



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joni Ojala

GNSS-mittalaitteiden hyödyntäminen maanteiden kunnossapidossa

Opinnäytetyö

Syksy 2023

Rakennusmestari (AMK), Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Rakennusmestari (AMK), Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Joni Ojala

Työn nimi alaotsikoineen: GNSS-mittalaitteiden hyödyntäminen maanteiden kunnossapidossa

Ohjaaja: Olli Isopahkala

Vuosi: 2023

Sivumäärä: 46

Liitteiden lukumäärä: 0

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa potentiaalisia käyttökohteita GNSS-mittalaitteelle maanteiden kunnossapitotöissä. Työssä tutkittiin erilaisia kunnossapitotöitä, joita esiintyy maanteiden hoitourakoissa ja mitä hyötyjä ja haittoja GNSS-mittalaitteesta näissä töissä on. Mittalaitteet yleistyvät rakennushankkeissa nopeasti, joten kunnossapitotyöt jäävät kehityksessä jälkeen.

Tutkimusta suoritettiin vertailemalla nykyisiä laadunvarmistusmenetelmiä uusiin nykyaikaisilla mittausvälineillä suoritettuihin mittauksiin. Lisäksi pohdittiin GNSS-mittalaitteiden ja pilvipalveluihin perustuvien projektitietopankkien potentiaalisia hyötyjä kunnossapitotöissä. Työssä pyrittiin tutkimaan monenlaisia kunnossapitotöitä, kuten sorateiden kelirikkokorjauksia, päällystettyjen teiden massanvaihtoa sekä rumpujen ja kaivojen uusimisia.

GNSS-mittalaitteissa havaittiin olevan hyötyä varsinkin tehtyjen töiden dokumentoinnissa ja laadunvarmistuksessa. Lisäksi laitteella pystyttiin parantamaan tehtävän työn tarkkuutta. Tutkimuksessa havaittiin haasteelliseksi katvealueet, joita esiintyy varsinkin pienimmillä teillä. Mittalaitteiden suuret hankinta- ja ylläpitokustannukset koettiin myös osatekijäksi tekniikan yleistymisen hitaudelle kunnossapitotöissä.

¹ Asiasanat: GNSS-mittaus, 3D-mallinnus, Maanteiden kunnossapito, Infrarakentaminen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author: Joni Ojala

Title of thesis: Using GNSS-measuring devices in road maintenance.

Supervisor: Olli Isopahkala

Year: 2023

Number of pages: 46

Number of appendices: 0

The goal of the thesis was to map potential applications for a GNSS measuring device in road maintenance operations. The study examined various maintenance tasks that occurred in road maintenance contracts and the benefits and drawbacks of using GNSS measuring devices in these tasks. As the prevalence of these measuring devices increases rapidly in construction projects, maintenance work tends to lag behind in development.

The research was conducted by comparing current quality assurance methods with measurements performed using modern measuring instruments. Additionally, the potential benefits of GNSS measuring devices and project information banks based on cloud services in maintenance work were considered. The aim of the study was to investigate various maintenance tasks, such as repairing frost damages in gravel roads, mass changes on paved roads, and replacements of culverts and manholes.

It was observed that GNSS measuring devices were beneficial, particularly in documenting completed work and in quality assurance. Furthermore, the devices improved the precision of the work. The study identified challenging areas with poor satellite reception, especially on smaller roads. The high acquisition and maintenance costs of the measuring devices were also seen as a contributing factor to the slow adoption of the technology in road maintenance.

¹ Keywords: GNSS measurement, Three-dimensional imaging, Road maintenance, Infrastructure construction

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	9
1.1 Työn tausta.....	9
1.2 Työn tavoite.....	9
1.3 Työn rakenne	10
1.4 Yritysesittely	10
2 MITTAUS JA MITTALAITTEET	11
2.1 Mittausvälineet ja niiden hyödyntäminen.....	11
2.2 Koordinaattijärjestelmät Suomessa	14
2.3 Korkeusjärjestelmät.....	15
2.4 GNSS-mittaus ja koneohjaus	16
2.5 Infrakit	21
3 MAANTEIDEN KUNNOSSAPITO	23
3.1 Suomen tieverkko.....	23
3.2 Maanteiden tienhoitoluokat ja hoitotyöt	25
4 SORATEIDEN KUNNOSTUS	27
4.1 Kelirikko.....	27
4.1.1 Kelirikkokorjauksen toteutusmenetelmä.....	28
4.1.2 Kelirikkokorjauksen perinteinen laadunvarmistusmenetelmä.....	30
4.1.3 Kelirikkokorjauksen laadunvarmistus GNSS-mittalaitteen avulla	32
4.2 Sorateiden muita kunnossapitotöitä	34
5 PÄÄLLYSTETTYJEN TEIDEN KUNNOSSAPITO	36
5.1 Massanvaihto	36
5.2 Kuivatussuunnitelma	38

5.3 Muita kunnossapitotöitä, joissa GNSS-mittalaitteita voisi hyödyntää.....	39
6 YHTEENVETO.....	41
LÄHTEET	44

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

<i>Kuva 1. Vaaituskoje kolmijalan päällä.</i>	12
<i>Kuva 2. Takymetri kolmijalalla ja vastaanotto-prisma.</i>	13
<i>Kuva 3. Xsite Pad GNSS-mittalaite.</i>	18
<i>Kuva 4. Kelirikkomurskeen raja soratiellä.</i>	28
<i>Kuva 5. Koekuopasta otettu kuvadokumentaatio.</i>	31
<i>Kuva 6. Tien ympäröimä tiheä puusto häiritsi signaalia.</i>	34
<i>Kuva 7. Tierakenteen huonokuntoisuus vaikutti merkittävästi tien käytettävyyteen.</i>	36
<i>Kuvio 1. Näyttökuva Xsite pad-mittalaitteen näytöltä.</i>	19
<i>Kuvio 2. Tienrakenteen poikkileikkaus.</i>	21
<i>Kuvio 3. Infrakit-puhelinsovelluksessa näkyvät työmaan valokuvadokumentit.</i>	22
<i>Kuvio 4. Tieverkko voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan.</i>	23
<i>Kuvio 5. Poikkileikkaus valmiista mallista.</i>	32
<i>Kuvio 6. Haivannekuva toteumamittausten määrästä suhteessa koekuoppiin.</i>	33
<i>Taulukko 1. YIV:n mukaiset tarkkuusvaatimukset työkoneille tie- ja katurakenteissa, sekä InfraRYL:in asettamat tarkkuusvaatimukset.</i>	20

Käytetyt termit ja lyhenteet

MHU	Maanteiden hoitourakka. Nykyisin käytössä oleva hoitourakka-malli Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen hallinnoimilla maanteillä. Otettu käyttöön 2019 alkaen.
ELY-Keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Vastaa muun muassa maantieverkon ylläpidosta.
Tieosakas	Tieoikeuden omaava henkilö
Tieoikeus	Oikeus käyttää aluetta toisen kiinteistöstä kulkuyhteytenä pysyvästi.
KVL	Keskimääräinen vuorokausiliikenne
Kelirikko	Päällystämättömän tien liikennöitävyyden heikkeneminen tierakenteen pehmenemisen takia.
KKJ	Suomen kartastokoordinaattijärjestelmä. Suomalainen koordinaattijärjestelmä, joka on väistymässä kansainvälisten järjestelmien tieltä. Järjestelmässä suomi on jaettu länsi-itä suunnassa kuuteen eri kaistaan.
YKJ	Yhtenäiskoordinaatistojärjestelmä. Kuvaa koko Suomea yhdellä koordinaatistokaistalla.
Keskimeridiaani	Pituuspiiri, joka halkaisee alueen kahteen yhtä suureen puolikkaaseen.
ETRS89	European Terrestrial Reference System 1989. Kansainvälinen koordinaattijärjestelmä.
GNSS	Global Navigation Satellite System. Maailmanlaajuinen paikannusjärjestelmä, joka perustuu satelliittien avulla paikantamiseen.

YIV	Yleiset inframalliatimukset. BuildingSMART Finlandin tuottama ohje. Toimii inframallintamisen yleisinä ohjeina yhdessä InfraBIM-nimikkeistön ja tiedonsiirtoformaattien määrittelyn kanssa.
bSF	BuildingSMART Finland. Rakennustietosäätön erityspäätöimikunta.
Koneohjaus	Työkoneeseen liitettävä GNSS-mittauslaitteisto, jonka avulla koneenkuljettaja saa reaaliaikaista tietoa x- y- ja z-koordinaattien suhteen

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Mittaus on ollut aina osa rakentamista. Teknologian kehittyessä myös mittaustavat ovat kehittyneet. Nykyään on käytössä satelliittipaikannukseen perustuvia mittalaitteita, joita voidaan yleisesti kutsua GNSS-mittalaitteiksi. Myös dokumentointitavat ovat kehittyneet ajan saatossa, ja nykyään on mahdollista siirtää mittausaineisto suoraan langattomasti käytössä olevaan projektipankkiin. Myös perinteisen mittamiehen tehtävät ovat vähentyneet, sillä koneohjausjärjestelmällä ja mittalaitteistolla varustettu työkone voi suorittaa itsenäisesti toteumamittauksia. Laitteet ovat yleistyneet nopeasti ja niitä käytetään paljon infrarakenteiden uudisrakennuksessa ja suuremmissa kunnostustöissä. Tästä huolimatta maanteiden hoitourakoissa tehtävissä rakenteiden korjauksissa ja parannuksissa koneohjauksen ja GNSS-paikannukseen perustuvan mittauksen hyödyntäminen on vielä vähäistä.

1.2 Työn tavoite

Tämän työn tavoitteena on kartoittaa mahdollisia käyttökohteita GNSS-mittalaitteille maanteiden kunnossapitotöissä. Työssä keskitytään pääosin kesällä esiintyviin hieman suurempiin töihin, jotta kyseisten työkalujen käyttöastetta saataisiin lisättyä mahdollisimman paljon. Työssä myös vertaillaan GNSS-mittauksen käytön kannattavuutta listaamalla hyötyjä ja haittoja, verrattuna perinteisiin mittaus- ja laadunvarmistusmenetelmiin.

Tutkimukseen valitut työkohteet ovat luonteeltaan useasti toistuvia ja hieman suurempia kunnossapitotöitä, koska tällaisiin töihin tämän työn tekijä ajatteli mittatikun hyödyntämisestä olevan suurin potentiaali. Vertailussa olevat työvaiheet painottuvat kunnossapidon kesähoitokaudelle. Työn tekijä koki, ettei talvihoitotöissä kyseisestä työkalusta ole juuri-kaan apua luotettavan mittaamisen ollessa huomattavasti vaikeampaa ja hitaampaa lumen ja jään takia.

1.3 Työn rakenne

Työn alussa käsitellään mittaamisen teoriaa, koneohjausta maanrakennuksessa ja käytössä olevia korkeus- ja koordinaattijärjestelmiä. Samalla esitellään työn tekemisessä hyödynnetyt laitteet ja järjestelmät. Lisäksi esitellään myös muita mittalaitteita ja niiden mahdollisia käyttökohteita. Toisessa kappaleessa esitellään maanteiden hoitoon ja Suomen tieverkkoon liittyvää teoriaa, kuka vastaa mistäkin tiestä ja mitä kuuluu teiden hoitoon ja kunnossapitoon. Kappaleen tarkoituksena on lisätä tietoisuutta teiden hoidosta ja hoitoon liittyvistä työtehtävistä sellaiselle, joka ei välttämättä itse ole asiaan perehtynyt.

Tämän jälkeen on itse tutkimuksen toteutukseen liittyviä kappaleita, joissa kerrotaan tarkemmin kustakin tutkimukseen valitusta työtehtävästä ja niihin liittyvistä laatuvaatimuksista. Tutkimuksessa vertaillaan mittatikun tuomia hyötyjä ja haittoja liittyen kuhunkin hoitotyöhön. Lopussa on yhteenveto, jossa on työn tekijän omaa pohdintaa muun muassa GNSS-mittalaitteiden hyödyistä ja niiden käyttämiseen liittyvistä ongelmista. Yhteenvetossa arvioidaan myös tutkimuksen onnistumista ja analysoidaan tutkimuksen tuloksia. Lisäksi esitetään jatkotutkimusehdotuksia, joissa voisi hyödyntää kyseisiä mittalaitteita ja koneohjausta työn tekijän mielestä.

1.4 Yritysesittely

Tämän työn toimeksiantajana toimi Destia Oy. Destia Oy on Suomen suurin infra-alan yritys, ja on vuodesta 2021 toiminut osana kansainvälistä Colas-konsernia. Destia toimii monipuolisesti infrastruktuurin eri osa-alueilla, kuten sähköverkon, maanteiden ja ratojen parissa. Destian palvelut kattavat infrastruktuurirakenteiden koko elinkaaren: suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon. Destian (2022, s. 3) vuosikertomuksen mukaan vuonna 2021 yrityksen liikevaihto oli 574,8 milj. euroa, ja se työllisti 1586 henkilöä. Colas työllisti vuonna 2021 noin 57 000 henkilöä ja toimi 50 eri maassa (Destia, 2022, s. 9).

2 MITTAUS JA MITTALAITTEET

2.1 Mittausvälineet ja niiden hyödyntäminen

Mittausvälineitä on olemassa monenlaisia. Niiden toimintaominaisuudet ja hinnat vaihtelevat suuresti. Edullisimpia mittavälineitä ovat rullamitat ja vesivaa'at. Niiden yleisyydestä ja edullisesta hankintahinnasta huolimatta ne ovat hyödyllisiä monissa mittauksissa. Rullamitalla on helppo ja nopea selvittää pienien rakenteiden koko esimerkiksi rumpuputken halkaisija tai tierakenteen leveys. Vesivaa'alla puolestaan on helppo ja nopea selvittää jonkin alueen tasaisuus tai kaltevuus.

Tasolaser soveltuu mittauksiin, joissa halutaan selvittää jonkin asian korkeustaso laserin asemaan nähden. Tasolaserit ovat suhteellisen edullisia ja helppokäyttöisiä mittalaitteita, minkä vuoksi ne ovat hyvin yleisiä. Tasolasereita on erilaisia ja tarkkuus ja ominaisuudet vaihtelevat laitteen mukaan. Joihinkin tasolasereihin on esimerkiksi mahdollista syöttää haluttu kallistus, jolloin putkilinjojen kaivuu helpottuu.

Tasolaserin heikkous on käyttäjän tekemät mittavirheet. Erityisesti korkeuksien siirrossa tulee tehdä yksinkertaisia laskutoimituksia, joissa voi helposti sattua laskuvirheitä. Tämä näkyy puolestaan suoraan mittaustuloksissa. Mittaajan tulee kiinnittää huomiota laskutoimitusten suorittamiseen. Toinen heikkous on tasolaserin tarvitsema jokin tunnettu piste, jotta tasolaserin antamat tulokset saadaan siirrettyä haluttuun korkeusjärjestelmään. Tämä siirto vaatii taas lisää yksinkertaisia laskutoimituksia. Jos työmaa on pinta-alaltaan laaja, voi tunnetun pisteen korkoa joutua siirtämään useaan otteeseen ennen kuin ollaan halulla mittaupaikalla. Tasolaseria on helppo hyödyntää niin laajojen kenttäalueiden rakentamisessa kuin myös linjamallisten rakenteiden, kuten putkilinjojen toteuttamisessa (Geotrim, i.a.-c, s. 1).

Putkilaser on myös suhteellisen edullinen ja helppokäyttöinen mittalaite. Putkilaserin lähettämä lasersäde osoittaa vain yhteen suuntaan, toisin kuin tasolaserissa. Laite ei näin ollen sovellu muihin, kuin linjamaisten rakenteiden kaltevuuden tai suoruuden mittaamiseen (Geotrim, i.a.-b, s. 5). Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi erilaiset putkilinjat. Laitteeseen

saa yleensä syötettyä halutun kallistuksen, jonka avulla pystytään seuraamaan putkilinjan tasoa tarkasti ja vaivattomasti.

Laurila (2012, s. 203) kertoo vaaituksen olevan jo satoja vuosia vanha korkeuden mittausmenetelmä. Vaaituskojeen käyttö on suhteellisen yksinkertaista. Vaaituskoje (kuva 1) asetetaan vaakatasoon kolmijalan päälle ja toisen katsoessa kojeen läpi toinen pitää mitata suorassa. Näin ollen vaaituskojeen käyttö vaatii useimmiten kahden hengen työpanoksen. Nykyään on olemassa myös vaaituskojeita, joita voi käyttää yksin. Vaaituskojeella mitatessa tarvitsee suorittaa yksinkertaisia laskuja, kuten myös tasolaseria käytettäessä. Tasolaseria voidaankin pitää soveltuvuutensa puolesta hyvin samankaltaisena laitteena kuin vaaituskojetta. Tasolaserin tarkkuus on huonompi, kuin vaaituskojeen.



Kuva 1. Vaaituskoje kolmijalan päällä (Piqsels, i.a.).

Takymetrin avulla saadaan mitattua koordinaatteja kojeeseen nähden. Laitteen toiminta perustuu kulmien ja etäisyyksien mittaamiseen, jonka avulla nykyaikainen takymetri saa laskettua koordinaattitietoa (Laurila, 2012, s. 238). Takymetri soveltuu erityistä tarkkuutta vaativiin mittauksiin. Takymetrillä mitatessa tulee selvittää kojeen sijainti tunnettujen pisteiden avulla. Useimmat kojeet osaavat laskea sijaintinsa kahden tunnetun pisteen avulla. Kun kojeen sijainti on selvillä, voidaan suorittaa mittauksia. Takymetrillä mitatessa tarvitaan itse takymetrin lisäksi vastaanottoprisma (kuva 2). Perinteisesti takymetrillä

mittaaminen on kahden ihmisen työtä, mutta nykyään on käytössä myös robottitakymetrejä. Robottitakymetri seuraa automaattisesti prismaa, jolloin mittauksia voi suorittaa myös yksin. Takymetri on huomattavasti arvokkaampi mittalaite, kuin edellä mainitut mittalaitteet ja takymetrienn hinnat vaihtelevat ominaisuuksista ja valmistajasta riippuen.



Kuva 2. Takymetri kolmijalalla ja vastaanottoprisma (Pixabay, 2019).

Laserkeilaus on suhteellisen uusi mittaustapa. Useimmiten laserkeilaus suoritetaan ostopalveluna, koska mittalaitteet ovat hyvin kalliita. Laserkeilain tallentaa suuren määrän mittapisteitä keilaimeen ja toisiin pisteihin nähden ja muodostaa näistä kolmiulotteisen pistepilven (Mitta Oy, i.a.-a). Pistepilven avulla voidaan muodostaa erilaisia yksityiskohdaisia malleja rakennettavasta kohteesta. Laserkeilaimella keilattavat alueet, kuten tiet voidaan pitää keilauksen ajan liikennöitävissä.

Laserkeilaimia ja -keilauspalveluita on markkinoilla monenlaisia. Maanmittauslaitoksella (MML) on verkossa tarjolla kansallisen laserkeilausohjelman tuottamaa tietoa (MML, i.a.-b). Kansallisessa laserkeilausohjelmassa Suomi on jaettu erillisiin alueisiin ja jokainen alue keilataan vuorollaan kuuden vuoden välein. Keilausaineistoa tuotetaan kaikkialta muualta Suomesta paitsi Pohjois-Lapista. Keilausaineistossa keilauspisteitä tulee 5 pistettä neliömetrille.

Geotrim (i.a.-a) kertoo tarjoavansa perinteisempien kolmijalan päälle sijoitettavien keilaimien lisäksi myös käsikeilaimia, joilla on mahdollista tuottaa aineistoa liikkuen esimerkiksi rakennuksen sisällä. Yritys kertoo verkkosivuillaan käsimallisten keilaimien soveltuvan niin sisätilojen mallinnukseen kuin myös maanalaisten tunnelirakenteiden sekä maamassojen mallintamiseen.

Toinen hyvin uusi mittausväline on drone. Dronejen hinnat vaihtelevat suuresti riippuen laitteen ominaisuuksista, kuten lentoajasta ja kameran tarkkuudesta. Droneilla voidaan tuottaa ilmakuvaa ja samanaikaisesti laserkeilaimen avulla keilata alueita. Dronen tuottama ilmakuva ja pistepilvi voidaan yhdistää haluttuun koordinaatti- ja korkeusjärjestelmään, jolloin keilattu pistepilvi tai kuvattu alue voidaan yhdistää jo olemassa oleviin suunnitelmiin tai paikkatietoihin (Mitta Oy, i.a.-b). Drone soveltuu erityisesti erilaisten pintamallien tuottamiseen, joita voidaan käyttää suunnitelmien tai tilavuuslaskentojen tekemisen tukena.

Pienimmät dronet, joissa ei ole kameraa ovat kenen tahansa lennettävissä. Suuremmat vaativat lentäjältään suoritettua teoriakokeen. Traficom (i.a.) kertoo verkkosivuillaan alle 0,25 kilogrammaa painavien kamerattomien dronejen olevan kenen tahansa lennettävissä. Verkkosivuilla kerrotaan 0,5–2 kilogrammaa painavien vaativan verkkoteoriakokeen lisäksi lisäteoriakokeen suorittamista lennettäessä alle 150 metrin etäisyydellä rakennetusta alueesta tai virkistysalueesta. Lisäksi verkkosivuilla kerrotaan, että joillakin alueilla on joko pysyvä tai väliaikainen ilmailurajoitus tai -kielto. Lennättäjän onkin syytä perehtyä voimassa oleviin rajoituksiin ja kieltoihin, sekä tarvittaviin lupiin ennen lennättämisen aloittamista.

2.2 Koordinaattijärjestelmät Suomessa

X- ja Y-koordinaattien avulla pyritään selvittämään tarkka sijainti kaksikulotteisella karttasolla. Koordinaattijärjestelmiä on erilaisia. Suomessa on ollut käytössä jo 1970-luvun alusta lähtien kansallinen kartastokoordinaattijärjestelmä KKJ (Laurila, 2012, s. 157). Tässä järjestelmässä Suomi on jaettu kuuteen eri kaistaan leveyssuunnassa, jotka on numeroitu 0–5 lännestä itään. Kun Suomi halutaan kuvata vain yhdellä kaistalla, voidaan siihen käyttää KKJ:n kaistaa numero 3. Tällöin puhutaan yhtenäiskoordinaattijärjestelmästä,

eli YKJ:sta. YKJ:n ja KKJ:n kolmannen kaistan yhdistää se, että niillä on yhteinen keskimeridiaani, joka on 27 astetta itäistä pituutta (Tilastokeskus, i.a.-b). Kyseiset järjestelmät perustuvat kolmiomittaukseen.

KKJ on vanhentuva koordinaatistojärjestelmä, joka on vähitellen jäämässä pois käytöstä sen epätarkkuuden vuoksi (Laurila, 2012, s. 157). Sen tilalle on tulossa ETRS89-järjestelmä. ETRS89-järjestelmä on maailmanlaajuinen koordinaattijärjestelmä, joka on kiinnitetty Euraasian mannerlaattaan. ETRS89-järjestelmällä voidaan kuvata Suomea joko valtion laajuisena alueena tai pienempinä kaistoina itä-länsisuunnassa. Koko maata kuvattaessa yhtenäisenä alueena käytetään ETRS-TM35Fin-järjestelmää ja pienempinä kaistoina kuvattaessa käytetään ETRS-GKn-järjestelmää.

ETRS-GKn-järjestelmässä Suomi jaetaan useampaan pienempään kaistaan KKJ-järjestelmän tavoin, jolloin virheet pienenevät (Tilastokeskus, i.a.-a). Kaistat ovat Suomessa 19–31 ja ne ovat nimetty keskimeridiaaninsa mukaan. Rakentamisessa näin ollen yleensä käytetään ETRS-GKn-järjestelmää. Eri koordinaattijärjestelmien välillä on kuitenkin mahdollista tehdä koordinaattimuunnoksia. Näin ollen voidaan hyödyntää aineistoja, jotka ei välttämättä ole alun perin samassa koordinaattijärjestelmässä.

2.3 Korkeusjärjestelmät

Suomen ensimmäinen valtakunnan laajuinen korkeusjärjestelmä on ollut NN-korkeusjärjestelmä. Kyseinen järjestelmä on syntynyt vuosina 1892–1910 suoritettujen tarkkavaaitusten tuotoksena. Vaaitus suoritettiin Etelä-Suomesta Oulun korkeudelle asti. Tämän jälkeen Suomessa on otettu käyttöön N43-, N60- ja N2000-korkeusjärjestelmät. Maanmittauslaitoksen (i.a.-a) mukaan vielä nykyäänkin NN-korkeusjärjestelmää voi nähdä käytössä kaikkien muiden korkeusjärjestelmien ohella.

NN-korkeusjärjestelmän tavoin myös N43- ja N2000-korkeusjärjestelmät perustuvat tarkkavaaitusten tuloksiin, kun taas N60-korkeusjärjestelmän maanpinnan tasot ovat laskennallisia arvoja. N43-korkeusjärjestelmän taustalla on Suomen toinen valtakunnallinen tarkkavaaitus, joka suoritettiin vuosina 1955–1975 (Laurila, 2012, s.168). Numero 43 korkeusjärjestelmän nimessä viittaa vuoteen 1943, sillä korkeusjärjestelmän vertailutaso on

Helsingin keskivedenpinta kyseisenä vuonna. N60-korkeusjärjestelmä on laskettu ensimmäisen ja toisen tarkkavaaituksen perusteella, ja tällä tavoin selvitetty laskennallinen maanpinnan taso. Vertailutasona N60-korkeusjärjestelmässä toimii Helsingin laskennallinen vedenpinnan keskitaso vuonna 1960.

N2000-korkeusjärjestelmän avulla Suomi on liitetty kansainvälisiin korkeusjärjestelmiin (Laurila, 2012, s. 169). Järjestelmän vertailutasona on NAP, eli länsieurooppalainen Amsterdamin taso. N2000 perustuu Suomen kolmanteen valtakunnalliseen tarkkavaaitukseen, joka suoritettiin vuosina 1978–2006. N2000-korkeusjärjestelmä on uusin Suomessa yleisesti käytettävä korkeusjärjestelmä ja se yleistyy jatkuvasti.

Tarve kehittää uusia korkeusjärjestelmiä perustuu maanpinnan nousuun. Jääkauden vaikutuksesta maanpinta on painunut ja nyt se hiljalleen kohoaa. Kohoaminen tapahtuu eri alueilla eri nopeudella ja tämän vuoksi uudet vaaitukset ja korkeusjärjestelmät kertovatkin paremmin nykyisen korkeuden merenpinnasta. Suomen sisällä kohoamisessa on suuria alueellisia nopeuseroja. Perämeren alueella maa kohoaa keskimäärin nopeimmin Suomessa, noin 8 millimetriä vuodessa (Laurila, 2012, s. 166). Kohoaminen on maltillisempaa muualla Suomessa ja hitaimmillaan maa kohoaa noin 2 millimetriä vuodessa Pohjois- ja Kaakkois-Suomessa.

Kaikkien korkeusjärjestelmien ollessa käytössä yhtä aikaa kasvaa virhetulkinnan riski. Monet kaupungit ovat ottaneet käyttöön N2000-korkeusjärjestelmän ja sen avulla pyrkivät yhtenäistämään kaikki dokumentit yhden ja saman korkeusjärjestelmän alle, mutta vanhoissa suunnitelmissa voi olla käytössä muitakin korkeusjärjestelmiä. Esimerkiksi Kurikan kaupunki (i.a.) kertoo ottaneensa käyttöön N2000 järjestelmän, mutta toteaa että vanhoissa suunnitelmissa voi olla muitakin järjestelmiä. Kurikan kaupunki myös ilmoittaa Kurikan keskustan alueella N43- ja N60-korkeusjärjestelmien keskinäinen korkeusero on noin 104 millimetriä, kun taas N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien ero on noin 410 millimetriä.

2.4 GNSS-mittaus ja koneohjaus

Nykyään on käytössä mittalaitteita, joiden toiminta perustuu satelliittien avulla tarkan sijainnin paikantamiseen. Näitä laitteita voidaan kutsua yleisesti GNSS-mittalaitteiksi. GNSS on

lyhenne sanoista Global Navigation Satellite System (Laurila, 2012, s. 281). Järjestelmän tavoitteena on eri maiden satelliittijärjestelmien sujuva yhteiskäyttö, kuten Yhdysvaltain GPS- ja Venäjän Glonass-järjestelmän.

GNSS-mittaus perustuu reaaliaikaiseen paikkatietoon, joka pohjautuu satelliittien havaintoihin. Näiden avulla saadaan selville paikka x-, y- ja z-koordinaattien suhteen. Maanmittauslaitoksen (MML, i.a.-c) verkkojulkaisun mukaan luotettavaan mittaukseen tarvitaan vähintään neljän satelliitin yhtäaikainen yhteys. Siltikin tarkkuus jää sellaisenaan noin viiden metrin luokkaan. Tarkkuuden parantamiseksi on kehitetty tukiasemia, joiden avulla päästään senttimetrien mittaustarkkuuksiin. Tukiasemien hyödyntämisen mahdollistavat erilaiset palveluntarjoajat, joko kiinteillä tukiasemilla tai vaihtoehtoisesti verkkokorjauksen avulla.

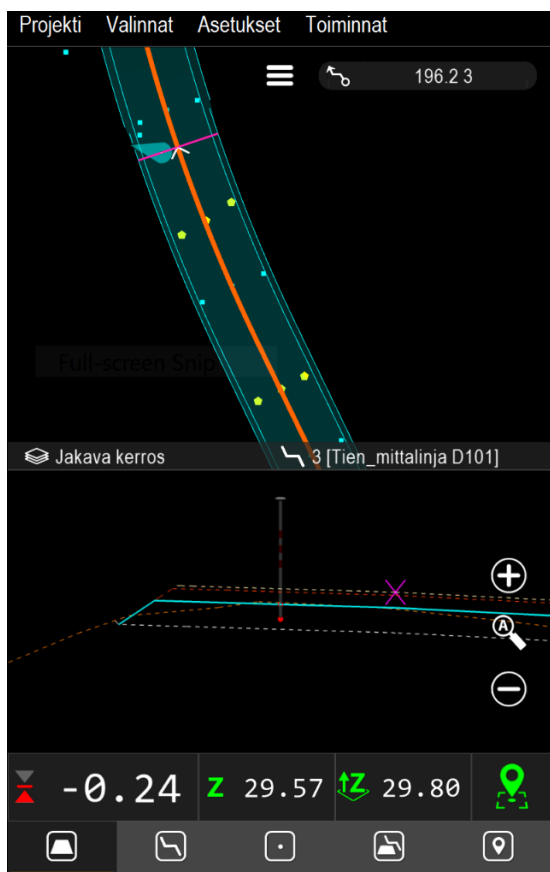
Satelliittipaikannus ei kuitenkaan aina onnistu ongelmitta. Vihavaisen (2020) mukaan rakennetussa ympäristössä toimittaessa korkeat rakennukset ja sähkölaitteet voivat haitata paikannusta. Myös puusto voi aiheuttaa katvealueita. Satelliittipaikannus ei myöskään onnistu sisätiloissa tai maanalaisissa rakenteissa.

GNSS-mittalaitteita on monenlaisia eri käyttötarkoituksiin. Yleisimpiin maanrakennus koneisiin on saatavilla omat mittalaitteet. Tällaisia koneita ovat esimerkiksi tiehöylät, kaivinkoneet ja valssijyrät. On olemassa koneista irrallaan olevia mittalaitteita, joita esimerkiksi työnjohto tai mittamies voivat hyödyntää. Tällaisia ovat GNSS-mittatikku tai GNSS-takymetri. Mittalaite helpottaa työmaan rakennekokonaisuuksien hahmottamista ja näin ollen työnsuunnittelua ja seuranta. Novatron Oy (i.a.) kertoo verkkosivuillaan Xsite Pad -mittalaitteen soveltuvan erityisesti työnjohdon tarpeisiin. Verkkosivulla kerrotaan laitteen soveltuvan hyvin olemassa olevien tai rakennettavien rakenteiden maastoon merkitsemiseen. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi kaivot tai kaapelit. Laitteella on nettisivujen mukaan mahdollista tehdä myös toteumamittauksia senttimetrien tarkkuudella. Laite koostuu kosketusnäytöllisestä tabletista, varresta ja antennista (kuva 3).



Kuva 3. Xsite Pad GNSS-mittalaite.

Xsite Pad on suhteellisen helppokäyttöinen laite, jolla kokemattomampikin mittaja pystyy suorittamaan mittauksia lyhyen perehdytyksen jälkeen. Laitteen näytölle saadaan näkyviin yhtäaikaisesti rakenteen poikkileikkaus sekä työmaan malli ylhäältä päin katsottuna (kuvio 1). Tämä helpottaa hahmottamaan tämänhetkisen sijainnin työmaalla ja tarvittavat kaivu- tai täyttömäärät kyseisessä kohtaa. Näytön alareunassa näkyy tämänhetkinen korkeus valitussa korkeusjärjestelmässä, sekä valitun pinnan suunniteltu korkeus kyseisessä kohtaa. Kyseisellä laitteella voidaan tehdä myös itse yksinkertaisia malleja, kuten useimmilla muillakin 3D-mittalaitteilla. Mallit saadaan siirrettyä langattomasti esimerkiksi Infrakit-palvelun avulla myös työmaan muihin laitteisiin. Laite soveltuu työn ohjaukseen ja seurantaan, sekä toteumamittausten tekemiseen.



Kuvio 1. Näyttökuva Xsite pad-mittalaitteen näytöltä.

Koneohjauksella tarkoitetaan työkoneeseen kiinnitettyjen mittalaitteiden avulla koneen työskentelyn avustamista. 3D-koneohjauksessa mittalaitteiden avulla työkoneen kuljettaja saa itselleen työmaasta kolmiulotteiset mallit näkyviin työkoneessa. Tämän lisäksi kone hakee GNSS-mittalaitteilla paikkatietoa x-, y- ja z-koordinaattien suhteen. Tämän avulla työkoneen kuljettajalla on käytössään samat mallit työmaasta kuin esimerkiksi työnjohtolla tai mittamiehellä. Koneohjauksessa mittauspisteenä toimii työkoneen osa. Esimerkiksi kairavinkoneessa hyödynnetyssä koneohjauksessa mittauspiste on kauhan huulilevyn kulmassa tai keskellä, riippuen konekuljettajan käyttämistä asetuksista. Käytännössä koneohjauksen avulla pystytään muuttamaan työkone samanaikaisesti GNSS-paikannusta hyödyntäväksi mittalaitteeksi, jolla pystytään tekemään työtä sekä mittauksia senttimetrin tarkkuudella. Parempaa tarkkuutta vaativissa kohteissa on kuitenkin syytä ottaa avuksi tarkempia mittalaitteita.

Koneohjauksen suurimpina hyötyinä on tarkka työnjälki ja ylimääräisten mittausten väheneminen. Koneohjausta hyödyntävällä työmaalla ei tarvita erikseen mittamiestä

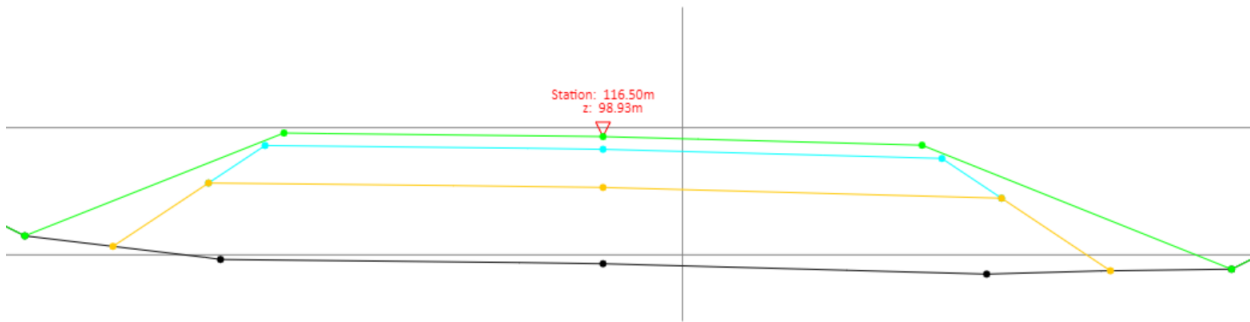
asentamaan korkolappuja tai merkitsemään tielinjaa, sillä konekukset näkevät kyseiset asiat omilta koneohjauslaitteiltaan. Reaaliaikaista tietoa saadessaan kaivuista, välttään ryöstökaivuilta ja ylitäytöiltä. Koneohjauslaitteet ovat kuitenkin kalliita. Tämä puolestaan rajoittaa pienempien urakoitsijoiden halukkuutta hankkia itselleen laitteita. Laukkasen (2017) mukaan hankintakustannukset voivat olla yhtä konetta kohdin yli 30 000 euroa ja ylläpito-kustannukset voivat olla tuhansia euroja vuodessa.

Luotettavan koneohjauksen ja GNSS-paikannukseen perustuvan mittauksen saavuttamiseksi on työkoneiden tarkkuutta tarve seurata jatkuvasti ja mittaukset suoritettava kaikilla projekteilla samalla tavalla. BuildingSMART Finland (bSF) (2021, s. 121) kertoo Yleisissä inframallivaatimuksissa (YIV), että tukiaseman tarkkuus tulee tarkastaa vähintään kerran kuukaudessa takymetrin avulla. Lisäksi tukiaseman tarkkuutta tulee seurata tukiasemaan yhdistetyn mittalaitteen avulla vähintään kerran viikossa tunnetusta pisteestä. Tämä pätee sekä fyysisiin tukiasemiin että myös verkkotukiasemiin. Julkaisussa opastetaan myös työkoneiden tarkastus. Työkoneiden tarkastus tulee tehdä kerran viikossa laitteille, joilla ei tehdä viimeistelyitä. Tarkastus tulee suorittaa päivittäin sellaisille laitteille, joilla tehdään viimeistelyitä. Tarkastus työkoneille voidaan suorittaa joko takymetrillä, GNSS- mittalaitteella tai tunnetun pisteen avulla. Työkoneille asetetut raja-arvot ovat tiukemmat tai samat, kuin InfraRYL:issä määritellyt raja-arvot (taulukko 1). Näin ollen työkoneiden täyttäessä Yleisten inframallivaatimusten vaatimukset täyttää se automaattisesti InfraRYL:in tarkkuusvaatimukset.

Taulukko 1. YIV:n mukaiset tarkkuusvaatimukset työkoneille tie- ja katurakenteissa, sekä InfraRYL:in asettamat tarkkuusvaatimukset. (Building smart Finland, 2021, s. 117).

Rakennekerros	InfraRYL vaatimus	InfraRyl vaatimus z [mm]	YIV vaatimus xy [mm]	YIV vaatimus z [mm]
Kantava kerros	-0 ... +150	-20 ... +20	-50 ... +50	-20 ... +20
Jakava kerros	-0 ... +150	-30 ... +30	-100 ... +100	-30 ... +30
Suodatinkerros	-0 ... +150	-40 ... +40	-100 ... +100	-30 ... +30
Rakenteen alapinta	-0 ... +200	+0 ... -100	-100 ... +100	-30 ... +30

Yleisissä inframallivaatimuksissa kerrotaan, että rakenteesta tulisi tehdä toteumamittauksia 20 metrin välein, kustakin rakennekerroksesta kaikista poikkileikkauksen taitepisteistä (BuildingSMART Finland, 2021, s. 122). Taitepisteet tarkoittavat paikkoja, joissa poikkileikkauksen kaltevuus muuttuu. Taitepisteet sijaitsevat yleisimmin tierakenteessa tien harjalla, sekä luiskien ylä- ja alataitteissa (kuvio 2).



Kuvio 2. Tienrakenteen poikkileikkaus.

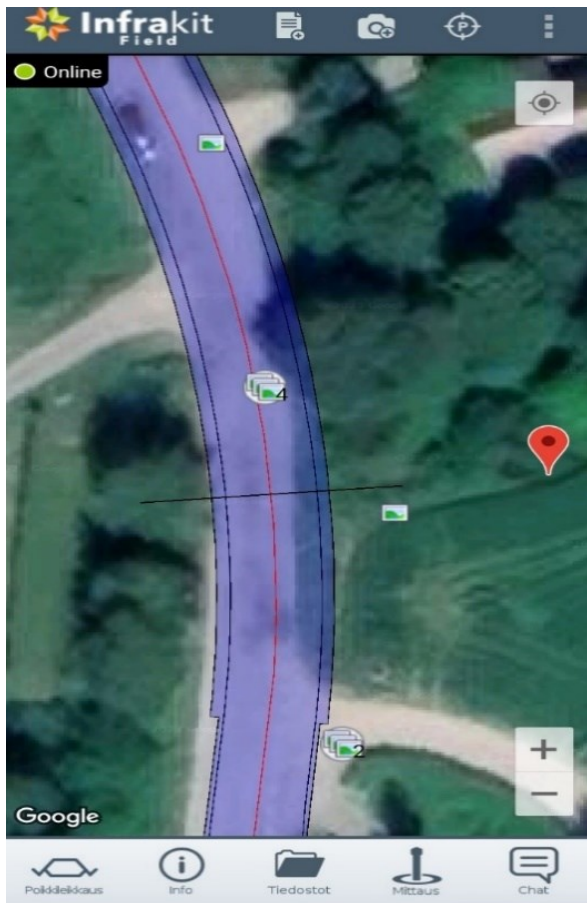
2.5 Infrakit

Infrakit on kotimaisen Infrakit Group Oy:n tarjoama pilviteknologiaan pohjautuva palvelu. Palvelun avulla on mahdollista jakaa malleja työkoneisiin langattomasti ja toisaalta saada työkoneista reaaliaikaista paikkatietoa. Myös työkoneiden tekemät toteumamittaukset latautuvat automaattisesti pilvipalveluun. Työnjohto voi näin ollen seurata etänä työmaan tapahtumia. Tämä puolestaan helpottaa töiden aikataulutusta, kokonaiskuvan hallintaa ja resurssien suunnittelua.

Infrakit-palveluun on mahdollista lisätä myös tilaajan ja suunnittelijan edustajille käyttöoikeus. Tämä nopeuttaa tiedonkulkua ja vähentää luovutusaineiston tekoa, sillä tarvittavat toteumamittaukset saadaan tilaajalle suoraan infrakitistä. Infrakitin aineistoa on mahdollista tarkastella sekä tietokoneella että puhelimella.

Myös puhelinsovelluksella otetut valokuvat tallentuvat paikkatietojen kanssa suoraan palvelimelle (kuvio 3), mikä puolestaan helpottaa varsinkin pinta-alaltaan suurien työmaiden kanssa. Sovelluksella saa myös luotua mallista poikkileikkauksia ja mitattua erilaisia asioita, niin puhelimella kuin myös tietokoneella. Näin ollen tarvittavia aineistoja on helppo

tarkastella koska vain. Tämä puolestaan helpottaa työnjohtoa pysymään ajan tasalla työmaan tapahtumista ja tarpeista.

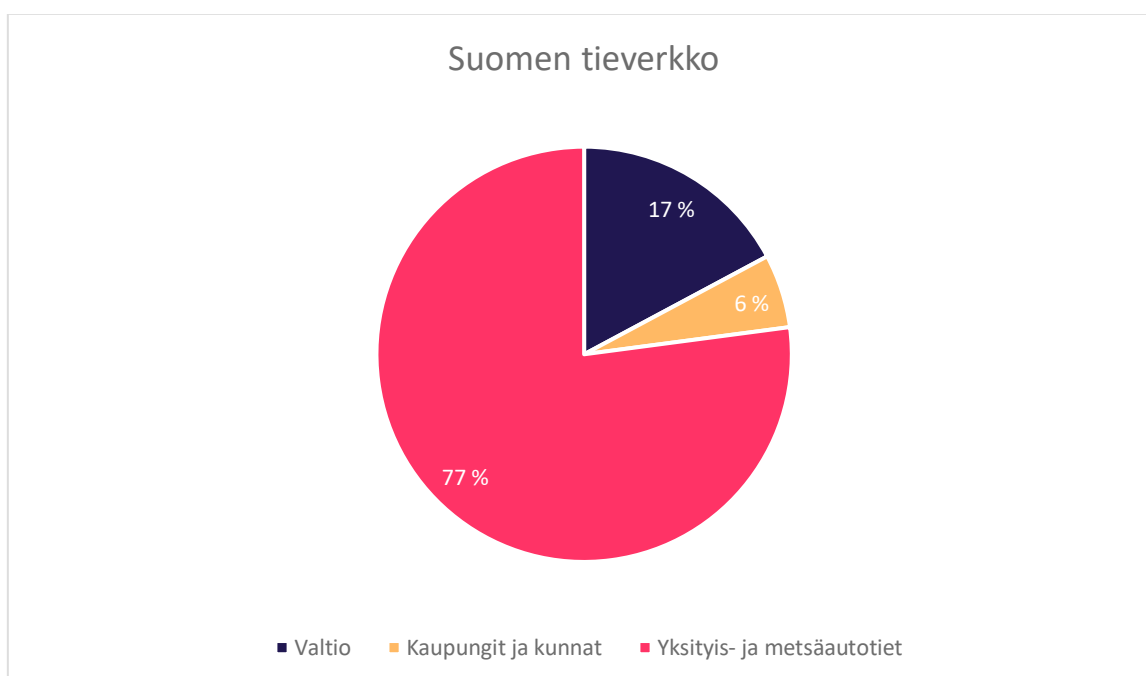


Kuvio 3. Infrakit-puhelinsovelluksessa näkyvät työmaan valokuvadokumentit.

3 MAANTEIDEN KUNNOSSAPITO

3.1 Suomen tieverkko

Suomen tieverkon voi jakaa karkeasti kolmeen eri osa-alueeseen: yksityiset yksityis- ja metsäautotiet, kaupunkien ja kuntien tieverkko ja valtion ylläpitämät maantiet. Väyläviraston (2022) mukaan tieverkkoa on Suomessa yhteensä noin 454 000 kilometriä, josta yksityis- ja metsäautoteitä on noin 350 000 kilometriä. Tämä kattaa Suomen tieverkosta 77 prosenttia (kuvio 4). Lopuista 104 000 kilometristä 78 000 kuuluu valtion maantieverkkoon ja 26 000 kuntien ja kaupunkien hoitoon.



Kuvio 4. Tieverkko voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan (Väylävirasto, 2022).

Kunnat ja kaupungit vastaavat oman tieverkkonsa ylläpidosta kukin itsenäisesti. Tapoja tähän on erilaisia. Osa hoitaa kunnossapidon työnjohdosta toteutukseen täysin omilla resursseilla, kun taas jotkut ostavat koko palvelun ulkopuoliselta urakoitsijalta. Yleisin muoto kuntien tienpidon osalta lienee jonkinlainen välimalli kahdesta edellä mainitusta. Kuntien ja kaupunkien tieverkot ovat yleisesti kaikkien käytettävissä, kuten myös valtion ylläpitämät maantiet.

Yksityisteiden ja metsäautoteiden hallinnoinnista vastaavat kyseisen tien osakkaat tai heistä muodostuva tiekunta. Halutessaan osakkaat voivat valtuuttaa jonkun ulkopuolisen tahon huolehtimaan tienhoidosta. Tiekunta voidaan myös muodostaa useamman yksityistien osakkaiden kesken, jolloin sama tiekunta vastaa useamman yksityistien hoidosta ja ylläpidosta. Tiekunta voi rajoittaa tai kieltää ulkopuolisilta tien käytön moottori- ja hevosajoneuvoilla (Yksityistielaki 560/2018). Yksityisteillä voi törmätä rajoituksiin, joista yleisin lienee tielle asetettu painorajoitus. Suomen yksityistiet löytyvät Väyläviraston Digiroad-karttapalvelusta, niiltä osin, kun tiekunnat tai -osakkaat ovat ne sinne ilmoittaneet.

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen eli ELY-keskuksen tehtävänä on muun muassa huolehtia valtion maantieverkon ylläpidosta. Ylläpidolla varmistetaan teiden toimivuus koko maassa (ELY, 2023a). Teiden toimivuus mahdollistaa turvallisen liikennöitävyyden ja kuljetukset. ELY-keskuksen mukaan ELY:n hallinnoimaan tieverkkoon kuuluu noin 78 000 km maantietä ja 14 800 siltaa. Tämä tieverkko on jaettu 79 eri maanteiden hoitourakkaan. Urakat ovat hyvin erilaisia keskenään niin maantieteellisesti pinta-aloiltaan kuin myös tieluokkien ja asutusten suhteen. Hoitokaudella 1.10.2022–1.10.2023 Urakoista 39 oli Des-tian hoidossa ja 23 YIT Suomi Oy:n. Loput 17 urakkaa oli jakautuneena neljän muun urakoitsijan kesken.

Urakat ovat nykyään Maanteiden hoitourakoita (MHU). MHU-mallin tavoitteena on kehittää yhteistyötä urakoitsijan ja tilaajan välillä, sekä jakaa riskit (Väylävirasto, 2023a). Urakat kilpailutetaan ELY-keskusten toimesta porrastetusti siten, että urakat ovat viisi vuotta kestäviä ja joka vuosi on urakoita ympäri Suomen kilpailutuksessa. Esimerkiksi talven 2022–2023 aikana kilpailutuksessa oli yhteensä 15 urakkaa, pohjoisin niistä oli MHU Kittilä ja eteläisin MHU Paimio.

MHU Lapuaan kuuluu hoidettavaksi noin 1500 kilometriä maantieverkkoa (sisäinen tietolähde, 13.08.2023). Tieverkko koostuu päällystetyistä teistä, sorateistä ja kevyen liikenteen väylistä. MHU Lapuan urakka-alueella noin 100 kilometriä on kevyen liikenteen väyliä, 375 kilometriä on sorateita ja loput yli 1000 kilometriä on päällystettyjä teitä. Väylävirasto on määritellyt jokaiselle tielle hoitoluokan.

3.2 Maanteiden tienhoitoluokat ja hoitotyöt

Hoitoluokkia on tieverkolla monenlaisia. Päälysteillä on omat hoitoluokat, teillä on omat viherhoitoluokat ja näiden lisäksi on talvihoitoluokat. Viherhoitoluokat määrittävät montako kertaa vuodessa kyseisen tien viheralueet niitetään (ELY, 2023c). Päälysteiden ylläpito-luokat taas määrittävät, millä materiaalilla päälystevaurioita tulee korjata.

MHU-mallisten urakoiden sisältävät työsuoritteet vaihtelevat jonkin verran eri urakoiden osalta. Työtehtävät pysyvät kuitenkin melko samanlaisina, mutta luonnollisesti jokaisessa urakassa on omat erityispiirteet. Myös suoritemäärät vaihtelevat jonkin verran urakoittain. Urakat ovat jaettuna kahteen eri hoitokauteen, talvi- ja kesähoitokauteen. Talvihoitokausi ajoittuu normaalisti aikavälille 1.10.–30.4. ja kesähoitokausi alkaa 1.5. ja päättyy 30.9. Tästä voidaan urakkakohtaisesti poiketa, jos maantieteellisestä sijainnista johtuva ilmasto sitä vaatii.

Talvihoitokaudella työt painottuvat maanteiden liikennöitävyyden varmistamiseen aurauksen ja liukkauden torjunnan avulla. Myös muita hoitotöitä tehdään tarvittaessa ja keliolosuhteiden niin salliessa tai vaatiessa. Muita hoitotöitä on esimerkiksi päälysteiden paikkaukset ja sulamisvesien torjunta erilaisilla toimenpiteillä. Myös sorateiden kevät- ja syysmuokkaukset ajoittuvat yleensä ainakin osittain talvihoitokaudelle. Muokkauksilla pyritään saamaan tien pintaan haluttu kaltevuus sulamis- ja pintavesien torjumiseksi sekä tasamaan tien pintaan muodostuneet kuopat.

Valtion maantieverkko jaetaan kuuteen eri talvihoitoluokkaan. Väyläviraston (2023c) mukaan talvihoitoluokan määrittää kyseisen tieosuuden keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL), raskaiden ajoneuvojen KVL sekä tien merkitys. Esimerkiksi moottoritiet ovat korkeimmissa hoitoluokissa, kun taas vähäliikenteiset soratiet ovat alimmissa hoitoluokissa. Hoitoluokka määrittää toimenpideajat ja -rajat talvisin liukkaudentorjunnan ja aurauksen suhteen. Hoitoluokan avulla määritetään myös mitä työmenetelmää käytetään liukkaudentorjuntaan.

Talvihoitoluokka voi myös vaihdella saman tien sisällä, eri tieosuuksien välillä. Esimerkiksi Väyläviraston (2023c) ylläpitämästä karttapalvelusta näkee kantatien 66 Lapualta Orivedelle koostuvan kahdesta tienhoitoluokasta, 1s ja 1b luokista. Lapuan päässä noin 7

kilometriä kuuluu luokkaan 1s, joka asutuksen vähetessä vaihtuu luokkaan 1b ja tie jatkuu aina Kuortaneelle asti alemmassa hoitoluokassa. Kuortaneelta Virroille hoitoluokka kohoaa takaisin 1s-luokkaan ja Virroilta Orivedelle luokka laskee 1b:hen.

Kesähoitokaudelle painottuvat kunnossapitotyöt ovat keskenään erilaisia. Viherhoitotyöt suoritetaan kesähoitokaudella. Viherhoitotöitä ovat esimerkiksi vesakon raivaus ja niitto-työt. Viherhoitotöiden avulla pyritään pitämään maanteiden näkemäalueet riittävinä ja näin ollen parantamaan liikenneturvallisuutta (ELY, 2023c). Viherhoitotöiden avulla myös parannetaan ojien toimivuutta ja pidetään liikennöintialueet siistinä ja selkeinä. Maanteiden hoitourakoiden huolehtiessa maanteiden niitoista ja raivauksista, kuuluu yksityisteiden näkemäalueiden raivaukset tiekunnille.

Sorateilla suoritetaan monenlaisia hoitotoimenpiteitä kesäisin, kuten kulutuskerrosmateriaalien lisäyksiä sorastamalla, pölynsidontaa sekä ojituksia. Kesällä myös korjataan ja puhdistetaan kuivatusrakenteita, kuten rumpuja ja päällystetyillä teillä kaivoja. ELY-keskus (2023b) kertoo verkkosivuillaan maanteiden hoitourakkaan kuuluvan edellä mainittujen lisäksi levähdys- ja P-alueiden sekä bussipysäkkien hoidot, päällysteiden paikkaukset ja liikennemerkkien asennus ja hoito. Sivuilla kerrotaan, että suuremmat parannusprojektit eivät kuulu hoitourakkaa. Tällaisia ovat esimerkiksi siltojen korjaukset, päällysteen uusimiset sekä muut suuremmat rakennusprojektit. Tällaisille töille järjestetään erillinen kilpailutus.

4 SORATEIDEN KUNNOSTUS

4.1 Kelirikko

Liikenneviraston ohjeistus (2014, s.14) määrittelee kelirikon olevan tien pehmenemisestä johtuvaa merkittävää haittaa tien kulkukelpoisuudelle. Tien pehmeneminen voi tapahtua joko tien pinnassa tai syvemmällä tierakenteessa. Pinnan pehmetessä puhutaan pintakelirikosta ja jos pehmeneminen tapahtuu syvemmällä, on kyseessä runkokelirikko. Sorateilla kelirikkoa esiintyy syksyisin ja keväisin. Kelirikon suurin aiheuttaja on tierakenteen liiallinen kastuminen ja liian hidas kuivuminen. Kelirikon aikana liikenne pehmittää vettynyttä rakennetta entisestään. Juurisyy kelirikon aiheuttamille ongelmille on aina joko liiallinen kosteusrasitus, puutteellinen kuivatus, liian ohuet rakennekerrokset tai useimmiten näiden edellä mainittujen tekijöiden yhteisvaikutus. Ennakoivasti kelirikkoa voidaan torjua kelirikkokorjauksin.

Kelirikkoa voidaan ennaltaehkäistä kuivatuksen toiminnan varmistamisella monin eri menetelmin. Tieprofiilin riittävä sivukaltevuus ohjaa sulamis- ja sadevedet tien sivuosiin, josta veden tulisi päästä kulkeutumaan pois tierakenteesta. Sivuojiin toimintaa voi heikentää ojien puutteellinen kaato, tien alitusrumpujen ja liittymärumpujen puutteellinen toimivuus, sekä laskuojien toimimattomuus. Veden pääsyä tielle voidaan vähentää keväisin sulamisvesien torjunnalla esimerkiksi pitämällä tien lumipolanne mahdollisimman ohuena ja tekemällä sohjo-ojia.

Kelirikkoa voidaan torjua kelirikon aikana asettamalla tielle väliaikainen painorajoitus, koska raskaat kuorma-autot ovat omiaan heikentämään tien kuntoa entisestään (Väylävirasto, 2023b). Yleisin painorajoitus on 12 tonnia ja poikkeustapauksissa painorajoitus voidaan asettaa neljään tonniin. Tämän lisäksi kelirikon aikana pahoin vaurioitunut tie on kalliimpi korjata. Tielle voidaan ajaa myös kelirikkomursketta, joka sitoutuu tien löysään pintakerrokseen ja näin ollen parantaa tien kantavuutta. Kelirikkomurskeena voidaan käyttää rakeisuudeltaan joko # 0–16 tai # 0–32 millimetrin mursketta. Kuvassa 4 näkyy kelirikkomurskeen raja, jolla on pyritty varmistamaan tien liikennöitävyys ajamalla kelirikkomursketta tien löysimmille paikoille.



Kuva 4. Kelirikkomurskeen raja soratiellä.

4.1.1 Kelirikkokorjauksen toteutusmenetelmä

Liikenneviraston (2014, s. 56–57) ohjeistuksessa kerrotaan sorateiden runkokorjausten tyypillisimmän korjausmenetelmän olevan keskiraskas korjausmenetelmä. Keskiraskaassa korjausmenetelmässä tien pinnalle asennetaan N3-luokan suodatinkangas, jonka päälle lisätään tien rakennekerroksia 20–30 senttimetriä. Rakennekerrosten päälle lisätään vielä noin 10 senttimetrin vahvuinen kulutuskerros hienommasta kiviainesta. Ennen kankaan asennusta ja uusien murskekerrosten lisäämistä tulee vanha kulutuskerros poistaa ja tien pinta höylätä oikeaan kaltevuuteen, kuten ohjeistuksessa on esitetty.

Tässä työssä esitetyn runkokelirikkokohteen lisättävät rakennekerrokset olivat hieman ohuemmat kuin liikenneviraston ohjeistuksessa esitellyn keskiraskaan korjaustavan ohjeelliset kerrosvahvuudet. Tien rakennekerroksia vahvistettiin kalliomurskeella, jonka rakeisuus oli # 0–32 millimetriä ja kerrosvahvuus 15 senttimetriä. Kulutuskerrokseksi levitettiin hienompaa kalliomursketta, jonka rakeisuus oli # 0–16 millimetriä ja kerrosvahvuus 7 senttimetriä.

Valmiin tienpinnan tavoiteleveudeksi oli asetettu 6,5 metriä tilaajan toimesta, jotta tie olisi riittävän leveä turvalliseen liikennöintiin. Toisaalta tie ei saa olla paljon tavoitelevyettä leveämpi, koska sorateillä on tapana levetä ajan saatossa. Tien levetessä sivuojat tukkiutuvat ja kuivatusjärjestelmä lakkaa toimimasta. Tien leveys mitattiin ennen projektin aloitusta. Lähtötiedoissa tien keskimääräinen leveys oli noin 7,4 metriä. Tämä koettiin hyväksi asiaksi, sillä runkokelirikkojen korjauskohteissa tien profiilin noustessa tiet kaventuvat väkisinkin.

Kohde, johon GNSS-mittausta sovellettiin, toteutettiin seuraavasti: aluksi tien pinta tasattiin ja vanha kulutuskerros poistettiin tiehöylällä. Vanha kulutuskerros höylättiin tien reunoille tukipenkoiksi. Tukipenkkojen avulla uusi murske asettuisi tielle paremmin, eikä lähtisi valumaan reunoilta ojiin. Tämän jälkeen tien pinnalle asennettiin N3-luokan suodatinkangas, jotta uusi kalliomurske ei sekoittuisi paljon routivan pohjamaan kanssa. Kankaan päälle levitettiin murskekerrokset kuorma-autoilla.

Murskeen levityksessä kuorma-auton kuljettaja levittää murskeen itse suoraan auton lavalta. Tällä tavoin murske saadaan levitettyä kustannustehokkaasti tielle ilman, että tarvitaan erillistä kalustoa murskeen levitykseen. Ongelmana kyseisessä työmenetelmässä on se, että tasaisen kerrosvahvuuden saavuttamiseksi tulee kuljettajan hallita kyseinen toimintatapa. Kokemattoman kuljettajan jäljiltä kerrosvahvuudet voivat vaihdella tiellä pituus-suunnassa merkittävästi. Myös tien reuna-alueiden täyttö on vaikeaa suoraan kuorma-autolla. Reunojen täyttöön on syytä ottaa avuksi myös jokin toinen työkone, kuten traktorin lana tai tiehöylä.

Tasaisen lopputuloksen varmistamiseksi tässä projektissa murske levitettiin lopuksi haluttuun leveyteen kerroksittain tiehöylällä. Tällä tavoin tavoiteleveys täyttyy varmemmin ja saadaan varmistettua tasaisemmat kerrosvahvuudet. Tiivistys tapahtui tässä projektissa puhtaasti liikenteen avulla. Murskekerrosta tiivistää työn edetessä niin työmaaliikenne kuorma-autoilla, tiehöylillä ja kaivinkoneilla kuin myös tavallisten tienkäyttäjien muodostama liikenne, sillä tietä ei suljettu liikenteeltä projektin ajaksi. Lopuksi tien parannettu osuus ojitettiin uusiksi kaivinkoneella. Ojituksen yhteydessä toimimattomat liittymä- ja alitusrummut uusittiin ja tien luiskat muotoiltiin.

Tielle suoritettiin laadunvarmistusmittaukset perinteisillä laadunvarmistusmenetelmillä, sekä GNSS-mittauksen avulla. Näin ollen mittausten hyötyjä ja pulmia voitaisiin vertailla paremmin, kun mittaukset olivat toteutettu samalle projektille. Lisäksi projektilla käytettävistä kiviaineksista tuli toimittaa tilaajalle rakeisuuskäyrät.

4.1.2 Kelirikkokorjauksen perinteinen laadunvarmistusmenetelmä

Perinteisesti laadunvarmistukseen on käytetty mekaanisia mittausmenetelmiä. Rakennekerrosten syvyys on mitattu kaivamalla koekuoppa, josta kerrosvahvuus on mitattu. Koekuopat on opastettu Tiehallinnon selvityksessä (2005, s. 47) mittaamaan tekemällä viiden kuopan mittaussarja jokaista kahta korjattavaa tiekilometriä kohden. Kuoppien tulisi selvityksen mukaan sijaita eri puolilla tien poikkileikkausta, molempien ajosuuntien ajourilla ja tien keskiharjalla. Ajourien kohdalla uusi murske on kaikista parhaiten tiivistynyttä ja antaa näin ollen luotettavimman tuloksen. Säännöllinen mittausväli osoittaa, onko pituusleikkauksessa joihinkin paikkoihin tarve lisätä mursketta.

Koekuopan kaivu on suhteellisen nopea laadunvarmistusmenetelmä silloin, kun käytettävä murske on raekooltaan suhteellisen pientä ja rakennekerrokset ohuita. Rakennekerrosten paksuuden ja raekoon kasvaessa koekuopan kaivu lapiolla vaikeutuu ja hidastuu ja näin ollen kustannukset kasvavat. Tästä syystä koekuoppamittaus voi olla joko nopeampi tai hitaampi, kuin GNSS-paikannuksen avulla suoritettu mittaus. Nopein mittaustapa näin ollen vaihtelee korjaukseen käytettävän murskeen ominaisuuksien mukaan. Koekuopan kaivamiseen voi käyttää myös konetta, esimerkiksi pientä kaivinkonetta. Kaivinkoneen käyttö tuo kuitenkin lisäkustannuksia.

Tutkimuksessa esille nousseita hyötyjä perinteisessä koekuoppamittauksessa on sen toimintavarmuus, sillä kuoppa näyttää aina juuri sen kohdan oikean syvyyden. Perinteistä koekuoppamittausta käytettäessä tulee mittausmäärän olla riittävän suuri molemmilta ajoradoilta. Tiehallinnon vähimmäisvaatimusten mukaan koekuoppia tehtäessä tulee kahdelle kilometrille vain viisi mittauspistettä, joka on tämän työn tekijän mielestä melko vähän.

Kyseisellä projektilla perinteinen mittaus on suoritettu kaivamalla yksi tarkastuskuoppa tien poikkileikkauksessa sijaintia vaihdellen, jalkamitalalla mitattuna noin 50 metrin välein.

Korjattavaa tietä oli 1980 metriä, kolmessa eri osassa. Tälle etäisyydelle mittauspisteitä tuli 34 kappaletta, joten keskimääräinen mittauskuoppien välinen etäisyys oli todellisuudessa noin 58 metriä. Näin ollen kuoppien välinen etäisyys oli hiukan enemmän kuin oli tarkoitettu, mutta silti kuoppia tehtiin vielä huomattavasti enemmän kuin vähimmäisvaatimuksessa on esitetty. Jokaisesta mitattavasta kuopasta otettiin valokuva (kuva 5). Kuva tallentuu urakoitsijan omiin järjestelmiin ajankohdan, sekä puhelimen GPS tarkkuuden mukaisen sijainnin kanssa. Näiden valokuvien pohjalta tehtiin mittauspöytäkirja.

Aikaa perinteiseen koekuoppamittaukseen, sekä pöytäkirjan tekoon meni tällä projektilla noin 6 työtuntia. Välineiksi tarvittiin rullamitta, lapio, rautakanki ja suora laudan pätkä. Laudan avulla pystytään määrittämään rakennekerroksen yläpinta koekuopan kohdalla.



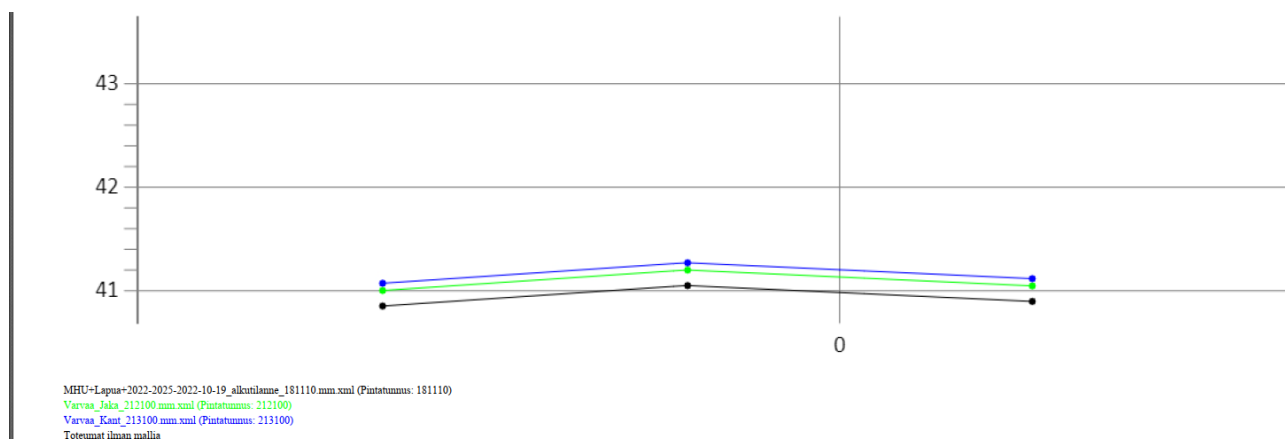
Kuva 5. Koekuopasta otettu kuvadokumentaatio.

Lisäksi tien kulutuskerroksen valmis leveys mitattiin rullamitalla, jotta voitaisiin varmistua riittävästä liikennöintileveydestä. Mittauksia suoritettiin noin 50 metrin välein, ja yhtä korjausosiota kohti tehtiin vähintään kolme leveysmittausta. Näin ollen pystyttiin varmistamaan jokaisen korjausosion leveys alussa, lopussa ja keskellä.

4.1.3 Kelirikkokorjauksen laadunvarmistus GNSS-mittalaitteen avulla

Mittalaitteella laadunvarmistusmittausten lähtötiedoksi tarvittiin olemassa olevan pinnan korko. Tämä mitattiin mittatikun avulla ottamalla tien poikkileikkauksesta kolme mittapistettä kymmenen metrin välein. Mittapisteen olivat tien reunoilta sekä harjalta, jotta tien todellinen muoto saataisiin mallinnettua mahdollisimman realistisesti. Lähtötietojen mittauksen pohjalta luotiin mallit, monistamalla olemassa olevan tien pinnan mitatut lähtöarvot halettujen rakennekerrosten paksuuden verran ylöspäin. Kuviossa 5 on valmiit mallinnetut rakennekerrokset tien poikkileikkauksessa. Rakennekerrokset on nimetty virheellisesti kantavaksi- ja jakavaksi kerrokseksi, mutta käytännön toteutusta tämä ei haitannut.

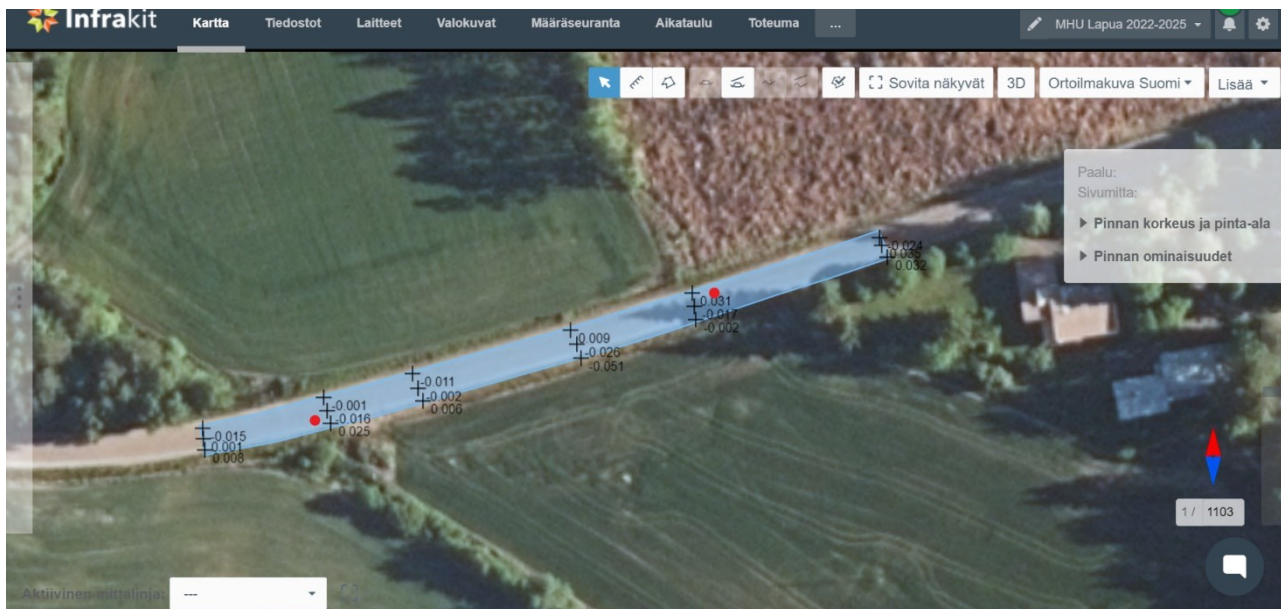
Ongelmaksi lähtötietoja mitatessa muodostui vanhasta kulutuskerroksesta tehdyt tukipenkat tien reunoilla. Todellista leveyttä ei pystynyt mittaamaan, vaan tien reunat mitattiin tukipenkkojen vierestä. Lähtötietojen avulla mallinnettu pintamalli ei näin ollen ole yhtä leveä kuin tien todellinen pinta. Tämän takia tien leveyden määrittäminen paikan päällä mittatikun avulla ei onnistunut. Tällä projektilla tyydyttiin siis rullamitalla suoritettuun leveysmittaukseen ja pyrittiin keskittymään mittatikun hyödyntämiseen kerrosvahvuuksien mittauksessa.



Kuvio 5. Poikkileikkaus valmiista mallista.

Kerrosvahvuudet mitattiin mittatikulla noin 20 metrin välein tien pituussuunnassa suoritamalla toteumamittaus aina tien reunoilta ja harjalta. Tällä mittaustavalla saatiin kyseiseltä projektilta noin 290 toteumamittauspistettä kustakin rakennekerroksesta. Tämä on

yli kahdeksankertainen määrä verrattuna koekuoppamittauksiin. Esimerkiksi projektin alussa sijainneella 70 metriä pitkällä korjattavalla tieosuudella mittalaitteen toteumamittauksia oli 18 kappaletta kustakin rakennekerroksesta, kun taas koekuoppia 2 (kuvio 6).



Kuvio 6. Haivannekuva toteumamittauksien määrästä suhteessa koekuoppiin.

GNSS-mittauksia suorittaessa ongelmaksi muodostui paikoin tiheä puusto. Kuvassa 6 näkyvällä kuusikon välissä olevalla tieosuudella oli vaikea saada signaalia mittatikulle ja näin ollen luotettavaa mittaustulosta. Projekti sijaitsi pääosin aukeilla, peltojen ympäröimillä alueilla. Aukeilla tieosuuksilla mittaus oli helpompaa paremman signaalin ansiosta.



Kuva 6. Tien ympäröimä tiheä puusto häiritsi signaalia.

Kerrosvahvuuksien mittaaminen sujui pääosin projektilla ongelmitta ja projektin lopussa suoritettu mittaustulosten vertailu perinteisen laadunvarmistuksen ja GNSS-paikannuksen välillä osoitti tulosten täsmäävän keskenään. Mittatikulla suoritettuun mittaukseen aikaa kului projektilla noin 12 työtuntia, joista 8 kului lähtötietojen hankkimiseen.

4.2 Sorateiden muita kunnossapitotöitä

Yksi useimmin toistuvista sorateiden kunnossapitotöistä on ojitus. Ojituksen tavoitteena on pinta- ja sulamisvesien onnistunut pois ohjaaminen tierakenteesta. Ojituksessa mittalaitteita voidaan hyödyntää ojan kaatojen varmistamisessa. Kaivinkoneiden mittalaitteiden yleistyessä myös koneiden kuljettajat pystyvät yhä enemmän reaaliaikaisesti seuraamaan ojen kaatoja varsinkin paikoissa, missä kallistukset ovat pieniä.

Ojituksen yhteydessä ilmenee joskus tarpeita uusille tierummuille. Näiden rumpujen optimaalisimmat asennuspaikat ovat melko helppo ja nopea selvittää GNSS-mittalaitteen avulla. Kyseisellä mittalaitteella saadaan selville notkot, joista vesi voi olla erittäin

haastavaa ja kallista saada pois ilman uutta alitusrumpua. Kyseisen mittalaitteen avulla saadaan myös selville, pystytäänkö vesi johtamaan pois tien toiselta puolelta ongelmitta. Myös rikkoutuneiden rumpujen uusimisessa voidaan hyödyntää mittalaitteita sopivan korkeusaseman selvittämisessä. Tämä toki voidaan suorittaa myös tasolaserin avulla, jolloin ei tarvita satelliittiyhteyttä ja työt saadaan suoritettua halvemmilla ja yleisemmillä mittalaitteilla.

Raskaampiin korjaustoimenpiteisiin ryhdytään sorateillä harvoin. Maantieverkon ylläpitoon varatut rahat pyritään optimoimaan tarpeiden ja teiden merkittävyyden mukaan. Sorateiden ollessa melko vähäliikenteisiä pyritään niitä ylläpitämään pienemmällä rahamäärillä. Yleensä soratien kuntoa parannetaan yllä esitetyllä keskiraskaalla korjaustavalla. Raskaampi korjaustapa olisi massanvaihto. Massanvaihdon periaatteita päällystetyille tielle käsitellään seuraavassa luvussa, mutta ne ovat kuitenkin sorateillekin samat.

5 PÄÄLLYSTETTYJEN TEIDEN KUNNOSSAPITO

5.1 Massanvaihto

Tierakenteen kantavuuden parantamiskeinona voidaan käyttää massanvaihtoa. Massanvaihtoa voidaan suorittaa uuden tierakenteen tekemisessä kantavuuden lisäämiseksi, sekä korjausmenetelmänä vaurioituneelle tielle. Massanvaihto suoritetaan vaurioituneelle tierakenteelle useimmiten niin kutsuttuna osittaisena massanvaihtona. Osittaisessa massanvaihdossa kaivetaan olemassa olevat rakenteet määräsyyvyteen asti pois ja korvataan ne uusilla, paremmin kantavilla tierakenteilla (Liikennevirasto, 2011, s.11).

Tutkittavalla kohteella massanvaihto suoritettiin vaurioituneelle tierakenteelle. Tien päällyste oli pahoin vaurioitunut (Kuva 7) tierakenteen heikon kantavuuden vuoksi. Tielle suoritettiin massanvaihto kohtaan, jossa havaittiin eniten kantavuuspuutteita. Massanvaihto suoritettiin 305 metriä pitkälle osuudelle kahdella erilaisella kerrosvahvuudella. Ensimmäiset 155 metriä toteutettiin tekemällä jakava kerros 40 senttimetriä paksuna, ja lopulle 150 metrille tehtiin jakava kerros 60 senttimetriä paksuna. Muuten rakennekerrokset olivat samat. Lisäksi hankkeen aikana parannettiin tieosuuden kuivatusta ojituksella, liittymärumpujen uusimisella sekä tien alittavien rumpujen uusimisella ja lisäämisellä.



Kuva 7. Tierakenteen huonokuntoisuus vaikutti merkittävästi tien käytettävyyteen.

Työ toteutettiin poistamalla heikosti kantava maa-aines määräsivyyteen asti, jonka jälkeen vanhan tierakenteen päälle asennettiin suodatinkangas. Suodatinkankaan päälle tehtiin jakava kerros kalliomurskeesta, joka oli rakeisuudeltaan # 0–100 millimetriä. Jakavan kerroksen päälle asennettiin lujiteverkko, joka lisää tien kuormituskestävyyttä ja ehkäisee muodonmuutoksia. Lujiteverkon päälle tehtiin kantava kerros 20 senttimetriä paksuna koko rakenteelle kalliomurskeesta, joka oli rakeisuudeltaan # 0–32 millimetriä. Kantavan kerroksen päälle tuli uusi päällyste.

Ennen töiden aloitusta vanhan tien yläpinta mitattiin GNSS-mittalaitteella, sillä uuden päällysteen yläpinnan tuli olla samassa kohdassa niin korkeus- kuin sivusuunnassa. Myös tien yläpinnan kaltevuudet haluttiin säilyttää saman kaltaisina kuin aiemmin ja tämä oli mahdollista mittausaineiston avulla. Tätä mittausaineistoa käytettiin myös suunnittelun pohjalla rakennekerroksia mallintaessa.

Työn aikana kustakin rakennekerroksesta tehtiin toteumamittauksia Yleisten inframallivaihtimusten ohjeen mukaisesti, eli 20 metrin välein. Mittaukset suoritettiin kustakin rakennekerroksesta jokaisesta taitekohdasta. Toteumamittausten lisäksi GNSS-mittatikulla seurattiin jatkuvasti työn etenemistä ja suunniteltujen rakennekerrosten toteutumista, sillä kaivinkoneessa ei ollut koneohjausjärjestelmää käytössä. Jatkuvalla seurannalla välttyttiin ylitäytöiltä ja varmistettiin kaivuiden oikea syvyys. Lisäksi kaivinkonekuljettavan avuksi massanvaihdon alueelle asennettiin korkolaput, joihin oli merkattu tien harjan korkeusasema kaikissa rakennekerroksissa. Korkolaput asennettiin tien molemmin puolin 20 metrin välein, jotta jatkuva seuraaminen olisi kaivinkonekuljettajalle helpompaa. Tien ollessa mutkainen ja näin ollen tien kaltevuuksien muuttuessa jatkuvasti korkolapuista ja paperisista poikkileikkauskuvista oli kuitenkin haastavaa seurata tien kaltevuuksia. Näin ollen GNSS-mittalaitteen avulla päästiin tarkemmin haluttuun lopputulokseen. Lisäksi työnaikainen seuranta oli nopeampaa ja sujuvampaa, verrattuna tasolaserilla suoritettuihin tarkastusmittauksiin.

Toteumamittausten avulla pystytään helposti todentamaan tehdyn massanvaihdon määrä. Mittausten avulla pystytään laskemaan todelliset kuutiomäärät jälkikäteen ja tällä tavoin suorittaa jälkilaskentaa parannelulle rakenteelle. Lisäksi toteumamittausten avulla voidaan helposti ja yksiselitteisesti osoittaa massanvaihdon alku- ja loppusijainnit.

Mittatikkua hyödynnettiin projektilla myös ojien kallistusten selvittämisessä. Joidenkin uusimattomien rumpujen välillä korkeuserot oli melko pienet ja näin ollen ojan toiminnan varmistamiseksi tuli ojan pohjan kaatokin olla pieni ojituksen jälkeen. Mittaamisen avulla haluttuun lopputulokseen pääsi kerralla ja kustannustehokkaasti. Lisäksi mittaamalla paikannettiin notkoja, joihin vesi kerääntyi. Veden kerääntyessä vanha kuivatusrakenne ei toiminut. Näihin paikkoihin asennettiin uusi tien alittava rumpu, jotta kuivatus toimisi jatkossa halutulla tavalla.

5.2 Kuivatussuunnitelma

GNSS-mittatikkua kokeiltiin hyödyntää myös kuivatussuunnitelman tekemisessä. Kuivatussuunnitelma toimi suunnitelmana myöhemmin toteutettavassa olemassa olevan moottoritien ojituksessa. Kohdealue oli noin 8 kilometriä pitkä osuus moottoritiestä, jossa oli valmiit kuivatusjärjestelmät. Tilaaja halusi, että ojituksessa hyödynnettäisiin koneohjauslaitteita. Koneohjauslaitteistoa haluttiin käytettävän, koska ojissa oli huomattavan pienet kallistukset. Kuivatussuunnitelma käsittää moottoritien sivuojat, ajoratojen välissä olevan viheralueen sekä moottoritien liittymät.

Kuivatussuunnitelman teko aloitettiin kartoittamalla olemassa olevat kuivatusrakenteet, kuten rummut ja kaivot. Lähtötietoina toimivat moottoritien rakentamisen aikaiset suunnitelma-asiakirjat sekä tilaajan luovuttama aineisto olemassa olevista rummuista ja kaivoista. Kyseisistä aineistoista koostettiin lista, jossa oli kirjattuna kaikki tiedossa olevat kuivatusrakenteet. Mittalaitteen tarkastusmittauksia varten moottoritielelle asennettiin 8 tarkastusnastaa, jotka erillinen mittausurakoitsija kävi asentamassa. Mittanastalta tarkastettiin mittalaitteen tarkkuus joka päivä mittauksia aloitettaessa, sekä aina ohi kuljettaessa.

Tämän jälkeen ojan pohjat mitattiin GNSS-mittatikun avulla siten, että ojanpohjasta otettiin toteumamittaus noin 20 metrin välein. 20 metrin mittausvälin ajateltiin olevan riittävän tiheä ojan kallistusten mittaamiseen sekä olemassa olevien vedenjakajien riittävän tarkkaan paikantamiseen. Lisäksi kaikkien olemassa olevien laskuojien sekä rumpujen vesijuoksuista suoritettiin toteumamittaus, jotta saatiin selville mihin vesi tulisi purkautua tien varsista. Mittauksissa ongelmalliseksi muodostui ajoratojen välisen viherkaistan katkaisevat kääntöpaikat. Kääntöpaikkojen korkeusasema oli suunnilleen sama kuin tienpinnan. Tämän takia

kääntöpaikkojen kuviteltiin olevan vedenjakajia. Joistain kääntöpaikoista kuitenkin löytyi alitusrummut, joten täytyi suorittaa myös näiden alitusrumpujen vesijuoksujen mittaukset.

Lähtötietoja kerätessä toteumapisteitä muodostui yhteensä 1570 ja näiden avulla pystyttiin muodostamaan kattava kokonaiskuva moottoritien kuivatuksesta ja sen suunnitellusta toiminnasta. Kuivatussuunnitelma ei kuitenkaan ehtinyt valmistua ennen opinnäytetyön valmistumista.

5.3 Muita kunnossapitotöitä, joissa GNSS-mittalaitteita voisi hyödyntää

Maantieverkolla olevia alitusrumpuja joudutaan uusimaan tarpeen vaatiessa. Uusimistarve johtuu useimmiten betonirenkaiden liikkumisesta. Renkaiden liikkuesssa rumpuun valuu maa-aineksia, jotka tukkivat rummut. Joskus myös teräs- ja muovirumpuja joudutaan uusimaan niiden tullessa käyttöikänsä päähän. Joskus uusimistarve voi johtua myös ympäröivän maaston ojituksista. Ojituksen takia alitusrumpu voi olla korkeammalla, kuin ympäröivän maaston ojanpohjat. Tällöin alitusrumpu alkaa padottaa vettä, mikä puolestaan kastelee tierakenteen ja ympäröivän maaston. Tällaisissa tilanteissa olemassa olevan rummun vesijuoksu on helppo mitata GNSS-mittatikulla ja tarvittaessa kartoittaa myös ojan pohjien korkeusasemat. Näiden tietojen pohjalta pystytään suunnittelemaan uuden rummun vesijuoksu.

Uuden rummun asennuksen jälkeen mittatikulla saadaan myös toteumamittauksen avulla uuden rummun tarkka sijainti niin x-, y- ja z-koordinaattien suhteen. Tämä puolestaan helpottaisi jatkossa rummun paikannusta maastossa. Valtion tieverkolla on olemassa toki tieosoite järjestelmä, jonka avulla pystytään paikantamaan sijainti tiellä. Rumpujen sijainti ilmoitetaankin nykyään tieosoitteen avulla, mutta ilmoitustarkkuus on yleensä joidenkin metrien luokkaa. Varsinkin talvella lumen seasta rumpua etsittäessä useiden metrien heitto aiheuttaa huomattavia lisäkustannuksia, koska rummun etsintä kestää paljon kauemmin.

Hulevesikaivoja uusittaessa tiealueella GNSS-mittalaitetta pystyttäisiin myös hyödyntämään. Mittalaitteen avulla pystyttäisiin selvittämään tien päällysteen korkeusasema ja näin ollen asentamaan kaivo optimaalisimmalle paikalle, jolloin pystyttäisiin ehkäisemään sade- ja sulamisvesien lammikoitumista. Kaivon sijainti pystyttäisiin tallentamaan

toteumamittauksen avulla, mikä puolestaan helpottaisi mahdollisia puhdistus- tai sulatus-tarpeita. Jos kaivosta lähtevä purkuputki menisi suoraan ojaan, saataisiin purkuputkenkin pään koordinaatit tallennettua toteumamittauksen avulla. Tämä lisäisi hoitotoimenpiteiden kustannustehokkuutta, kun purkuputken pään sijaintia ei tarvitsisi aina selvittää uudelleen.

6 YHTEENVETO

Tässä työssä tutkittiin GNSS-mittalaitteiden hyödyntämismahdollisuuksia maanteiden kunnossapitotöissä. Työssä tutkittiin sellaisia töitä, joita esiintyy maanteiden hoitourakoissa. Näissä töissä ei ainakaan toistaiseksi ole GNSS-mittalaitteita vaatimuksia laadunvarmistuksessa tai työn toteuttamisessa.

Tutkituissa kunnossapitotöissä havaittiin sekä hyviä että huonoja puolia GNSS-mittalaitteiden käytöstä. Hyviksi puoliksi havaittiin työn tarkkuuden paraneminen ja tämän avulla kustannustehokkuuden lisääntyminen. Myös mittaustöistä jäävät dokumentit ovat tarkkuudeltaan parempia ja pysyvät varmemmin tallessa pilvipalveluiden avulla, kuin perinteisesti työn toteutuksesta jäävät dokumentaatiot. Havaittuja haasteita kyseisten mittalaitteiden hyödyntämiseksi olivat maanteilla paikoittain esiintyvä tiheä puusto tien ympärillä, joka aiheuttaa katvealueita satelliittiyhteyteen. Laitteiden korkeasta hankinta- ja ylläpito hinnasta johtuva laitteiden vähyyks kunnossapitotöissä myös vaikeuttaa satelliittipaikannukseen perustuvien mittalaitteiden hyödyntämistä. Laitteiden käytön vaatimassa ammattitaidossa on myös vielä paljon kehitettävää kunnossapitotöissä.

Kelirikkokorjauksessa suoritettujen laadunvarmistusmittaukset olivat yhtä tarkat kuin perinteisessä koekuoppa menetelmällä suoritettujen mittaukset. GNSS-mittalaitteen avulla mittauspisteitä saatiin kuitenkin yli kahdeksan kertaa enemmän ja näin ollen saadaan kattavampi ja luotettavampi kuva koko korjatun rakenteen rakennekerrosten vahvuudesta. Aikaa mittauksiin kului GNSS-mittalaitteen avulla noin kaksinkertainen määrä verrattuna koekuoppamittauksiin. GNSS-mittalaitteen hyödyntämisessä kehitettävää jäi vielä tien leveyden tarkkaan mittaamiseen ja työn tekijän mielestä tätä kannattaisikin tutkia enemmän. Tien leveyden tarkan määrittämisen avulla mittalaitteella pystyttäisiin määrittämään myös lisättyjen rakennekerrosten tilavuus ja leveydet saataisiin ilman mittanauhan käyttöä.

Massanvaihdossa havaittiin GNSS-mittalaitteen helpottavan tarkkojen kaivussyvyyksien määrittämistä. Mittalaitteen avulla vältyttiin liian syviltä kaivuilta, joita meinasivat syntyä pelkkien korkolappujen ja paperisten paalukohtaisten poikkileikkauksien avulla kaivettaessa. Kun kaivussyvyys pysyi suunnitellussa lisäsi tämän työn kustannustehokkuutta, kun ei tarvinnut tehdä ylimääräisiä täyttöjä. Työnsuunnittelu täyttötöiden osalta helpottui täyttömäärien

pysyessä suunnitelluissa, jolloin pystyttiin optimoimaan tarvittava ajokalusto sekä massamäärät tarkemmin. Työnjohto pysyi paremmin ajan tasalla työn etenemisestä ja pystyi näin ollen ennakoimaan paremmin tulevat työvaiheet.

Ojituksessa havaittiin myös mahdollisuus GNSS-mittalaitteiden ja koneohjauksen hyödyntämiselle. Ojituksessa suurin hyöty olisi pienien kallistusten sovittaminen pitkälle matkalle. Myös kaivumääriä saataisiin optimoitua koneohjauksen avulla, jolloin työn tehokkuus voisi parantua. Toisaalta ojituksessa pienet kallistukset, jotka ei ole silmämääräisesti havaittavissa on mahdollista selvittää myös halvemmilla ja yleisemmillä mittalaitteilla. Halvempi tähän soveltuva laite on esimerkiksi tasolaser. Koneohjausjärjestelmien ja GNSS-mittatikkujen hankinta- ja ylläpitokustannusten takia on työn tekijän mielestä epätodennäköistä, että ojituksessa aletaan hyödyntämään mittalaitteita. Mittalaitteiden yleistymistä vauhdittaisi työn tekijän mielestä se, jos tilaaja asettaisi vaatimukset mittalaitteiden ja koneohjausjärjestelmien käytölle.

Kaivojen ja maantien alitusrumpujen uusimisessa GNSS-mittalaitteen suurimmat hyödyt havaittiin olevan tarkassa dokumentaatioissa. Mittalaitteen avulla pystyttäisiin tallentamaan tarkat koordinaatit kyseisistä kuivatusrakenteista, jotka helpottaisivat mahdollisia hoito- ja korjaustoimenpiteitä. Mittalaitetta pystyttäisiin hyödyntämään myös ympäröivien pintojen ja ojien korkeusasemien selvittämisessä. Korkeusasemien mittauksiin voisi yhtä hyvin käyttää esimerkiksi tasolaseria, mutta GNSS-mittalaitteen avulla dokumentaatio paranisi.

Tämän työn tavoitteena oli kartoittaa erilaisia maanteiden hoitotöitä, joissa GNSS-mittalaitteita voitaisiin hyödyntää. Tällaisia työvaiheita löydettiin, ja huomattiin kyseisen mittalaitteen helpottavan työn seuranta ja työnjohdon työn suunnittelua tämän kautta. Myös dokumentaatio oli laajempaa sekä työn jälki tarkempaa, kuin ilman mittalaitetta. Mittalaitteen havaittiin kuitenkin olevan työläämpi ja hitaampi testatuilla projekteilla, kuin perinteiset mitausmenetelmät. Työn tekijän mielestä GNSS-mittalaitteen hyödyntämistä kannattaa harkita ennemminkin projektikohtaisesti, kuin ajatella että sitä kannattaisi hyödyntää joka kunnossapitotyöhön. Esimerkiksi kelirikkorjauksissa työn tekijän mielestä on järkevää käyttää GNSS-mittalaitetta laadunvarmistuksessa silloin, kun rakennekerrokset ovat paksuja ja käytetty murske on raekooltaan suurta. Muuten mittalaite on huomattavasti hitaampi ja työläämpi laadunvarmistusmenetelmä.

Työn tekijä uskoo, että GNSS-mittalaitteet eivät tule yleistymään kunnossapitotöissä, ennen kuin tilaaja alkaa sitä vaatimaan. Laitteet ovat kalliita ja urakoitsijat eivät koe niitä tarpeellisiksi, koska kukaan ei niiden käyttöä vaadi. Jatkotutkimuksia aiheen suhteen kannattaisi kuitenkin työn tekijän mielestä tehdä, koska teknologia kehittyy jatkuvasti ja koneohjauslaitteet sekä GNSS-mittaus yleistyvät jatkuvasti. Eräänä potentiaalisena tutkimusaiheena olisi GNSS-mittalaitteiden hyödyntämisen kustannussäästöt pitkällä aikavälillä, sillä laadunvarmistuksen ja tämän kautta laadun ja dokumentaation parantuessa voitaisiin jatkossa toimenpiteet optimoida tarkemmin ja tämän avulla saavuttaa kustannussäästöjä niin tilaajalle kuin myös urakoitsijalle.

LÄHTEET

Aho, S., Saarenketo, T., & Kolisoja, P. (2005). *Kelirikkokorjausten suunnittelu ja rakentaminen: Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito -tutkimusohjelma*. Tiehallinto.

<https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/139292/4496tie.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Building smart finland. (4.10.2021). *Yleiset inframallivaatimukset YIV*. [bSF Drive \(buildingsmart.fi\)](https://www.bsfdrive.fi/buildingsmart.fi)

Destia. (2022). *Destia vuosikertomus 2021*. https://www.destia.fi/app/uploads/2022/05/destia_vuosikertomus_2021_fi.pdf

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY-keskus). (02.05.2023a). *Kunnossapito*. https://www.ely-keskus.fi/kunnossapito2/-/categories/-1?p_r_p_reset_Cur=true&p_r_p_categoryId=-1#ely-region-selection

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY-keskus). (14.09.2023b). *Kunnossapito: Tienpidon painopiste kunnossapidossa*. <https://www.ely-keskus.fi/-/var-teiden-kunnossapito>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY-keskus). (14.09.2023c). *Niitot ja vesakonraivaukset*. <https://www.ely-keskus.fi/niitot-ja-vesakonraivaukset>

Geotrim Oy. (i.a.-a). *Käsikeilaimet*. <https://geotrim.fi/tuotteet/laserkeilaus/kasikeilaimet/>

Geotrim Oy. (i.a.-b). *Spectra Presision DG613/DG613G/DG813, esite ja tekniset tiedot*. [https://geotrim.sharepoint.com/sites/markkinointiaineistot/Tiedostot/DGX13\(G\)_esite_fin_lr.pdf?ga=1](https://geotrim.sharepoint.com/sites/markkinointiaineistot/Tiedostot/DGX13(G)_esite_fin_lr.pdf?ga=1)

Geotrim Oy. (i.a.-c). *Spectra Presision GL422N – Tuotekortti*. <https://geotrim.sharepoint.com/sites/markkinointiaineistot/Tiedostot/022507-409-FI.pdf?ga=1>

Kurikan kaupunki. (i.a.). *Kurikan kaupunki: Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät*. <https://kurikka.fi/wp-content/uploads/2019/05/Kurikan-kaupungin-korkeus-ja-koordinaattij%C3%A4rjestelm%C3%A4.pdf>

Laukkanen, J. (12.1.2017). *Kuinka koneohjaus auttaa maarakennuksen käytännön töissä? – Pahuksen hyvä asia*. Koneviesti. <https://www.koneviesti.fi/huolto-ja-tekniikka/be6da353-15cd-57bb-980e-b3f269c1ecd8>

Laurila, P. (2012). *Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet* (4. uud. p.). Rovaniemen ammattikorkeakoulu.

Liikennevirasto. (13.05.2011). *Massanvaihdon suunnittelu: Tien pohjarakenteiden suunnitteluohjeet*. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2011-11_massanvaihdon_suunnittelu_web.pdf

Liikennevirasto. (31.1.2014). *Sorateiden kunnossapito*. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2014-01_sorateiden_kunnossapito_web.pdf

Liikenne- ja viestintävirasto (Traficom). (i.a.) *Dronea saa lennättää vain sallituilla alueilla*. [Dronea saa lennättää vain sallituilla alueilla | Traficom](#)

Maanmittauslaitos (MML). (i.a.-a). *Korkeusjärjestelmien väliset muunnokset*. <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantunnevalle-kayttajalle/koordinaattimuunnokset/korkeusjarjestelmat>

Maanmittauslaitos (MML). (i.a.-b). *Laserkeilaus ja ilmakuvaus*. <https://www.maanmittauslaitos.fi/laserkeilaus-ja-ilmakuvaus>

Maanmittauslaitos (MML). (i.a.-c). *Satelliittipaikannus*. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematieto/satelliittipaikannus>

Mitta Oy. (i.a.-a). *Laserkeilaus*. <https://mitta.fi/palvelut/mittaus/laserkeilaus/>

Mitta Oy. (i.a.-b) *UAS, fotogrammiset- ja lidarmittaukset*. <https://mitta.fi/palvelut/mittaus/uas-fotogrammetriset-ja-lidarmittaukset/>

Novatron Oy. (i.a.) *Xsite Pad: Täydellinen mittalaite työnjohdolle – Helpota ja nopeuta työsuunnittelua ja mittausta*. <https://novatron.fi/koneohjaus/tyomaanhallinta/xsite-pad/>

Pigsels. (i.a.). Pigsels. <https://www.pigsels.com/en/public-domain-photo-jztwz> CC0

Pixabay. (15.05.2019) Pixabay. <https://pixabay.com/photos/measurement-geodesy-equipment-4204840/> CC0

Tilastokeskus (TK). (i.a.-a). *Tilastoteemakartat: 2.4 Karttaprojektiot*. https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu_v2.xql?page_type=sisalto&course_id=tkoulu_temak&lesson_id=2&subject_id=4

Tilastokeskus (TK). (i.a.-b). *Yhtenäiskoordinaatti*. <https://www.stat.fi/meta/kas/yhtenaiskoordin.html>

Vihavainen, T. (12.5.2020). *Satelliittipaikannuksen nykytila ja kehitysnäkymät*. <https://www.traficom.fi/fi/satelliittipaikannuksen-nykytila-ja-kehitysnakymat>

Väylävirasto. (4.8.2022). *Tieverkko*. [Valtion tieverkko - Väylävirasto \(vayla.fi\)](https://vayla.fi)

Väylävirasto. (14.4.2023a). *Maanteiden hoidon kilpailutus*. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/hankinnat/tieurakat>

Väylävirasto. (14.4.2023b). *Teiden kelirikko ja painorajoitukset* <https://vayla.fi/kunnossapito/tieverkon-kunnossapito/painorajoitukset>

Väylävirasto. (28.4.2023c). *Maanteiden talvihoito kartalla*. [Kartta]. <https://vayla.fi/kunnossapito/tieverkon-kunnossapito/talvihoito>

Yksityistielaki 560/2018. [Yksityistielaki 560/2018 - Ajantasainen lainsäädäntö - FINLEX](https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasainen_lainsaadanto/560_2018)
[®](#)