikka kuormaaja on kallistunut eteen tai taakse
- kello ja kalenteri – punnituskuittiin saadaan punnitusajaka
- lokimuisti – muistiin tallentuu 10 000 viimeisintä punnitusta

(Penttinen 2013, 7.)

Kuormaajavaakaan voidaan säätää myös erilaisia toimintoja, joiden avulla vaaka varoittaa esimerkiksi ylikuormauksesta. Kuormaajavaakaa voidaan käyttää myös varastoonkantoon, jolloin sen kauhaa on liikutettava eri tavalla kuin perinteisessä kuormauksessa. Kuormaajavaaoissa on ominaisuus, jonka avulla voidaan laskea esimerkiksi hinta jokaiselle suolakuumalle. (Penttinen 2013, 7.)

Käytetyistä suolamääristä kerätään tietoja suolausautomaatteihin asetettujen antureiden avulla. Anturi mittaa joko optisesti tai värinän avulla levitetävän kuivan suolan määrän tonneina ja liuossuolan määrän litroina. Tiedot kulutetuista suolamääristä siirtyvät mobiilisovellukseen, josta niitä voidaan tutkia halutulla aikavälillä. Suolausautomaattien tuottama tieto on autokohtaista, joten sen avulla voidaan laskea reittikohtainen kulutus.

YIT:llä on käytössä jokaisessa suolavarastossa suolahallikamera. Kamera lähettää varastosta reaaliaikaista kuvaa, jonka avulla voidaan arvioida hallissa olevan suolan määrää.

## 5 KEHITTÄMISTYÖN TAVOITE JA TARKOITUS

### 5.1 Kehitysprojektin tavoitteet ja niiden saavuttaminen

Kehitysprojektin tavoitteena on helpottaa yrityksen tiesuolan materiaali-  
virtojen hallintaa laatimalla visuaalinen taulukko esittämään tietoja suolan  
kulutuksesta ja reaaliaikaisista varastosaldoista.

Tiesuolasta kerätään paljon tietoja, jotka liittyvät sen käyttöön, varastoin-  
tiin ja logistiikkaan. Kerätty tieto on tällä hetkellä hajallaan, joten sitä ei  
voida hyödyntää tehokkaasti. Kerätty tieto pitäisi saada tiivistettyä yksin-  
kertaiseen muotoon, josta on helppo nähdä kokonaiskuva ja tehdä johto-  
päätöksiä.

Projektissa syntyvän tuotteen on tarkoitus auttaa hankintapuolta ja yrityk-  
sen operatiivista johtoa. Sen avulla yhdenmukaistetaan yrityksen eri työ-  
maiden suolakirjanpitoa sekä ylipäättänsä luodaan yhteisiä toimintatapoja  
yritykselle. Järjestelmän avulla myös pystytään helpottamaan päätöksen-  
tekoa sekä tuomaan kustannussäästöjä, koska käytettävissä olevan suolan  
määrä on jatkuvasti tiedossa.

Kerätyn tiedon esittämistä varten laaditaan Excel-laskentataulukko. Tässä  
vaiheessa laadittu taulukko on kokeiluversio, jota täydennetään myöhem-  
min visuaaliseksi karttasovellukseksi. Kokeiluversion pohjalta haetaan ko-  
kemuksia siitä, mitä tietoja yhteenvedoon on tarpeellista kerätä.

### 5.2 Kehitysprojektin toteutus

#### 5.2.1 Kehitysprojektin lähtötiedot

YIT Rakennus Oy:n eri alueurakoiden tiedonkeruujärjestelmiä on vertailtu  
yrityksen aikaisemmin teettämässä opinnäytetyössä. Työssä havaittiin,  
ettei yrityksellä ole yhtenäisiä toimintatapoja siihen, mitä tietoja suolan  
käytöstä kerätään. Osassa alueurakoista suolakirjanpitoa on pakollista  
tehdä, mutta osassa alueurakoista kirjanpitoa ei suoriteta lainkaan. YIT:n  
infrapalveluiden kunnossapitoyksikön johto sekä hankintapuoli esittivät  
toiveen suolakirjanpidon yhtenäistämistä ja saattamisesta koko yksikön  
tietoon.

Suolanhallintajärjestelmää ja sen sisältöä on ideoitu yrityksen ideapalve-  
lussa. Järjestelmäksi toivottiin Suomen karttaa, joka kertoo värikoodeilla  
suolavarastojen reaaliaikaisen tilanteen ja päivittyy automaattisesti data-  
raja-  
rajapintojen kautta. Kartalle ehdotettiin näkyväksi seuraavia tietoja:

- varaston suolamäärä ja kapasiteetti
- hävikki-%

- suolankulutuksen ennuste 2 vkoa eteenpäin
- ulosmyyty suolan määrä ja hinta (varastojen käyttöastetta voitaisiin parantaa myymällä suolaa ulos)
- suolan kustannustiedot sisältäen varastointi-, logistiikka-, ja pääoma-kustannukset (hälytys, jos kustannukset eroavat valtakunnallisesta tasosta)
- urakkakohtaiset hälytysrajat, kun suola on loppumassa
- varaston vastuuhenkilö.

Tulin projektiin mukaan, kun edellä mainittuja ideoita oli kerätty ja suolanhallintajärjestelmää oli suunniteltu. Edellä mainittujen tietojen pohjalta pääsin suunnittelemaan hallintajärjestelmän kehittämistä sekä siitä ilmeviä tietoja. Ennen hallintajärjestelmän tekemistä tutustuin kuitenkin teiden kunnossapitoon, liukkaudentorjuntamenetelmiin, suolan varastointiin sekä suolan kuljettamiseen ja suolan maahantuontiin liittyviin termeihin.

### 5.2.2 Alueurakkatyömaiden suolakirjanpito-aulukot

Alueurakkatyömaiden suolakirjanpito-aulukot vaihtelevat urakkakohtaisesti. Suolamäärien yhteenvetoa varten luotiin tässä vaiheessa mahdollisimman yksinkertainen ja helppokäyttöinen taulukko, jota voidaan jalostaa käyttökokemusten perusteella.

Taulukko 7. Työmaiden yhteenvetotaulukon sisältö.

Kulutus		Loppupalven tarve		Koko talvikauden tarve		Varastosaldo 15.9.	
kuiva	Liuos	kuiva	Liuos	Kuiva	Liuos	Kuiva	Liuos
0	0	0	0				

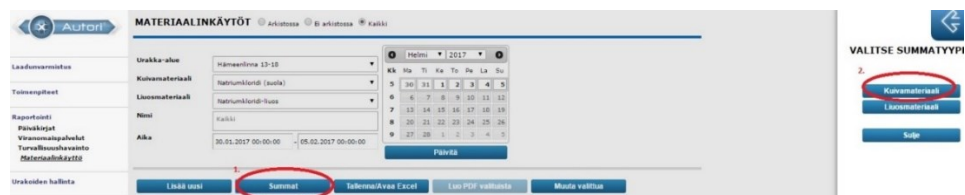
Työmaiden taulukkoon kerätään seuraavat tiedot:

- koko talvikauden tarve 15.9.2017 (arvio, kuinka paljon lisää suolaa tarvitaan talvikauden aikana)
  - o kuivan suolan tarve (tn)
  - o liuossuolan tarve (l)
- työmaan varastojen yhteenlaskettu saldo 15.9.2017
  - o kuivan suolan saldo (tn)
  - o liuossuolan saldo (l)
- suolan kulutus talvikaudella 2017-2018 viikoittain
  - o kuivan suolan kulutus (tn)
  - o liuossuolan kulutus (l).

Taulukko on pyritty luomaan mahdollisimman yksinkertaiseksi, jotta sen täyttämiseen ei menisi aikaa, mutta suolankulutuksen seuraamiseksi tarvittavat tiedot ilmenisivät taulukosta. Työmaat täydentävät taulukkoon suolavarastojen saldot 15.9.2017 ja koko talvikauden suolantarpeen. Lop-

putalvikauden ajan tiedot suolan kulutuksesta haetaan mobiilitiedonkeruujärjestelmän kautta. Tiedonkeruusovellus kerää tiedot suolan kulutuksesta erillisen rajapinnan kautta saatavan tiedon avulla.

Materiaalinkäyttötiedot löytyvät sovelluksesta polusta: raportointi, materiaalinkäyttö. Ohjelmaan päivitetään urakka-alue, kuivamateriaali, liuosmateriaali sekä aikaväli, jolta tiedot materiaalinkäytöstä halutaan. Tämän jälkeen valikosta valitaan summat-toiminto ja summatyypit. Sovellus ilmoittaa käytetyn kuivamateriaalin (tn) ja liuosmateriaalin (l) valitulta aikaväliltä.



Kuva 9. Mobiilisovelluksen materiaalinkäyttöikkuna

Ylläolevien tietojen avulla taulukko laskee automattisesti seuraavat tiedot:

- suolan kulutus talvikauden alusta
  - o kuiva suola (tn)
  - o liuossuola (l)
- lopputalvikauden suolantarve = koko talvikauden tarve – kulutus
  - o kuiva suola (tn)
  - o liuossuola (l).

### 5.2.3 Satamataulukot

YIT:illä on talvikausille varastoitu suolaa joissakin eri satamien varastoissa ja työmaiden varastoissa. Liuossuolaa varastoidaan lähinnä työmaiden varastoissa.

Satamien suolasaldoa ja satamista urakoihin kuljetettuja suolamääriä on aikaisempina vuosina seurattu yksikössä. Eri satamien kautta kuljetetuista suolamääristä saadaan sataman vaakatiedoista työmaakohtaiset tonnimäärät. Vaakaraportointia on tarkoitus tulevilla talvikaudella tihentää.

Suolan kulutuksen seuraamista varten satamista urakkavarastoihin kuljetetut suolamäärät päivitetään taulukkoon viikoittain, jotta satamassa olevaa suolamäärää voidaan seurata. Jokaisella satamalla on oma taulukko, josta on mahdollisuus täydentää kuljetettuja suolamääriä mihin tahansa urakoista.

#### 5.2.4 Yhteenvetotaulukko

Suolamäärien hallintaa varten luotiin yhteenvetotaulukko, jonka avulla yrityksen operatiivinen johto pystyy seuraamaan alueurakkatyömaiden varastojen suolasaldoa ja suolan käyttöä viikon tarkkuudella.

Taulukosta ilmenevät seuraavat tiedot:

- alueurakka
- varastosaldo = varastosaldo 15.9.2017 + varastoon tuotu suola – kulluttu suola
  - o kuiva suola (tn)
  - o liuossuola (l)
- tarve
  - o kuiva suola (tn)
  - o liuossuola (l)
- kulutus
  - o kuiva suola (tn)
  - o liuossuola (l)
- varastosaldon ja tarpeen erotus = varastosaldo - tarve
  - o kuiva suola (tn)
  - o liuossuola (l)

Taulukosta näkee kootusti eri urakoiden suolavarastojen tilanteen ja pystyy näin hahmottamaan yrityksen käytettävissä olevan suolamäärän.



### 5.2.5 Kuljetusvaihtoehtotaulukko

Materiaalien siirtämisen suunnittelua varten luotiin taulukko, jonka avulla voidaan kartoittaa erilaisia vaihtoehtoja materiaalien kuljettamisessa. Taulukko hakee yhteenvetoon eri alueurakoiden suolamäärän lisätarpeen/ylijäämän, joka on vahvistettu urakan vaatimustasosta riippuvalla kertomella.

Varastosaldon riittäminen varmistetaan urakan vaatimustasosta riippuvalla kertomella. Kerroin on perusurakoissa 10 %, vaativissa urakoissa 20 % ja erittäin vaativissa urakoissa 30 %. Alla olevassa taulukossa on esitettyä YIT:n urakoiden vaatimustasot. Kerroin on muodostettu yksikön hankinnasta vastaavan henkilön kokemuksen pohjalta. Henkilöllä on useamman vuoden kokemus kunnossapidosta.

Taulukko 8. YIT:n eri urakoiden vaatimustasot.

Erittäin vaativat urakat	Vaativat urakat	Perusurakat
Lahti	Hyvinkää	Siikalatva
Oulu	Hämeenlinna	Pello
Espoo	Jyväskylä	Keuruu
	Kemi	Kristiinankaupunki
	Mikkeli	Loimaa
	Salo	Kuhmo
	Kotka	Kauhajoki
	Kouvola	

Kuljetusvaihtoehtotaulukon tavoitteena on helpottaa YIT:n hankintayksikön työtä, sillä esimerkiksi loppupalven aikana voidaan miettiä vaihtoehtoja suolan siirroille työmaan varastosta toiseen ja hyödyntää tehokkaammin koko suolamäärä, ettei sitä tarvitse maahantuoda uudestaan loppupalvesta.

Kuljetusvaihtoehtotaulukkoa varten tein taulukon eri alueurakoiden varastojen välisistä etäisyyksistä (etäisyydet on katsottu Google Maps -palvelusta ja niiden tarkkuus on noin 50 km) sekä satamien ja alueurakoiden välisistä etäisyyksistä. Lisäksi tein kuljetusurakoitsijoiden tarjouksia hyödyntäen suolan kuljetushintataulukon (€/tn) eripituisille kuljetusmatkoille.

Kuljetusvaihtoehtotaulukon avulla voidaan laskea kustannuksia eri vaihtoehdoille suolan kuljettamisessa:

- kuljetuskustannukset suolan siirroissa työmaavarastoiden välillä
- kuljetuskustannukset suolan siirroissa satamavarastoista työmaavarastoihin
- kustannukset suolan maahantuonnille.

Taulukon avulla voidaan siis etenkin loppupalven osalta suunnitella, olisiko kustannustehokkaampaa siirtää suolaa työmaan varastosta toiseen, kuin

hakea sitä satamasta. Lisäksi voidaan tutkia riittääkö satamissa ja varastoissa oleva suola koko lopputalveksi siirtämällä työmailta toisille, vai tarvitseeko suolaa maahantuoda lisää.

### 5.2.6 Rajapinnat sovelluksen kehittämistä varten

Ohjelmointirajapinta (Application programming interface, API) määrittelee, miten tietty ohjelmisto tarjoaa tietoja tai palveluita muille tietojärjestelmille tai sovelluksille. Rajapinta voi olla pelkkä datarajapinta, jonka kautta saa luettua sovelluksen sisältämää dataa toisiin järjestelmiin. Rajapinta voi olla myös toiminnallinen rajapinta, joka tarjoaa laskenta-algoritmeja tai mahdollisuuden muuttaa järjestelmän tietoja rajapinnan kautta. (Avoin rajapinta 2014.)

Visuaalisen karttapohjasovelluksen vaatimat rajapinnat ovat

- kuhunkin urakkaan kuuluvat tiet ja urakkarajat
- satamavaakojen tuottama kuormaustieto
- suolausautomaatteihin asennettujen tiedonkeruujärjestelmän tuottama tieto kulutetusta suolasta
- suolausautojen reittitiedot
- suolahallikameroiden kuva

Lisäksi kustannusten seuraamista varten sovellukseen tarvitsisi hakea tiedot suolauksen, logistiikan, varastoinnin ja materiaalin hankinnan kustannuksista. Kustannustietojen automaattinen päivittäminen voi osoittautua hankalaksi, eikä niitä välttämättä voi verrata eri työmaiden kesken, sillä työmailla on erilaisia aliurakkasopimuksia suolauksesta.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 6.1 Tulosten pohdinta ja johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön tuloksena syntyi taulukkomuotoinen suolanseurantajärjestelmä, jonka avulla saadaan tieto työmaiden ja satamien varastosaldoista ja kulutetuista suolamääristä viikon tarkkuudella. Taulukon päivittäminen ei tässä vaiheessa onnistu automaattisesti, joten jokaisella työmaalla olisi hyvä sopia taulukon täytöstä vastuussa oleva henkilö.

Ehdotuksenani on, että taulukko liitetään yrityksen One Drive- tai Sharepoint -järjestelmään, josta kaikki pääsevät tutustumaan siihen. Ennen taulukon viemistä kaikkien saataville on mietittävä, mitkä taulukon soluista on lukittava, jottei kukaan pääse muuttamaan taulukkoa ja sen laskentakavojia.

Taulukko on tiedonkeruun kannalta melko epätarkka, koska sitä käyttää useampi ihminen. Tiedonkeruun tarkentamiseksi voisi esimerkiksi miettiä vaihtoehtoa, että työmaat lähettäisivät tiedot henkilölle, joka syöttäisi ne järjestelmään. Tämänkaltaisen järjestelyn huono puoli on se, että se syö resursseja muilta työtehtäviltä.

Aikaisempien talvikausien suolakirjanpitoa ja säätietoa analysoimalla voitaisiin ehkä rakentaa automaattinen järjestelmä, joka ennustaisi suolan menekkiä sääennusteiden perusteella. Tätä kautta kartalle saataisiin tietoa siitä, kuinka paljon suolaa todennäköisesti kuluu seuraavan kahden viikon aikana. Tieto helpottaa logistiikan suunnittelua ja tuo uusia näkökulmia materiaalivirtojen hallintaan.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin taulukko, jonka avulla jokaiselta työmaalta saadaan yhtenäinen suolakirjanpito. Kokemusten perusteella taulukkoja voisi jatkojalostaa, jolloin jokaiselta työmaalta saataisiin entistäkin enemmän dataa ja suolan kulutusta eri työmaiden välillä voitaisiin vertailla entistäkin tarkemmin. Tarkemmat tiedot taulukosta ja sen sisällöstä on esitetty taulukon käyttöohjeessa.

### 6.2 Kehitysehdotukset

Työn tuloksena syntyneen taulukon avulla pystytään seuraamaan viikko-kohtaisesti jokaisen työmaan suolankulutusta.

Taulukon jatkojalostusta varten voitaisiin tutkia, voisiko yrityksen mobiiliseurantajärjestelmään tehdä jokaiselle työmaalle näkyvän visuaalisen kartan, johon päivittyisi automaattisesti tiedot varastosaldoista ja kulutuksesta sekä muista tarvittavista asioista. Näin sekä työmailla, että hankintapuolella päästäisiin tutkimaan tietoa suolan kulutuksesta sekä vertailemaan eri työmaiden kulutustietoja.

Lisäksi voitaisiin tutkia vaihtoehtoja saada tietoa, jossa olisi eroteltuna suolan kulutus eri hoitoluokille yksiköllä tn/km. Näin saataisiin apua urakalaskentaan, sillä se tuottaisi tietoa eri alueiden suolan kulutuksesta eri vuosien aikana ja erilaisissa sääolosuhteissa.

## LÄHTEET

Avoim rajapinta (2014). Avoimen rajapinnan määritelmä. Haettu 29.7.2017 osoitteesta <http://avoinrajapinta.fi/>

ELY-keskus (2016). Kunnossapito. Haettu 17.6.2017 osoitteesta <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/kunnossapito2#.WX3OjYjyhPZ>

Liikennevirasto (n.d.a). Tieverkko. Haettu 17.6.2017 osoitteesta <http://www.liikennevirasto.fi/tieverkko#.WX3N2ojyhPZ>

Liikennevirasto (n.d.b). Teiden talvihoito. Haettu 17.6.2017 osoitteesta <http://www.liikennevirasto.fi/tieverkko/kunnossapito/talvihoito#.WX3SdljyhPZ>

Liikennevirasto (2014). Kelitiedon vaikuttavuus Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 29/2014. Haettu 30.7.2017 osoitteesta [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts\\_2014-29\\_kelitiedon\\_vaikuttavuus\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2014-29_kelitiedon_vaikuttavuus_web.pdf)

Liikennevirasto (2015). Maanteiden talvihoito. Laatuvaatimukset. Liikennevirasto Helsinki. Haettu 30.7.2017 osoitteesta [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/mt\\_talvihoito\\_2015\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/mt_talvihoito_2015_web.pdf)

Liikennevirasto (2017). Maanteiden hoidon alueurakoitsijoiden markkinaosuudet muuttuvat merkittävästi. Haettu 17.6.2017 osoitteesta <http://www.liikennevirasto.fi/-/maanteiden-hoidon-alueurakoitsijoiden-markkinaosuudet-muuttuvat-merkittavasti#.WX3SGoijyhPa>

Penttiniemi, H, (2013). KÄYTTÖOHJE PYÖRÄKUORMAAVAKA POWER 100 – 300. Tampere: Tamtron Oy

Tapaninen, U. (2013). Merenkulun logistiikka. Helsinki: Gaudeamus Oy

Tiehallinto (2001). Teiden talvihoito Menetelmätieto. Tiehallinto Helsinki 9/2001 haettu 30.7.2017 osoitteesta <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2230006-01i.pdf>

Tiehallinto (2006). Kalsiumkloridin sivuvaikutukset. Tiehallinto Helsinki. haettu 30.7.2017 osoitteesta [http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3201014-vkalsiumkloridin\\_sivuvaik.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3201014-vkalsiumkloridin_sivuvaik.pdf)

YIT (n.d.). Palvelukeskus PANU. Haettu 29.7.2017 osoitteesta <https://www.yit.fi/toimitilat-ja-infra/infrapalvelut/kunnossapito/palvelukeskuspanu>

## HAASTATTELUT

Ryynänen, N. (2017). Operational Manager, Port of Tolkkinen Oy. Haastattelu 5.7.2017