



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

LAADUNVALVONNAN JA RAPORTOINNIN KEHITTÄ- MINEN RAKENTEENPARAN- TAMISURAKOISSA

TEKIJÄ: Kristian Korpela

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Kristian Korpela			
Työn nimi Laadunvalvonnan ja raportoinnin kehittäminen rakenteenparantamisurakoissa			
Päiväys	6.5.2019	Sivumäärä/Liitteet	30/1
Ohjaaja(t) Juha Pakarinen, tuntiopettaja Savonia AMK/Mervi Heiskanen, lehtori Savonia AMK			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) GRK Road Oy/Seppo Nuorala, työpäällikkö; Nevia Oy/Vikke Saarelainen, toimitusjohtaja			
Tiivistelmä			
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli toimeksiantajan pyynnöstä laadunvalvonnan ja raportoinnin kehittäminen tien rakenteen parantamiseen liittyvissä hankkeissa. GRK Road Oy on yksi merkittävimmistä Suomessa toimivista tien rakenteen parantamiseen ja päällystystöihin erikoistuneista yrityksistä. Rakenteen parantamisessa käytettävät työmenetelmät ovat useita vuosia pysyneet samoina ja niiden toimivuus on riittävän hyvä nykypäivän vaatimusten saavuttamiseksi. Myös työmenetelmien laadunvalvonta ja tulosten raportointi perustuu vanhoihin toimintatapoihin, joiden päivittäminen ja sovittaminen yhteen modernin teknologian kanssa oli tämän työn päätavoite. Tavoitteen saavuttamisessa auttoi yhteistyössä toimivan Nevia Oy:n läsnäolo kehityshankkeen eri vaiheissa.</p> <p>Työn taustatutkimukseen apuna käytettiin eri laitosten ja virastojen luomia ohjeita, yritysten verkkosivuja, tuotantovaiheessa otettuja valokuvia ja eri osapuolien työkokemuksiin perustuvia mielipiteitä. Suurin osa kirjoitetusta teoria-aineistosta ja kehitystyöhön liittyvästä tiedosta perustuu opinnäytetyön tekijän henkilökohtaiseen työkokemukseen laadunvalvontatyöstä. Teoriaa on täydennetty virallisista ja julkisista ohjeista löytyvillä tiedoilla. Kehitystyön tukena toimivat toimeksiantajan ja yhteistyökumppanin ammattitaitoiset yhteyshenkilöt.</p> <p>Kehitystyön varsinaiset tulokset selviävät vasta tulevaisuudessa. GRK Road Oy:n ja Nevia Oy:n sitoutuminen opinnäytetyön tavoitteiden saavuttamiseen oli kuitenkin sen tasoista, että kehitystyön tuloksista on varmuudella hyötyä molemmille osapuolille. Opinnäytetyössä esitettyjä kehittämistä vaativia kohteita ei varmasti ole mahdollista korjata helposti. Kehitystyön tuloksena valmistuneita sovelluksia ja ohjelmistoja ja niiden koekäyttöä kannattaa suunnitella tarkoin. Harkitsematon uuden tekniikan tuonti tuotannon päivärytmiin voi pahimmassa tapauksessa pienentää työsaavutusta ja latistaa motivaatiota uuden opettelusta.</p>			
Avainsanat GRK Road Oy, laadunvalvonta, raportointi, tien rakenteen parantaminen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Engineering			
Author(s) Kristian Korpela			
Title of Thesis Development of quality control and reporting in structure improvement contracts			
Date	May 6, 2019	Pages/Appendices	30/1
Supervisor(s) Mr Juha Pakarinen, Lecturer Savonia UAS/Mrs Mervi Heiskanen, Senior lecturer Savonia UAS			
Client Organisation /Partners GRK Road Oy/Mr Seppo Nuorala, Project Manager; Nevia Oy/Mr Vikke Saarelainen, Chief Executive Officer			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was commissioned by GRK Road Oy. The objective was to develop the quality control and reporting in their road structure improvement projects. GRK Road Oy is one of the most significant companies specialised in structure improvement of road and paving work in Finland. The working methods of structure improvement have remained the same for several years and their functionality is good enough to achieve the requirements of today. The quality control of the working methods and the reporting of results is also based on old practices and updating and adapting them together with the modern technology was the primary aim of this thesis. To achieve the objectives of the thesis, the study was carried out in collaboration with a cooperative company called Nevia Oy.</p> <p>Various guidelines created by institutes and agencies as well as different companies' websites, photographs taken in the production phase and opinions of the different parties were used as the background material. Most of the written theory and the knowledge of development work was based on the author's own work experience of quality control work. The theory part was completed with official and public information from guidelines. In addition, professional contact persons of the client organisation and the cooperative company were of help in the development work.</p> <p>The actual results of this project will become clear in the future. The commitment for this thesis was so strong by both companies that the final accomplishments will certainly be useful for all parties. The subjects of development presented in this thesis may not, however, be easy to fix. The applications and programs completed with the help of this thesis have to be used carefully in the test run. Inconsiderate application of modern technology to the production phase might reduce performance and even make flat the motivation to learn new.</p>			
<p>Keywords GRK Road Oy, quality control, reporting, structure improvement of road</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn taustaa	6
1.2	Toimeksiantaja – GRK Road Oy.....	6
1.3	Lyhenteet ja määritelmät.....	7
1.4	Yhteistyökumppani ja ohjelmistojen tekijänoikeuksien haltija	7
2	TIEN RAKENTEEN PARANTAMINEN.....	8
2.1	Suomen tieverkko nykypäivänä ja tulevaisuudessa	8
2.2	Rakenteen parantaminen yleisesti	9
2.3	Päällystetyn tien parantaminen	10
2.3.1	Sekoitusjyrsintä.....	10
2.3.2	Stabilointi	11
2.3.3	Teräsverkkojen käyttö rakenteessa	13
2.4	Soratien parantaminen	14
2.4.1	Sorateiden kelirikko	14
2.4.2	Kelirikon korjaus	14
3	LAADUNVALVONTA JA RAPORTOINTI	17
3.1	Yleistä rakennushankkeen laadunvalvonnassa ja raportoinnissa	17
3.2	Raportoinnin tavat ja sisältö	18
3.3	Laadunvalvonta ja raportointi Rp-urakoissa	19
3.3.1	Laadunvalvonnan laatutekijät ja mittausvälineet.....	19
3.3.2	Raportointi rp-urakoissa.....	21
4	RAPORTOINNIN JA LAADUNVALVONNAN KEHITTÄMINEN.....	22
4.1	Sijaintitiedon liittäminen dokumentointiin.....	22
4.2	Tavoitteena interaktiivinen laadunvalvonta- ja raportointijärjestelmä	23
4.3	Yleinen malli ja lyhenteet laadunvalvontaan.....	24
4.4	Laadunvalvonnan työturvallisuus.....	25
4.5	Psykologinen kehitystyö	25
4.6	Laadunvalvojan pikaopas.....	26
5	YHTEENVETO JA POHDINTA	27
6	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	28
7	LÄHDELUETTELO	28

8 KUVAT 29

LIITE 1: TULEVAISUUDEN LAADUNVALVOJA -OPAS – OHJEITA ALOITTELEVALLE LAADUNVALVOJALLE
..... 30

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustaa

Työn aihe on tullut itselleni tutuksi työskennellessäni SL Asfaltti Oy:ssä kesällä 2017 ja 2018. Vuonna 2017 tein laadunvalvontatehtäviä rakenteenparantamisurakoissa, joissa toimenpiteinä olivat pääsääntöisesti sekoitusjyrsintä ja kahdessa kohteessa stabilointi sekä edellä mainittuihin toimenpiteisiin liittyvät muut työvaiheet. Vuonna 2018 tein laadunvalvontaa, joka liittyi sorateiden runkokelirikon korjauksiin. Tässä opinnäytetyössä esittelen rakenteenparantamiseen liittyviä työvaiheita kahdena eri kokonaisuutena jakamalla ne kulutuskerroksen mukaan sidottuun ja sitomattomaan. Laadunvalvonta ja raportointi on molemmissa samankaltaista, joten varsinainen opinnäytetyön aihe sopii molempiin kokonaisuuksiin.

Tien rakenteen parantaminen on itsessään laaja käsite ja siihen kuuluu monia erilaisia toimenpiteitä riippuen tilaajan määrittämistä tarpeista. Tässä työssä käyn läpi vain ne toimenpiteet, joissa olen itse henkilökohtaisesti ollut mukana. Laadunvalvonnan ja raportoinnin kehittämiseen teen ehdotuksia tuotannon näkökulmasta eli mitä parannuksia työnjohtaja, laadunvalvoja ja muut työntekijät toivovat. Kehitystyön tuloksena ei välttämättä synny valmiita avustavia ohjelmistoja ja sovelluksia vaan tehtäväni on antaa sykäys modernin teknologian liittämiseksi muuten suhteellisen konservatiiviseen tien rakenteenparantamiseen.

Opinnäytetyön tavoitteena ei ole korvata työntekijöitä uudella tekniikalla vaan parantaa ja helpottaa nykyisten ja tulevien osaajien tehtäviä. Varsinkin kokeneemmat ammattilaiset, jotka ovat jopa vuosikymmeniä tehneet töitä saman kaavan mukaan tutulla kalustolla ilman hienoja avustavia ohjelmistoja saattavat kokea kehitystyön enemmän uhkaksi kuin mahdollisuudeksi. Tämä harhaluulo on tärkeä saada muutettua ja nämä kentällä meritoituneet ammattilaiset pitää ottaa mukaan tekniikan suunnitteluun, testaukseen ja parantamiseen.

1.2 Toimeksiantaja – GRK Road Oy

Opinnäytetyön tilaajana toimii GRK -konserniin kuuluva GRK Road Oy ja yhteyshenkilönä toimii työpäällikkö Seppo Nuorala. Huhtikuun ensimmäisenä päivänä 2019 julkaistiin yrityskauppa, jossa GRK Oy osti alkuperäisenä tilaajana olleen SL Asfaltti Oy:n koko liiketoiminnan. Kaupan myötä GRK:n liiketoiminta laajenee niin asfaltointi- ja rakenteenparantamisesurakoinnin osalta. GRK -konserniin tytär- ja osakkuusyhtiöinä kuuluvat vuonna 2013 toimintansa Ruotsissa aloittanut GRK Infra AB, vuodesta 2014 Virossa toiminut GRK infra As sekä radanrakentamiseen erikoistunut Winco Oy. (GRK Oy, 2019).

1.3 Lyhenteet ja määritelmät

KVL = Keskimääräinen vuorokausiliikenne

RP = Rakenteen parantaminen

SJYR = Sekoitusjyrsintä

STJYR = Stabilointijyrsintä on työvaihe, jossa stabiloitavaan materiaaliin sekoitetaan massaan lisättävät sideaineet – tässä opinnäytetyössä vaahtobitumi ja masuunihiekka (Tiehallinto, 2007)

ST -urakka = Suunnittele ja toteuta on urakkamuoto, jossa urakoitsija vastaa suunnittelusta ja toteutuksesta

KU -urakka = Kokonaisurakka, jossa urakoitsija rakentaa kohteen tilaajan suunnitelmien mukaan

EJYR = Esijyrsintä

MHST = Masuunihiekkastabilointi

VBST = Vaahtobitumistabilointi

1.4 Yhteistyökumppani ja ohjelmistojen tekijänoikeuksien haltija

Opinnäytetyössä yhteistyökumppanina toimii Nevia Oy, joka on perustettu vuonna 2008 ja kuuluu Andament Group -konserniin. Yhteishenkilönä toimii yrityksen toimitusjohtaja Vikke Saarelainen. Nevia toimii rakentamisen ja liikenteen kaikissa vaiheissa ja tarjoaa mittaus-, analyysi- ja sovelluskehityspalveluita (Nevia Oy, 2019). Nevian kehittämia sovelluksia ovat muun muassa Navigator, Nevipaver, Nevitracker ja Paalu. Navigator on maastohavaintojen tallentamiseen kehitetty järjestelmä. Nevipaverin avulla voidaan hallita työmaan materiaalivirtojen suunnittelua ja laadunvalvontaa. Nevitracker on paikkatiedon tallentamiseen ja jakamiseen kehitetty sovellus. Itselläni on ollut käytössä kesällä 2017 ja 2018 paikkatiedon määrityksessä laadunvalvontatehtävissä Paalu. Se on Nevian kehittämä ilmainen Android -käyttöjärjestelmälle sopiva sovellus, joka kertoo sijainnin ja siihen liittyvät tierekisteritiedot. (Nevia Oy, 2019).

2 TIEN RAKENTEEN PARANTAMINEN

2.1 Suomen tieverkko nykypäivänä ja tulevaisuudessa

Suomen tieverkon pituus on yhteensä noin 454 000 kilometriä, josta valtion omistamia maanteitä on noin 78 000 kilometriä. Valtaosa eli noin 64 900 kilometriä maanteistä on seutu- ja yhdysteitä ja loput reilut 13 000 km valta- ja kantateitä. Noin 41 000 kilometriä tieverkosta on vähäliikenteistä ja kuuluu alimpaan hoitoluokkaan. Valtion teiden ylläpito- ja kehitystyöstä vastaa Väylävirasto eli lyhyesti Väylä yhdessä eri alueiden ELY -keskusten kanssa. (Väylä, 2018).

Maantieverkoston kokonaiskuvaa tarkasteltaessa jo korjausvelan määrä kertoo olennaisen Suomen teiden heikosta kunnosta. Vuonna 2019 korjausvelan määrän arvioidaan olevan noin 2,5 miljardia euroa. Velan määrän nousu saatiin kuitenkin pysäyttämään valtioneuvoston myöntämällä 595 miljoonan euron lisärahoituksella liikenneväylien korjausohjelmaan vuosina 2016-2018. Korjausvelkaohjelmaan sisältyi maanteiden korjauskohdeiden lisäksi parannuksia vesiväylillä ja rautateilla sekä digitaalisaation lisääminen yleisesti. (Väylä, 2019).

Huonokuntoisilla teillä kulkee arviolta noin yhdeksän prosenttia Suomen kaikesta liikennemäärästä (LiikenneFakta, 2019). Suurimmat ongelmat ilmenevät raskaan liikenteen käyttämillä tieosuuksilla, joiden kantavuudet ja laatu eivät kestä liikennekuormien aiheuttamia rasituksia. Valtaosa yleisen liikenteen käyttämistä sorateistä ja osa pinnoitetuista teistä ovat puutteellisesti rakennettuja tai niitä ei ole rakennettu lainkaan. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä että tien rakenteesta puuttuu kokonaan esimerkiksi tarpeellinen jakavakerros sekä suodatinkerros. Tästä johtuen yleensä routiva alusrakenne yhdessä mahdollisesti puutteellisen kuivatuksen ja liikenteen rasituksen kanssa aiheuttavat tieosuuksien päällysrakenteelle toistuvaa korjaustarvetta.

Tulevaisuuden näkymät teiden kunnan osalta näyttävät kehuilta, mikäli vuosittaista lisärahoitusta ei myönnetä. Etenkin keväällä 2018 teiden kelirikko oli pahin vuosikymmeniin edeltävän talven sääolosuhteista johtuen. Arviot ilmastonmuutoksen kehittymisestä eivät ainakaan vähennä kelirikon riskiä myös tulevina vuosina. Pientä valoa tunnelin päässä kuitenkin tuo helmikuussa 2018 parlamentaarisen työryhmän esittämä vuosittainen 300 miljoonan euron lisärahoitus korjausvelan vähentämiseen, mutta se olisi mukana talousarviossa vasta vuonna 2022 (Valtioneuvosto, 2018).

Ensimmäisenä tuleekin miettiä miten saadaan enemmän pienemmällä rahamäärällä. McKinsey & Company:n tutkimuksen pohjalta vuonna 2015 kirjoitetusta artikkelista käy ilmi, että reilussa 20 vuodessa rakentamisen tuottavuus on pysynyt samana tai jopa heikentynyt. Samassa ajassa teollisuuden tuottavuus on lähes kaksinkertaistunut. Samaisen artikkelin mukaan suurin osa tutkimuksessa seuratuista projekteista ylitti sille asetetun budjetin tai aikataulusta myöhästettiin. (Changali;Mohamed;& van Niewland, 2015). Artikkelin on kirjoitettu jättiprojekteihin kohdistetun tutkimuksen pohjalta, mutta silti sen perusteella voi tehdä johtopäätöksen - rakentamisen tuottavuutta pitää parantaa.

2.2 Rakenteen parantaminen yleisesti

Rakenteen parantamisen urakoiden pääasiallinen tilaaja on alueellinen ELY -keskus. Valtakunnallisesti merkittävässä hankkeissa tilaajana on yleensä Väylävirasto. Rakenteen parantamisen suunnittelusta vastaa ensikädessä tilaaja eikä ST-urakoita toteuteta. Urakkakilpailutus tapahtuu julkisten hankkeiden urakkakilpailun sääntöjen mukaan. Tarjoushinta on ratkaiseva tekijä suurimmassa osassa kilpailutuksista. Rakenteen parantamisessa käytettävän kaluston vähäinen määrä tuo urakoihin mukaan aliurakoivia yrityksiä ja toimenpiteet jakautuvat useasti eri toimijoiden välille.

Tien rakenteen parantaminen tarkoittaa termin mukaisesti tien rakennekerrosten parantamista. Itse rakenteen parantaminen voidaan jakaa neljään eri tasoon. Tasot taas voidaan karkeasti jakaa päällysrakenteen parantamiseen (tasot 1 ja 2) ja alusrakenteen parantamiseen (tasot 3 ja 4).

Ensimmäinen taso on uudelleen päällystys, johon kuuluvat uuden pintauksen lisäksi erilaiset remix -menetelmät, urapaikkaukset ja reikien paikkaukset. Toinen taso on kevyt parantaminen, jonka työmenetelmiin tässäkin opinnäytetyössä tarkemmin tutustutaan. Yleensä kevyellä tasolla tarkoitetaan sekoitusjyrsinnän ja erilaisten päällysrakenteen stabilointien käyttöä menetelminä. Kolmas ja neljäs taso on raskaita rakenteen parantamisen muotoja, joihin kuuluvat alusrakenteeseen liittyvät toimenpiteet, kuten massanvaihdot, syvästabiloinnit ja siirtymäkiiltojen sekä raunanvahvistusten rakentamiset. Ainoana erona tasojen välillä on tien tasauksen muuttuminen eli neljännellä tasolla tasauksen muuttuessa tiealueen leveyden lisäys tulee pakolliseksi. Muita vaihtoehtoja on vain yksi – tien uudelleen rakentaminen. (Tiehallinto, 2005). Alusrakenteen perusparannus vaatii yleensä tilaajalta laajempia tutkimuksia ja selvityksiä geo- ja ympäristötekniikan osalta ja yleensä pitää tehdä myös tiesuunnitelma.

Kevyen rakenteen parantamisen toimenpiteiden avulla saadaan tien palvelutasoa parannettua suhteellisen vähällä uuden materiaalin käytöllä ja tästä syystä kustannustehokkaasti ja ympäristöystävällisesti. Rakenteen parantaminen tulee ensimmäisenä mahdollisuutena esille mikäli tien poikkileikkausta ei voida muuttaa eikä tasauksen nosto ole mahdollista. Suurin osa rp -urakoista sijoittuu päällystetyille seutu – ja yhdysteille, jotka ovat suurelta osin puutteellisesti rakennettuja, mutta tarvitsevat kuormituskestävyyden palauttamista tai lisäämistä kasvavan raskaanliikenteen kuormituksen lisääntyessä.

Tien päällysrakenteen parantaminen sisältää toimenpiteitä, joissa muokataan kulutuskerroksen, kantavankerroksen ja jakavankerroksen vaurioita tien kuormituskestävyyden parantamiseksi. Päällystetyn tien kevyessä rakenteenparantamisessa käytetään poikkeuksetta yhtenä toimenpiteenä sekoitusjyrsintää. Tässä opinnäytetyössä esittelen päällystetyn tien rakenteen parantamisen toimenpiteistä lyhyesti sekoitusjyrsinnän, vaahtobitumi- ja masuunihiekkastabiloinnin.

2.3 Päälystetyn tien parantaminen

2.3.1 Sekoitusjyrsintä



KUVA 1. Sekoitusjyrsintä käynnissä (Korpela, Digikuva, 2017)

Sekoitusjyrsintä eli lyhyesti SJYR on päällysrakenteen parantamisen yksi toimenpide, jolla vanha kulutuskerros sekoitetaan vanhan jakavan kerroksen kanssa uudeksi kantavaksi kerrokseksi (KUVA 1). Tarvittaessa lisätään uutta mursketta, jotta sekoitteelle saavutetaan uudelle kantavalle kerrokselle ohjeiden mukainen rakeisuuskäyrä. Sekoitusjyrsinnän syvyys on pääsääntöisesti 150-250mm riippuen vanhan kulutuskerroksen paksuudesta, lisämurskeen määrästä tai jyrsittävällä tieosalla olevien vanhojen teräsverkkojen asennussyvyydestä. Henkilökohtaisen kokemuksen mukaan lähes poikkeuksetta sekoitusjyrsintä joudutaan jättämään tekemättä verkotetuilla tieosilla, koska verkkojen sijaintisyvyydestä ei ole tarkkaa tietoa tai ne sijaitsevat heti kulutuskerroksen alla. Siitäkin huolimatta että sekoitusjyrsimellä on valtava voima murskata ja sekoittaa maa-ainesta ei se murskaa teräsverkkoa vaan imaisee sen sekoitusrummun ympärille ja pahimmassa tapauksessa rikkoo koko jyrsimen. Vähintäänkin verkon poisto rummusta aiheuttaa lisätyötä ja varsinaisen työsuorituksen viivästymistä. Vanhan kulutuskerroksen ollessa erityisen paksu tai sen materiaali on erityisen kovaa

joudutaan joskus käyttämään asfalttijyrsintää ennen sekoitusjyrsintävaihetta. Tuolloin asfalttijyrsimellä poistettu vanha kulutuskerros voidaan monin paikoin hyötykäyttää muualla tienparannuksessa.

Tien rakentajien ammattikunnan ulkopuolella usein vallitsevan harhaluulon vastaisesti sekoitusjyrsintä ei ole stabilointimenetelmä vaan päällysrakenteen homogenisointimenetelmä.

Menetelmän työvaiheisiin kuuluvat vanhan päällysteen ja kantavan kerroksen sekoitus mahdollisen lisämurskeen kanssa yksi kaista kerrallaan, kastelu tarvittaessa ja esitiivistys. Esitiivistys on tärkeää, jotta liikenne pääsee ohikulkemaan toista kaistaa jyrsittäessä. Vanhan päällysteen ja tien poikkileikkauksen ollessa leveä joudutaan tien keskiosa jyrsimään erikseen, jolloin liikenne joudutaan katkaisemaan väliaikaisesti. Jyrsitty ja esitiivistetty pinta muotoillaan tiehöylän avulla ohjeelliseen muotoonsa ja jyrätään tarvittavaan tiiviyteen. Tarvittaessa muotoilu – ja tiivistysvaiheessa rakennetta kastellaan materiaalien heterogenisoitumisen estämiseksi ja parhaan tiivistystuloksen saavuttamiseksi.

2.3.2 Stabilointi

Stabiloinnin tavoitteena on yleensä teiden kuormituskestävyyden parantaminen, rakenteen vaurioiden korjaus tai stabiloitavan rakennekerroksen routimisherkkyyden vähentäminen. Stabilointi on ympäristöystävällinen tapa tien päällysrakenteen korjaamiselle, koska vanha päällyste ja kantavakerros käytetään uuteen rakenteeseen. Täysimääräinen kierrätys vähentää materiaalikuljetuksista aiheutuvia päästöjä ja uusien materiaalien käyttötarvetta laajassa mittakaavassa. (Tiehallinto, 2007).

Päällysrakenteen stabilointimenetelmät voidaan jakaa sekoituspaikan mukaan kahteen eri osaan – asemasekoitusmenetelmään ja paikallasekoitusmenetelmään (Tiehallinto, 2007). Asemasekoitusmenetelmässä stabiloitavat materiaalit ja sideaine sekoitetaan asemalla valmiiksi ja tuodaan levitettäväksi kohteeseen. Hyvinä puolina tässä menetelmässä voidaan pitää tarkempaa massan laaduntarkkailua. Paikallasekoitusmenetelmässä käytettävät materiaalit, kuten vanha kulutuskerros ja murske löytyvät pääsääntöisesti parantamiskohteesta, jolloin materiaalien kuljetustarve on pienempi. Kohteeseen tuodaan vain sideaine ja tarvittaessa lisämurske, joka sekoitetaan esijyrsinnässä vanhan päällysteen ja kantavan kerroksen materiaalien kanssa. Stabilointimenetelmät voidaan jakaa myös sideaineen mukaan, joita ovat esimerkiksi sementti, komposiitti, vaahtobitumi ja masuunihiekka.

Ennen varsinaista stabilointivaihetta päällystetylle tielle tehdään esijyrsintä, jossa vanha päällyste ja kantavakerros sekoitetaan tarvittaessa lisämurskeen kanssa homogeeniseksi kiviaineeksi. Jyrsinnan jälkeen tien pinta muotoillaan ja jyrätään. Esijyrsintävaiheen tavoitteena on myös tien poikki- ja pituusgeometrian korjaaminen tarvittaessa haluttuun muotoon. Jyräyksellä ei tarkoiteta saavuttavaa kantavuuden ja tiivyyden tavoitearvoja vaan saattaa tie liikennöitäväan kuntoon ja estää esijyrsityn materiaalin lajittuminen liikenteen rasituksesta. Seuraava vaiheena on itse stabilointi.



KUVA 2. Vaahtobitumistabiloinnin STJYR -vaihe käynnissä (Korpela, Digikuva, 2017)

Vaahtobitumistabiloinnissa – lyhenne VBST - sideaineena toimiva bitumi tuodaan työmaalle säiliössä. Säiliöstä kuuma bitumi johdetaan ylipaineistettuun sekoituskammioon, jossa siihen sekoitetaan vettä. Seos johdetaan putkea pitkin stabilointijyrsimen rumpuun, jossa ylipaineistetun seoksen vesi höyrystyy nopeasti purkautuessa normaaliin ilmanpaineeseen ja saa aikaan bitumin vaahtoutumisen. Vaahtobitumin sekoittuessa kylmään ja kosteaan esijyrsittyyn kiviainekseen se samalla sitoo hienoaineksen. (Tiehallinto, 2007). Tätä vaihetta kutsutaan stabilointijyrsinnäksi (KUVA 2). Vaahtobitumistabiloinnille sää aiheuttaa omat rajoituksensa, varsinkin jos stabilointi tehdään kevät- tai syksyaikaan. Bitumin lämpötilan on oltava riittävän korkea, jotta sideaine pystyy sitoutumaan kiviaineksen kanssa. Kylmällä ilmalla putkea pitkin johdettu bitumi-vesi-seoksen lämpötila voi laskea, jolloin sitoutumisen edellyttämä bitumin vaahtoutuminen huononee tai pahimmassa tapauksessa ei tapahdu lainkaan. Yleensä siksi stabilointi pyritään tekemään lämpimään kesäaikaan, mikäli aikataulu sen sallii.

Masuunihiekka- ja vaahtobitumistabiloinnin työmenetelmät eroavat vain sideaineen lisäyksen osalta. Masuunihiekkastabiloinnissa – lyhenne MHST - sideaineena käytettävä terästeollisuuden sivutuote masuunihiekka tuodaan työmaalle yleiseen liikenteeseen soveltuvalla kuljetuskalustolla eli käytännössä kuorma-autolla. Masuunihiekan levitys tapahtuu asfalttilevittimellä (KUVA 3) tai murskeen levitykseen kehitetyllä kalustolla. Tärkeää levityksessä on masuunihiekan menekin seuranta. Sideaineena toimivan masuunihiekan kemiallinen koostumus on samantyyppinen kuin sementillä ja sitoutunut rakenne muistuttaakin sementtistabiloinnilla saavutettua rakennetta. Masuunihiekan sitoutumisen nopeuttamiseen voidaan käyttää aktivaattorina sementtiä (MHST-A). Stabiloitavan materiaalin sisältäessä normaalia enemmän hienoainesta sementillä saadaan vähennettyä muodonmuutosherkkyyttä ja humuspitoisilla kiviaineksilla humuksen rakenteita heikentäviä vaikutuksia. Masuunihiekan sitoutuminen on sementtiä hitaampaa, mutta hyvänä puolena on osittainen uudelleensitoutumiskyky. (Tiehallinto, 2007).



KUVA 3. Masuunihiekan levitys käynnissä (Korpela, Digikuva, 2017)

Masuunihiekan levityksen jälkeen tehdään stabilointijyrsintä, joka on periaatteessa samanlainen toimenpide kuin sekoitusjyrsintä aina kalustoa myöten. Stabilointijyrsinnän jälkeen sekä vaahtobi-tumi- että masuunihiekkastabiloinnissa tien pinta muotoillaan tiehöylällä ja jyrätään tavoite tiivi- yteen, jonka tilaaja on määrittänyt.

2.3.3 Teräsverkkojen käyttö rakenteessa

Teräsverkkojen käytetään yleisimmin routanousuhalkeamien ja urautumisen estämiseksi. Teräsverk- koja voidaan käyttää sekä päällystetyillä teillä että sorateilla. Käyttökohteet sijaitsevat useimmiten tieosuuksilla, jossa on huono kantavuus ja alusrakenne on erittäin routivaa. Teräsverkkojen käytön yhtenä suurena ongelmana voidaan pitää jyrsintätyön toteuttamisen vaikeutta, kun kohdetta seuraa- van kerran parannetaan. Työteknisesti verkkojen optimaalinen asennussyvyys on 200-300 mm tien pinnasta, mutta hankekohtaisesti tilaaja määrittää asennussyvyyden ja muut ohjeavot käyt- tökohteen rakenneteknisten vaatimusten ja selvityksien perusteella. (Tiehallinto, 2009).

2.4 Soratien parantaminen

2.4.1 Sorateiden kelirikko

Suomessa yleisen liikenteen käytössä olevia sorateita on noin 28 000 kilometriä (Väylä.fi, 2018). Yleensä sorateiden KVL on suhteellisen pieni, mutta etenkin raskasliikenne puutavarakuljetukset etupäässä asettavat kantavuudelle omat vaatimuksensa. Valtaosa sorateista on puutteellisesti rakennettuja tai niitä ei ole rakennettu lainkaan, joka on yksi merkittävistä tekijöistä sorateilla esiintyvillä ongelmilla. Suurin tekijä kelirikon muodostumisen kannalta on kuitenkin vesi. Yhdessä rakenteeseen sopimattoman materiaalin kanssa vesi aiheuttaa routavaurioita, jotka liikenteen kuormituksen edesauttamina aiheuttavat kelirikkoa. Suurimmat ongelmat ilmenevät keväällä runkokelirikkona.

2.4.2 Kelirikon korjaus

Pintakelirikkoa esiintyy eriävissä määrin kaikilla sorateilla ja sorateiden hoitoa sorastuksin ja launauksin tehdään vähintään muutaman vuoden välein. Pintakelirikossa kulutuskerroksen hienoaines poistuu liikenteen aiheuttaman pölyämisen ja liikenteen ja veden aiheuttaman korrosion vaikutuksesta. Hienoaineksen poistuessa kulutuskerroksen rakenne hajoaa ja suuremmat rakeet irtaavat ja siirtyvät tien reunaan. Reunaan muodostuu reunapalteet, jotka taas estävät veden virtauksen sivuojiin ja korrosio pahenee. Pitkällä aikavälillä myös tien vaakageometria muuttuu ja esimerkiksi kaltevuudet eivät vastaa enää ohjearvoja.



KUVA 4. Runkokelirikkoa keväällä 2018 (Linna, 2018)

Runkokelirikkoa esiintyy paikoittain, mutta seuraukset ovat sitäkin pahemmat (KUVA 4). Runkokelirikosta kärsivien soratiden liikennettä on jouduttu viime vuosina enenevässä määrin rajoittamaan esimerkiksi painorajoituksin ja yksittäisissä tapauksissa tien liikenne on estynyt kokonaan ja osa tiestä on jouduttu sulkemaan. Runkokelirikon korjaamiseen liittyviä rakenteen parantamisen työvaiheita ovat kuivatuksen parantaminen, vanhan kulutuskerroksen poisto, pohjamaan homogenisointi, suodatinkankaan ja uuden kantavan kerroksen levitys ja uuden kulutuskerroksen levitys.

Runkokelirikon korjauksessa ensimmäisenä työvaiheena on vanhan kulutuskerroksen poisto tiehöylää tai kaivinkonetta apuna käyttäen. Kulutuskerroksen yksi tarkoituksista on veden pääsyn estäminen alla oleviin rakenteisiin, joten uuden rakenteen alle jätettynä vanha kerros estää veden poistumisen rakenteesta. Vanhan kulutuskerroksen poiston jälkeen pohja homogenisoidaan tarvittaessa haraamalla tai sekoitusjyrsintä käyttämällä (KUVA 5). Homogenisoinnin syvyys vaihtelee 150-300mm. Homogenisoinnin aikana esille nousseet suuret kivet poistetaan käsin tai suuremmat tarvittaessa kaivinkoneella.



KUVA 5. Homogenisointi jyrsimellä käynnissä (Korpela, Digikuva, 2018)

Homogenisoinnin jälkeen tie tai tieosa muotoillaan ja jyrätään. Jyrätyn pohjan päälle levitetään suodatinkangas ja kankaan päälle levitetään uusi kantavakerros, joka muotoillaan ja jyrätään tarvittavaan tiivyyteen. Murskekerroksen paksuus ja raekoko on tilaajan määrittämiä. Korjattavan tieosan alku- ja loppupäähän tehdään siirtymäkiila ohjeiden mukaan. Kantavan kerroksen päälle levitetään uusi kulutuskerros murskeenlevittimellä, jonka jälkeen pinta muotoillaan tiehöylällä tavoitekaltevuuteen ja jyrätään täryjyrällä tarvittavaan tiivyyteen.

Kuivatuksen parantaminen on oleellinen osa kelirikkorjauksia. Suurin syy kelirikon syntymiselle on tien rakenteessa oleva vesi. Veden pääsyn esto rakenteeseen ja siirtyminen sieltä pois onnistuu asianmukaisilla sivu- ja laskuojilla. Ojankaivussa eloperäinen ja muu ylimääräinen materiaali

poistetaan kaivinkoneella ja kuljetetaan läjitysalueille. Samalla etu- ja takaluiska muotoillaan ohjevojen mukaiseen kaltevuuteen. Veden kulku tierakenteen poikkisuunnassa järjestetään oikein mitoitetuilla pää- ja sivutierummuilla. Ajan myötä rummut kuitenkin tukkeentuvat tai rikkoontuvat, jolloin veden liikkuminen estyy ja tien rakenne joutuu kosteudelle alttiiksi (KUVA 6). Vanhojen rumpujen puhdistus ja uusien rumpujen asennus kuuluvat tärkeänä toimenpiteenä veden esteettömän kulun varmistamiseksi ja ovat merkittävänä osana tien rakenteen parantamista.



KUVA 6. Tukkeutunut rumpu estää veden liikkumisen (Linna, 2018)

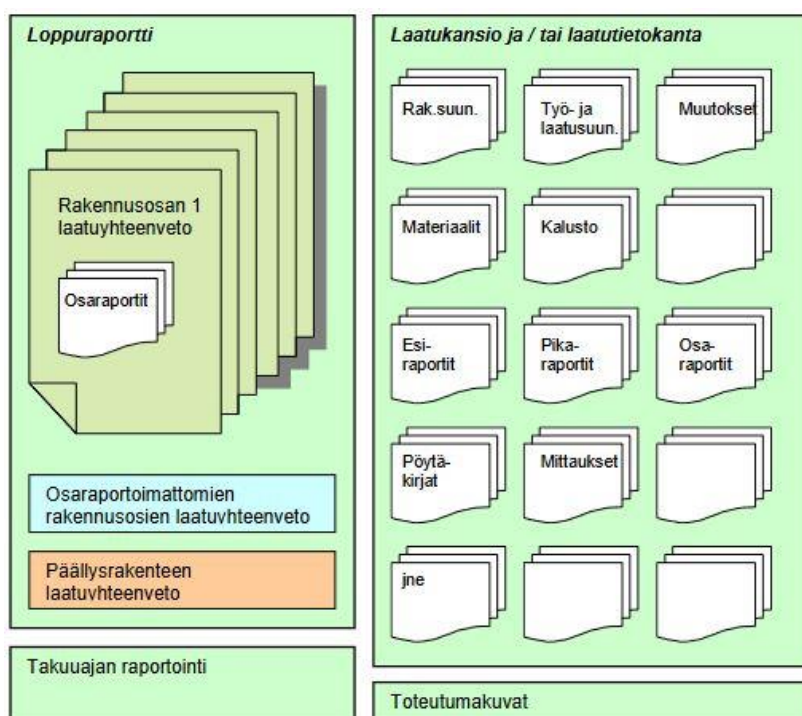
Suurin ongelma kunnollisen kuivatuksen järjestämisessä on omasta mielestäni laskuojien kaivu. Lähes kaikki yleisten teiden laskuojista sijaitsee yksityisten maanomistajien mailla tiealueen ulkopuolella ja kaivaminen vaatii maanomistajan kirjallisen luvan. Osalle laskuojista ei lupaa kuitenkaan saada syystä tai toisesta ja niillä alueilla myös sivuojien kaivu menettää merkityksensä. Tien rakenteen kuivatuksen ja liikennöitävyyden kannalta mielestäni laskuojien kaivu pitäisi sallia lakisääteiseksi tarvittaessa.

3 LAADUNVALVONTA JA RAPORTOINTI

3.1 Yleistä rakennushankkeen laadunvalvonnassa ja raportoinnissa

Aiemmin tässä opinnäytetyössä esille nostamani McKinsey & Company:n vuonna 2015 julkaistusta artikkelista käy ilmi, että rakentamisen tuottavuus on pysynyt jo vuosikymmeniä samalla tasolla. Tämä siitäkin huolimatta, että tekniikka, erilaiset avustavat ohjelmat ja laitteet ovat kehittyneet suurin harppauksin viimeisen kymmenen vuoden aikana. Syy tuottavuuden kasvun puutteeseen on oltava jossakin muualla. McKinsey:n artikkelin esille nostamia syitä kasvun estymiselle ovat esimerkiksi riittämätön riskien hallinta, rajattu kykyjen hallinta ja puutteellinen tiedonvälitys. Puutteellisella tiedonvälityksellä artikkelissa tarkoitetaan raportoinnin epäjohtonmuokaisuutta osapuolien välillä. (Changali;Mohamed;& van Niewland, 2015). Muitakin syitä artikkelissa on esitetty, mutta edellä mainitut kolme kokonaisuutta sopivat tämän opinnäytetyön aiheen sisältöön.

Laadunvalvonta ja raportointi on tärkeässä roolissa, jotta rakennushankkeen lopputulos vastaa hankkeen tilaajan määrittämää tavoitetta. Hankkeen aikana tilaajan ja urakoitsijan kommunikointi sisältää urakoitsijan raportointia ja tilaajan ohjeistusta sekä yhdessä käytäviä keskusteluita. Tilaaja yleensä määrittää tarkasti raportoinnin tavat, muodon sekä tietysti aikataulun. Nykyään useat urakoitsijat käyttävät hankkeissa raportointi- ja laadunvalvontajärjestelmiä, jotka pohjautuvat yleiseen malliin. Esimerkkinä yleisestä tuotantovaiheen raportoinnin mallista löytyy Tiehallinnon vuonna 2009 julkaistusta Urakoitsijan laaturaportointi -ohjeesta (KUVIO 1). Mallin avulla raportointi on johdonmukaista ja siksi helppo toteuttaa urakoitsijasta riippumatta. Samalla ristiriitaisuudet tilaajien ja urakoitsijoiden välillä vältetään. Raportoinnin laajuus ja sisältö määräytyy hankkeen vaativuuden ja työmenetelmien mukaan.



KUVIO 1. Raportointimalli ST – ja KU -urakoihin (Tiehalinto, 2009)

Laadunvalvonta ja raportointi mielletään usein vain urakoitsijan tilaajalle tekemäksi toiminnaksi. Omasta mielestäni riskienhallinnan kehittämisen urakoitsijan toimesta vaatii myös itselle raportointia, jolloin virheistä opitaan ja työmenetelmiä voidaan hallita sekä parantaa tarvittaessa. Tämä parantaa urakoitsijan kilpailukykyä tulevissa urakkakilpailuissa, sekä on selkeä näyttö myös tilaajan suuntaan urakoitsijan halusta kehittää yleishyödyllisiä tietotaitoja.

Kolmantena syynä nostan esille rajatun kykyjen hallinnan, jonka syynä voi pitää Suomen nykyistä julkisten hankkeiden urakkakilpailutusta. Lähes kaikissa kilpailutuksissa urakoitsija määräytyy alimman hinnan perusteella, vaikka kyky tuottaa laadukkainta lopputuotetta olisi varmasti kokonaiskustannusten kannalta paljon merkittävämpi kriteeri. Urakkakilpailutuksen ratkaisevaksi kriteeriksi laatu-tekijät yksinään tuskin lähikoina tulevat, mutta ainakin tarjoushinnan vertailuun pitäisi ottaa mukaan prosentuaalinen marginaali. Marginaalin sisällä olevat tarjoukset olisivat tasa-arvoisia ja toissijaisena olevat laatureferenssit ratkaisisivat urakkakilpailun voittajan. Tämä muutos lisäisi rakentamisen laatua ja sitä kautta laadunvalvonnan ja raportoinnin merkitystä.

3.2 Raportoinnin tavat ja sisältö

Urakan tuotantovaiheen raportointitavat, sisältö ja aikataulu ovat pääpiirteittäin esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 1). Tilaaja voi tarvittaessa hankekohtaisesti muuttaa urakoitsijan raportoinnin velvoitteita esimerkiksi aikataulun suhteen. Tärkeintä osapuolten kannalta olisi, että raportointiin liittyvät merkittävät yksityiskohdat kirjattaisiin välittömästi. Tällöin välttyään tietojen katoamiselta ja tilaajalla on mahdollisuus vaikuttaa työn virheelliseen toteutukseen ja lopputulokseen. Infrarakentamisessa virheiden korjaus jälkikäteen on yleensä kallista ja vaikeaa.

Raportointitapa	Mitä koskee ja tavoite	Raportoitavat asiat	Raportointiaika
Esiraportointi	Työ- ja laatusuunnitelman sekä rakennussuunnitelman ne kohdat, jotka ovat laadun varmistuksen kannalta tärkeimpiä ja herkimpiä.	Työsuunnitelma, laatusuunnitelma, rakennussuunnitelma, eräät materiaalihankinnat, ym.	2 pv - 2 vko ennen työn/työvaiheen aloittamista. Määritetty rakennusosittain
Pikaraportointi	Maahan peitetyt rakennusosat	Lopputuotteen kannalta herkimät ominaisuudet.	1 - 3 vrk työvaiheen tekemisestä
Osaraportit	Tärkeimmät rakennusosat, raportointi <u>VALMIISTA</u> rakennusosista valitulla paaluvälillä	Lopputuotteen ja kustannusten kannalta herkäät ominaisuudet	Urakan raportointitai maksu-aikataulun mukaan
Loppuraportti	Kootaan pika- ja osaraportit sekä muiden rakennusosien laatumittausten tiivistelmät. Osoitetaan, että ne kattavat koko hankkeen.	Kaikki rakennusosat	Koko työn ajan. Valmis normaalisti 2 vko ennen urakan luovuttamista
Takuuajan raportointi	Osoitetaan lopputuotteen takuuaikainen laatu.	Lopputuotteen ja kustannusten kannalta herkäät ominaisuudet	Liitetään myöhemmin urakan loppuraporttiin

TAULUKKO 1 Tuotantovaiheen laaturaportoinnin raportointitavat (Tiehalinto, 2009)

Tuotantovaiheessa raportoinnin tukena toimii urakoitsijan luoma laatukansio tai laatutietokanta. Tilaaja voi määrittää kansion tai tietokannan sisällön. Sisällöltään loogisesti luotu kokonaisuus helpottaa raportointityötä ja tarvittavan tiedon etsintää. Kansioon voidaan sisällyttää esimerkiksi työmaapäiväkirjat ja valokuvat sekä seuraavia dokumentteja (Tiehalinto, 2009):

- Luettelo/kirjanpito annetuista raporteista
- Esi- ja pikaraportointimateriaali
- Osaraportit
- Poikkeamaraportit ja korjaussuunnitelmat
- Tiedot käytetyistä menetelmistä ja kalustosta
- Materiaalit ja niiden ominaisuudet
- Ostettujen tuotteiden tiedot
- Kelpoisuusraportit
- Työtapatarkkailupöytäkirjat
- Katselmuspöytäkirjat
- Mittausraportit
- Mittauspöytäkirjat

3.3 Laadunvalvonta ja raportointi Rp-urakoissa

3.3.1 Laadunvalvonnan laatutekijät ja mittausvälineet

Päällystetyn tien rakenteen parantamisen laadunvalvonnassa mitattavia laatutekijöitä ovat kantavan kerroksen sivukaltevuus, tiiviys, kosteus ja kiviainekselle laboratoriossa tehtävien kokeiden laatuarvot, kuten rakeisuus ja hienoaisespitoisuus. Sorateiden korjausurakoissa valvotaan homogenisoidun pohjan, kantavan kerroksen ja kulutuskerroksen sivukaltevuuksia sekä kantavan kerroksen kantavuutta. Tilaajan määrittämien tonnimäärien välein seurataan myös kiviaineksen laatua laboratoriotutkimuksin.

Sivukaltevuuden mittaus tapahtuu kolmen metrin oikolaudalla ja sen päälle asetettavan digitaalisen vatupassin avulla. Vatupassin näytöstä luetaan kaltevuuden arvo prosentteina. Kaltevuuden ohjearvoina päällystetyillä teillä on suoralla osuudella $3\% \pm 1\%$ -yksikkö ja sorateilla $4\% \pm 1\%$ -yksikkö. Kaarteissa sallitaan suurempi kaltevuus (3-7%). Vatupassin kalibrointi tarvittavin väliajoin takaa mittausarvojen oikeellisuuden. Ongelmana mittauksissa oman kokemuksen mukaan on yleisen liikenteen aiheuttama pinnan rikkoontuminen esimerkiksi irtokivien muodossa. Pienikin kivi oikolaudan alla voi muuttaa mittausarvoa merkittävästi ja tämä vaatiikin laadunvalvojalta tarkaavaisuutta. Sorateiden korjauksessa kaltevuus mitataan homogenisoidun pohjan, kantavan kerroksen ja kulutuskerroksen päältä. Erityisen tärkeää on saada pohjamaan kaltevuus ohjearvojen mukaiseksi, sillä kantavan kerroksen ja kulutuskerroksen murskeiden avulla kaltevuuden korjaus lisää materiaalimenekkiä

ja siten kustannuksia. Myös rakenteeseen kertyvän veden esteetön poistuminen heikkenee, mikäli huonosti vettä läpäisemän pohjamaan kaltevuus ei ole riittävä.

Päällystetyn tien rakenteen parantamisessa kantavan kerroksen tiiviyyttä ja kosteutta mitataan Troxler 3440 -laitteella. Laitteen toiminta perustuu radioaktiivisiin aineisiin, joita ovat isotooppi Cesium-137 ja alkuaine Americium-241. Laite mittaa tiiviyyttä ja kosteutta aineiden säteilyn ja rakenteesta tulevan takaisinheijastuman perusteella. (Hämäläinen, 2011). Ongelmana mittauksissa oman kokemuksen perusteella on mitattavan tieosan rakenteiden kosteuserot. Parhaan mittaustuloksen on saavuttanut kosteuden ollessa 4-5%. Kosteuden ollessa suurempi kuin 5% rakenteessa oleva vesi vääristää tiiviiden tulosta ja kosteuden ollessa alle 4% rakenteen tiivistyminen on puutteellista. Mittauksissa voidaan käyttää laitteessa olevaa kosteuskorjainta, mutta oman kokemuksen mukaan siitä ei ole ollut merkittävää apua. Mittauksissa käytetään pintamittausta eli mittausanturi painetaan kiinni rakenteen pintaan eikä upoteta rakenteen sisään. Tällöin kantavan kerroksen pinnan on oltava tasainen, eikä irtokiviä saa jäädä laitteen ja rakenteen väliin. Tiiviydeltä vaaditaan yleensä 95% keskiarvoa ja yksittäisen mittauksen alaraja on 92%.



KUVA 7. Tiiviiden ja kosteuden mittaus käynnissä Troxler 3440 -laitteella (Korpela, Digikuva, 2017)

Sorateiden rakenteen parantamisessa mitataan kantavan kerroksen kantavuus kevyttä pudotuspainolaitetta Loadman apuna käyttäen. Laite tunnetaan nimellä Loadman ja sen mittausperiaatteena on

pudotuspainon aikaansaamien erilaisten kuormitusten ja niistä aiheutuvien taipumien avulla selviävät muodonmuutosmoduulit (Hämäläinen, 2011). Laitteesta on kehitelty uudempi versio - Loadman 2 – johon on rakennettu mittaustuloksien tallennusta varten sisäinen muisti ja tulosten tiedonsiirto tietokoneelle on mahdollistettu USB -portin kautta tai bluetooth -yhteyden avulla. Kevyen pudotuspainolaitteen ongelmana kokemukseni perusteella laitteen herkkyys pudotustilanteessa. Pienikin laitteen siirtymä painon pudotusvaiheessa tuottaa epätarkan mittaustuloksen. Aluslevyn paikka on myös valittava tarkoin, sillä laite vaatii tiiviin rakenteen pinnan ilman irtokiviä.

Rakennekerrosten leveyden ja paksuuden tarkkaileminen kuuluu myös rakenteenparantamishankkeen tuotantovaiheen laadunvalvonnan tehtäviin. Etenkin sorateiden leveys olisi pidettävä optimaalisena, jotta liikenne- ja kuivatustekniset vaatimukset täyttyvät. Leveyden mittaus tehdään tilaajan määrittämän mittausvälin ehdoilla mittapyörän avulla. Sorateiden hoidossa kantavan kerroksen ja kulutuskerroksen paksuus tarkastetaan valmiista muotoillusta ja jyrätystä pinnasta koekuopan avulla. Samalla on mahdollista arvioida kiviaineksen lisäämis- tai vähentämistarvetta.

Kiviaineksen soveltuvuus kohteeseen varmistetaan laboratoriotutkimuksilla. Tarvittavat kokeet määrittää tilaaja tien rakenneteknisten vaatimusten perusteella. Tuotannon aikaisen kiviainesnäytteiden otosta vastaa urakoitsija ja kiviainesmateriaalin toimittaja. Näytteiden otto tapahtuu yleensä tilaajan määrittämien tonnimäärien välein. Kiviaineksesta tutkitaan esimerkiksi rakeisuutta, hienoainespitoisuutta, vesipitoisuutta, kuivatilavuuspainoa, litteyslukua ja Los Angeles -testin avulla materiaalin iskunkestävyyttä. Ongelmana näytteiden otossa on saada mahdollisimman homogeeninen näyte, sillä lajittumista tapahtuu aina kun kiviaines liikkuu.

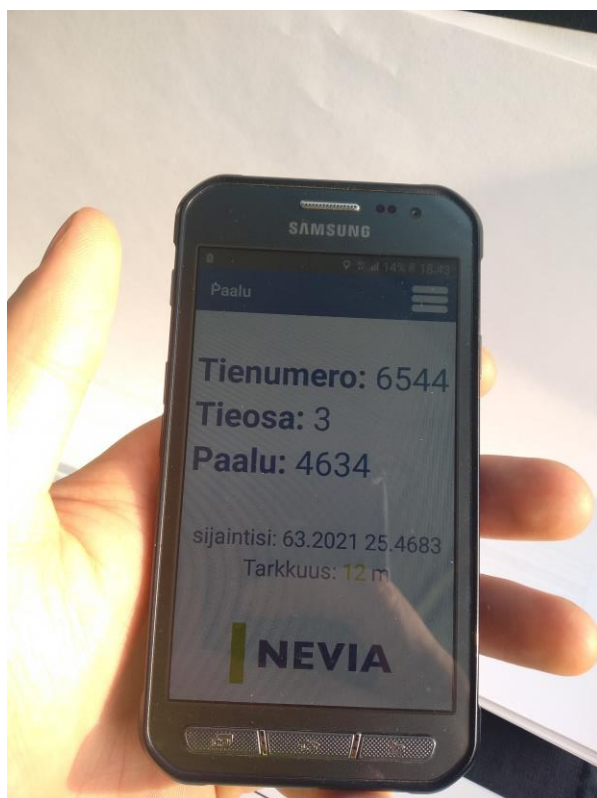
3.3.2 Raportointi rp-urakoissa

Raportoinnin tavat, sisältö, laajuus ja aikataulu ovat aina tilaajan määrittelemiä ja perustuu hyvin pitkälle yleiseen malliin. RP -urakoiden raportointi on suurimmaksi osaksi laadunvalvonnan raportointia. Raportointi tehdään neljän erilaisen laadunvalvonta metodin perusteella, joita ovat mittaukset, katselmukset, työtapatarkkailu ja kivimateriaalitutkimukset. Yleinen työturvallisuuden ja työolosuhteiden raportointi tapahtuu MVR -mittausten avulla. Viikoittaisessa ja lakisääteisessä MVR -mittauksessa tarkastetaan silmämääräisesti läpi koko työmaa ja kirjataan sekä kunnossa olevat että parannusta vaativat asiat (Rakennusteollisuus, 2017).

4 RAPORTOINNIN JA LAADUNVALVONNAN KEHITTÄMINEN

4.1 Sijaintitiedon liittäminen dokumentointiin

Laadukkaan raportoinnin yhtenä perustana on kuvien ja havaintojen oikeanlainen tallentaminen myöhempää käyttötarvetta varten. Aika- ja päivämäärätiedon lisäksi infrarakentamisessa on erittäin tärkeää paikkatiedon liittäminen dokumentointiin. Nevian Android -käyttöjärjestelmälle kehittämä Paalu -mobiilisovellus näyttää tierekisteritiedot eli tienumeron, tieosan, paalun sekä sijainnin koordinaatit ETRS-TM35FIN -tasokoordinaattijärjestelmässä (KUVA 8). Paalu -sovellus on helppokäyttöinen apuväline sijainnin paikantamiseen eri rakenteenparantamiskohteissa ja sitä voidaan käyttää apuna tuotantovaiheen tiealueiden merkintätöissä tulevaisuudessakin.



Kuva 8. Paalu -sovellus käytössä Android -mobiililaitteella (Linna, 2018)

Maastohavaintojen tallentamiseen Nevia on kehittänyt Navigator -järjestelmän, jonka avulla havainnot voidaan kirjata talteen esimerkiksi kirjoittamalla ja valokuvaamalla. Havaintopisteet ja havaintoalue tallentuvat järjestelmään automaattisesti. (Nevia, Andament Group Oy, 2019). Navigator -järjestelmän dokumentoinnin ja sijainnin yhdistämisen periaatteet toimivat myös Nevian kehittämässä NeviObs -havaintotyökalussa. Kyseinen työkalu toimii hyvin myös esimerkiksi sorateiden korjausrakoina. Kuivatuksen parantamiseen liittyvät sivu- ja laskuojien kaivusta syntyvät massat tarvitsevat läjitysalueita. Läjitysalueiden katselmuksia ja merkintä sijaintitietoon liittäen toisi suuren helpotuksen työnjohdon tehtäviin. Läjitysalueiden sijainnin liittäminen karttapohjaan mahdollistaisi

ojankaivua hoitavan aliurakoitsijan nähdä itse mahdolliset läjityspaikat ja se nopeuttaisi samalla kuljetuskaluston ajoreittien ja -aikojen suunnittelua. Jokaisen läjitysalueen omistajan perustiedot aliurakoitsijan olisi hyvä saada järjestelmästä näkyviin mahdollisten ongelmien ilmetessä.

Oman kokemuksen mukaan suurin osa läjitysalueista tulee esille vasta kaivuvaiheessa, jolloin työnjohtaja ei välttämättä ole kaivupaikalla. Tästä syystä uusien läjityspaikkojen sijainti- ja omistajatietojen lisäys järjestelmään olisi hyvä mahdollistaa myös aliurakoitsijalta. Tietojen perusteella työnjohto pystyisi tekemään omistajan kanssa läjityssopimuksen ja tarvittaessa maastokatselmuksen. Valtaosa läjitysalueista sijaitsee yleisten tiealueiden ulkopuolella yksityisteiden takana, joten sijaintitieto ei perustu tierakisteriin vaan koordinaatteihin. Koordinaattien tueksi olisi hyvä saada tapauskohtaisesti myös mahdollinen osoitetieto paikasta.

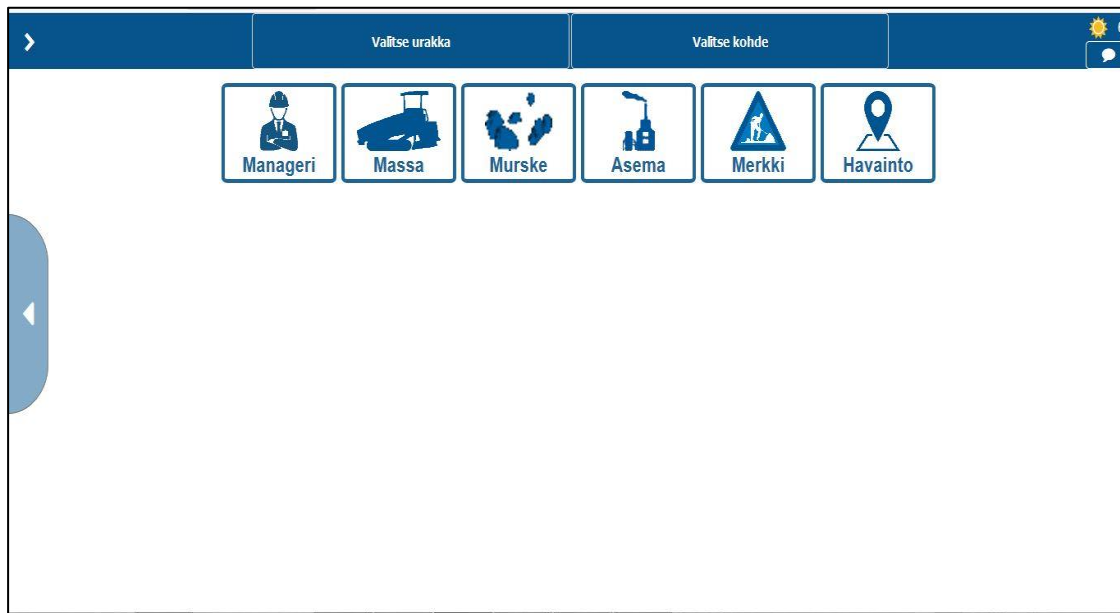
4.2 Tavoitteena interaktiivinen laadunvalvonta- ja raportointijärjestelmä

Laadunvalvonnan menetelmät ja välineet ovat olleet rakenteen parantamisessa jo vuosia samanlaisia. Vanhoilla mittausvälineillä ja -laitteilla saavutetaan nykypäivänakin tarvittavat tulokset, jotka hankkeen tilaaja vaatii. Itse laitteiden kehitystyö ei kuulu tämän opinnäytetyön sisältöön. Laadunvalvontatyössä käytettävät arvojen ja tulosten dokumentointitavat sekä niiden kehittäminen vaativat ensisijaisesti huomiota. Tähän päivään saakka laatuarvojen kirjaaminen on tehty pääsääntöisesti kynällä ruutuvihkoon ja siirretty manuaalisesti mittauspöytäkirjaan tietokoneelle Excel -taulukon. Kirjaamisvaihe tehdään näin ollen kahteen kertaan ja se lisää työn lisäksi tietojen korruptoitumisriskiä. Myös reaaliaikaisuus puuttuu, joka on modernin teknologian mahdollistama ylellisyys. Reaaliaikaisella laadunvalvonnan hallinnalla mahdolliset virheet ja puutteet on mahdollista korjata nopeasti pienemmillä kustannuksilla.

Selainpohjainen käyttöympäristö mahdollistaa käytön kaikilla kiinteän - tai mobiili -yhteyden omaavilla tietokoneilla ja mobiililaitteilla ilman erillisiä ohjelmistojen ja sovellusten asennuksia. Nykyään mobiiliverkon yhteyden kanssa ei suuria ongelmia ilmene, mutta niihin pitää silti osata varautua. Tähän ongelmaan ratkaisuna on NeviPaverin mahdollistama offline -tilassa toimiva tietojen kirjaus järjestelmään tai kevyt ohjelmisto tietokoneelle ja mobiililaitteelle. Mobiiliverkon siirtonopeuksiin ja muihin käyttöä vaikeuttaviin seikkoihin on pääsääntöisesti syynä päätelaitteen tekniikka ja sijainti sekä alueella oleva verkkotekniikka. Mobiiliverkon kapasiteetti on rajattu ja jaettu samalla alueella verkkoa käyttäville, mikä saattaa myös hidastaa tiedonsiirron nopeutta. (Traficom - Liikenne- ja viestintävirasto, 2019).

Nevian suunnittelema selainpohjainen Nevipaver -sovellus on ollut toimeksiantajayrityksen käytössä jo päällystystyömailla. Ohjelmisto on kehitetty tuotantovaiheen materiaalivirtojen suunnitteluun ja laaduntarkkailuun. Nevipaverin käyttöympäristön rakenne on modulaarinen. (Nevia, Andament Group Oy, 2019). Ulkoasultaan Nevipaver on selkeä ja suuret painikkeet mahdollistavat helpon käytön pienenkin kosketusnäytön omaavilla mobiililaitteilla (KUVA 9). Modulaarinen rakenne sopii erin-

omaisesti, kun sovelluksesta ja järjestelmästä halutaan interaktiivinen. Modulien käyttöoikeudet voidaan helposti jakaa jokaisen käyttäjän tarpeiden mukaan. Esimerkiksi murskeenlevittimen kuskin ei tarvitse käyttää kaikkia toimintoja, joita laadunvalvoja tai työnjohtaja käyttää. Modulin sisällä olisi hyvä saada toimimaan käyttäjäkohtainen dokumentointiketju, kuten esimerkiksi työsuoritteessa alirakoitsija voisi merkata työsuoritteen tehdyksi. Merkinnän jälkeen työnjohtajalla on mahdollisuus tarkastaa suorite ja hyväksyä se. Tällainen reaaliaikainen työvaiheiden hallintajärjestelmä helpottaa urakoitsijan valvonta- ja raportointityötä sekä auttaa pitämään tilaajan ajan tasalla hankkeen eri vaiheissa.



Kuva 9. Nevian kehittämän NeviPaver -sovelluksen etusivu (Nevia Oy, 2019)

Laadunvalvonta- ja raportointijärjestelmän kehitystyö toteutetaan toimeksiantajayrityksen ehtojen ja tarpeiden mukaisesti. Varsinaisten sovellusten ja ohjelmistojen teknisestä toteutuksesta vastaa Nevia Oy. Kehitys- ja suunnittelutyö tehdään GRK Road Oy:n ja Nevian Oy:n yhteistyönä, jossa kummallakin osapuolella on mahdollisuus konsultoida toista. Nevipaver -sovelluksen moduulien sisällön laajentamiseen raportointiin ja laadunhallinnan osalta käytetään pohjana GRK Road:n ja tämän opinäytetyön tekijän laatimia Excel -taulukoita. Laadunvalvonnan ja raportoinnin dokumentointiin kehitettyjen taulukoiden pohjalta sovellukseen tehdyt pohjat mahdollistavat tiedonsiirron takaisin Excel -taulukkoon. Tämä ominaisuus on ainakin toistaiseksi erittäin tärkeä, mikäli hankkeiden tilaajat haluavat pöytäkirjat ja raportit vanhassa muodossa.

4.3 Yleinen malli ja lyhenteet laadunvalvontaan

Oman kokemukseni perusteella laadunvalvontatyön suurimmat ongelmat kohdistuvat kirjausvaiheeseen. Ongelmia ilmenee varsinkin silloin kun laadunvalvontatyötä tekee useampi henkilö. Mittauspöytäkirjana jokainen henkilö käyttää pääsääntöisesti ruutuvihkoa, johon laatuarvot merkataan käsin. Jokaisella henkilöllä on tietysti oma persoonallinen käsiala ja joskus arvoja tietokoneelle kirjaa-

valla jo pelkkä tietojen tulkinta tuottaa ongelmia. Myös tarpeellisten tietojen, kuten paaluluku, kaltevuuden arvot ajosuunnittain, tiiviyydet, kantavuudet ja huomiot ovat järjestelty useasti mittaajakohdaisesti ja se vaatii kirjaajalta erityistä tarkkaavaisuutta. Etenkin huomio -kohtaan kirjoitetut kommentit ovat poikkeuksetta jokaisella laadunvalvojalla erityyppisiä ja täten tulkinnanvaraisia. Kyseiseen kohtaan olisi tarkoitus kirjoittaa esimerkiksi syy arvojen poikkeavuudelle kyseisen paalun kohdalla tehdystä mittauksesta. Kirjaamisen helpottamiseksi olisi hyvä jatkossa käyttää ainakin seuraavia lyhenteitä ja niiden yhdistelmiä erilaisista huomioista:

- Kaarre oikea = KO
- Kaarre vasen = KV
- Siirtymäkaari eli klotoidi = KLOD
- Liittymä oikea = LO
- Liittymä vasen = LV
- Linja-autopysäkki = LAP
- Jyrkkä mäki = JyM
- Loiva mäki = LoM

Työhön perehdytyksessä jokaisen laadunvalvojan pitää tutustua viralliseen Excel -taulukossa olevaan mittauspöytäkirjaan ja laatia sen mallin pohjalta mittauservoille taulukko tai virallisesta mittauspöytäkirjasta voi ottaa paperisen tulosteen merkintöjä varten. Näin ollen vältetään tietojen turmeltuminen laadunvalvonnan raportointiketjussa ja estetään tulkinnanvaraisuus.

4.4 Laadunvalvonnan työturvallisuus

Laadunvalvonnan työturvallisuuden parantaminen onnistuu pienillä lisäyksillä. Laadunvalvonta tapahtuu yleisen liikenteen käyttämillä tieosuuksilla, eikä aluetta suljeta liikenteeltä. Ohikulkeva liikenne luo työturvallisuusriskejä, joiden vähentäminen on tarpeellinen osa kehitystyötä. Laadunvalvojan käyttämä heijastava turvavaatetus edesauttaa työntekijän näkymisen tiealueella myös hämärän ja pimeän aikaan. Myös laadunvalvojan käyttämän kulkuneuvon varoitusvilkut ja -merkinnät ovat pakollisia tiealueella työskentellessä. Olisi kuitenkin suotavaa, että mittausvälineiden näkyvyyteen kiinnitettäisiin huomiota säännösten ja ohjeiden antamien rajoitusten puitteissa. Esimerkiksi oikolautaan ja Troxler -laitteeseen kiinnitettävät varoitusmerkinnät tai -valot lisäisivät mielestäni työturvallisuutta. Laadunvalvoja työskentelee useasti korjattavalla tieosalla taustalla erillään muusta henkilöstöstä ja etenkin laajan korjauskohteen sisällä yleisen liikenteen kuljettajilla on taipumus lisätä nopeutta heti työkoneet ohitettuaan. Tien raunaan asetettava varoituskartio ja siihen liitettävän mittaus käynnissä -kyltin avulla laadunvalvojan työturvallisuus paranisi entisestään.

4.5 Psykologinen kehitystyö

Modernin teknologian liittäminen vanhan perinteisen infrarakentamisen kanssa vaatii tuote – ja ohjelmistokehityksen lisäksi myös psykologista työtä. Kokeneet ammattilaiset näkevät useasti uuden tekniikan uhkana tai haittana työn tekemiselle. Osa saattaa jopa pelätä oman työpaikkansa puolesta.

Kehitystyön tarkoituksena ei kuitenkaan ole viedä keneltäkään elantoa vaan auttaa ja kehittää työn tuottavuutta. Kehitystyössä tuotannon näkökulman huomioiminen on ensisijaisen tärkeää. Kaikkien työntekijöiden mahdollisuus antaa palautetta kehitystyön aikana ja ohjelmistoja sekä sovelluksia testaattaessa on merkittävässä roolissa lopullisen huipputuotteen saavuttamisen varmistamiseksi. Tuotannon tukipilareina olevat ammattitaitoiset työntekijät kokevat myös tekniikan pienempänä uhkana ja oppivat helpommin kehitystyön vaatimat muutokset. Vaiheittainen ja kärsivällinen kehitystyön sisäänajo vähentää myös tekniikan käyttöönoton vaativaa uuden oppimista ja lisätyötä.

4.6 Laadunvalvojan pikaopas

Tämän opinnäytetyön liitteeksi olen laatinut oppaan aloittelevalle laadunvalvojalle. Oppaan sisällön olen kasannut oman kokemuksen pohjalta laadunvalvojan työtä tehneenä. Opas ei kumoa yleisiä hankkeen tilaajan määrittämiä sääntöjä, ohjeita tai määräyksiä eikä urakoitsijan työnjohdon antamaa perehdytystä. Oppaan tarkoitus on lähinnä auttaa laadunvalvojan työhön perehtymistä itsenäisesti ja olla muun ohjeistuksen tukena. Oppaan sisältöön kuuluu tien rakenteen parantamishankkeisiin kuuluvien laadunvalvontatehtävien esittely ja suppea periaatteiden ohjeistus. Varsinainen mittalaitteiden käytön opastus ja perehdytys kuuluu työnjohdolle ja laitekohtaiset käyttöohjeet löytyvät laitteiden säilytyslaatikoista. Oppaassa käsitellään myös laadunvalvojan käytössä olevan kaluston ylläpidon merkitystä, kuten esimerkiksi auton ja laitteiden siisteyttä. Myös laadunvalvojan ja muiden työntekijöiden työhyvinvoinnin ylläpito on huomioitu. Oppaassa olevan tekstin ja kuvien lisäksi olen lisännyt käyttökelpoisia verkkosivujen linkkejä, joihin oppaan lukija voi tutustua omatoimisesti. Oppaan sisältöä on mahdollista muuttaa tai laajentaa laadunvalvonnan ja raportoinnin kehitystyön rinnalla.

5 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön merkitys toimeksiantajalle selviää paremmin vasta tulevaisuudessa. Itse varsinainen kehitystyö jatkuu tämän opinnäytetyön julkaisemisen jälkeenkin. Uusien sovelluksien sovittaminen päivittäiseen raportointi- ja laadunvalvontatyöhön vie oman aikansa ja vanhat hyväksi todetut menetelmät kulkevat ainakin osa-aikaisesti rinnakkain kehitystyön tuloksia testatessa. Ainakin laadunvalvontatyössä mittaustulosten kirjaaminen suoraan järjestelmään helpottaa merkittävästi laadunvalvon työä ja mahdollistaa laaturaportoinnin reaaliaikaiseksi.

Opinnäytetyön päätavoitteena on luoda pohja täydellisen laadunvalvonta- ja raportointijärjestelmän kehitystyölle. Toimivan järjestelmän kehittäminen vaatii testausta tuotantovaiheessa sekä työhöhdolta ja laadunvalvojalta että myös aliurakoitsijoilta. Myös kaikkien muiden järjestelmää tulevaisuudessa käyttävien mielipiteet tulee huomioida. Ohjelmien ja sovellusten testausvaiheessa käyttäjien opastus kuuluu kehitystyöhön, mikä aiheuttaa tietysti ohjaaville henkilöille lisätyötä ja yritykselle mahdollisesti pieniä lisäkustannuksia. Tulevaisuudessa kehitystyön valmiit tuotokset maksavat kuitenkin syntyneet kustannukset moninkertaisesti takaisin tehokkuuden ja tuottavuuden lisääntyessä.

Infrarakentaminen on kehittynyt viimeisen 10 vuoden aikana valtavasti harppauksin ja esimerkiksi uusissa rakennushankkeissa kaivutyötä avustavat 3D -koneohjausjärjestelmät ovat enemmän sääntö kuin poikkeus. Tien rakenteen parantamishankkeisiin koneohjausjärjestelmien yleistyminen saattaa kuitenkin viedä tovin. Avustavien mallien käyttö vaatii valtavan määrän uuden tiedon keräämistä maastosta ja tiealueista erilaisilla skannauksilla ja kuvauksilla. Jo pelkkä lähtötietojen käsittely ja muokkaus vaatii todella paljon työtä ja aikaa.

Nykypäivänä yritysten sisäisten toimintatapojen ja järjestelmien jatkuva kehitys on ensisijaisen tärkeää kilpailukyvyyn ja toimeentulon varmistamiseksi. Pääsääntöisesti tällaisesta kehitystyöstä on hyötyä vain itse kehitystyötä tekeväille yritykselle. Yksittäiset innovatiiviset kehitystyön tulokset saattavat joskus parantaa myös rakentamisen yleistä kokonaiskuvausta ja tuottavuutta. Infrarakentaminen alana vaatii kuitenkin laajempia muutoksia ja parannuksia, joihin pelkästään yksittäinen urakoitsija ei voi vaikuttaa. Kehitystyötä on tehtävä kaikkien rakentamiseen osallistuvien osapuolten toimesta aina päättäjistä ja virastoista hankkeiden tilaajiin ja urakoitsijoihin. Tällaisella koko kentän kattavalla kehitystyöllä olisi rakentamisen tuottavuus mahdollista saada nousuun. Kehitystyö muiden töiden ohessa vaatii kuitenkin rahaa, jota ei ole lisää ainakaan lähiaikoina valtion budjeteissa luvassa.

6 LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

7 LÄHDELUETTELO

- Changali, S.; Mohamed, A.; & van Niewland, M. (7 2015). *McKinsey.com*. (McKinsey & Company) Haettu 25. 3 2019 osoitteesta <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/the-construction-productivity-imperative>
- GRK Oy. (2. 4 2019). *GRK.fi*. Haettu 2. 4 2019 osoitteesta <http://www.grk.fi/yritys/>
- Hämäläinen, H. (2011). *Tiiveyden ja kosteuden mittaus Troxler 3440 -laitteella*. Rovaniemen ammattikorkeakoulu, Tekniikka ja liikenne. Rovaniemi: Theseus.fi. Haettu 15. 4 2019 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31284/Hamalainen_Heikki.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Korpela, K. (2017). *Digikuva*. Kuopio. Haettu 2. 4 2019 osoitteesta Tekijän henkilökohtainen aineisto
- Korpela, K. (2018). *Digikuva*. Kuopio. Haettu 3. 4 2019 osoitteesta Tekijän henkilökohtainen aineisto
- LiikenneFakta. (26. 2 2019). *LiikenneFakta.fi*. Haettu 9. 4 2019 osoitteesta https://www.liikennefakta.fi/turvallisuus/tieliikenne/tieverkon_kunto
- Linna, O. (2018). *Digikuva*. Kuopio. Haettu 10. 4 2019 osoitteesta Tekijän henkilökohtainen aineisto
- Nevia Oy. (2019). *Nevia.fi*. Haettu 2. 4 2019 osoitteesta <https://www.nevia.fi/>
- Nevia Oy. (2019). *Nevia.fi*. Haettu 2. 4 2019 osoitteesta <https://www.nevia.fi/sovellukset/>
- Nevia Oy. (2019). Haettu 16. 4 2019 osoitteesta <https://test.nevia-app.com/>
- Nevia, Andament Group Oy. (2019). *Nevia.fi*. Haettu 16. 4 2019 osoitteesta <https://www.nevia.fi/sovellukset/navigator/>
- Nevia, Andament Group Oy. (2019). *Nevia.fi*. Haettu 16. 4 2019 osoitteesta <https://www.nevia.fi/sovellukset/nevipaver/>
- Rakennusteollisuus. (12. 10 2017). *Rakennusteollisuus.fi*. Haettu 15. 4 2019 osoitteesta <http://www.rakennusteollisuus.fi/INFRA/Jasenpalvelu/Jasentiedotteet-kansio/2017/mvr-mittari-on-paivitetty/>
- Tiehallinto. (9. 12 2009). *Väylä.fi*. Haettu 13. 4 2019 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2200062-v-09-urakoitsijan_laaturaportointi.pdf
- Tiehallinto. (30. 12 2005). *Väylä.fi*. Haettu 10. 4 2019 osoitteesta <https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2100035-v-05rakentparantsuun.pdf>
- Tiehallinto. (19. 12 2007). *Väylä.fi*. Haettu 10. 4 2019 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2100055-v-07paallysrakenteen_stabilointi.pdf
- Tiehallinto. (2009). *Väylä.fi*. Haettu 17. 4 2019 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf2/3201134-v-terasverkkojen_kaytto.pdf
- Traficom - Liikenne- ja viestintävirasto. (28. 1 2019). *Traficom.fi*. Haettu 16. 4 2019 osoitteesta <https://www.traficom.fi/fi/viestinta/laajakaista-ja-puhelin/nettiyhteyden-nopeuteen-ja-laatuun-vaikuttavat-tekijat>
- Valtioneuvosto. (18. 5 2018). *Valtioneuvosto.fi*. (L. j. viestintäministeriö, Tuottaja) Haettu 10. 4 2019 osoitteesta https://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset_publisher/ministeri-berner-teiden-kunto-on-jo-halyttavalla-tasolla
- Väylä. (21. 12 2018). *Väylä.fi*. Haettu 9. 4 2019 osoitteesta https://vayla.fi/tieverkko#.XKyOodhS_IU
- Väylä. (18. 1 2019). *Väylä.fi*. Haettu 9. 4 2019 osoitteesta https://vayla.fi/liikennejarjestelma/korjausvelkaohjelma#.XKy_JthS_IU

8 KUVAT

KUVA 1. Sekoitusjyrsintä käynnissä (Korpela, Digikuva, 2017)	10
KUVA 2. Vaahtobitumistabiloinin STJYR -vaihe käynnissä (Korpela, Digikuva, 2017).....	12
KUVA 3. Masuunihiekan levitys käynnissä (Korpela, Digikuva, 2017)	13
KUVA 4. Runkokelirikkoa keväällä 2018 (Linna, 2018)	14
KUVA 5. Homogenisointi jyrsimellä käynnissä (Korpela, Digikuva, 2018)	15
KUVA 6. Tukkeutunut rumpu estää veden liikkumisen (Linna, 2018)	16
KUVA 7. Tiiviiden ja kosteuden mittaus käynnissä Troxler 3440 -laitteella (Korpela, Digikuva, 2017)	20
Kuva 8. Paalu -sovellus käytössä Android -mobiililaitteella (Linna, 2018).....	22
Kuva 9. Nevian kehittämän NeviPaver -sovelluksen etusivu (Nevia Oy, 2019).....	24

LIITE 1: TULEVAISUUDEN LAADUNVALVOJA -OPAS – OHJEITA ALOITTELEVALLE LAADUNVALVOJALLE