

# OPINNOISTA KÄYTÄNTÖÖN

Harjoittelu infra- ja ratamittauksen parissa

Kauppi Oskari

Opinnäytetyö

Maanmittaustekniikka  
Insinööri (AMK)

2024

Maanmittaustekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Oskari Kauppi	<b>Vuosi</b>	2024
<b>Ohjaaja</b>	Janne W. Matilainen		
<b>Työn nimi</b>	Opinnoista käytäntöön. Harjoittelu infra- ja ratamittauksen parissa.		
<b>Sivumäärä</b>	44		

---

Maanmittausinsinöörin ammattitutkintoon sisältyy työharjoittelua 30 opintopisteen verran. Työharjoittelu suoritetaan maanmittausalaan erikoistuneessa yrityksessä tai organisaatiossa. Harjoitteluiden tavoitteena on tutustua maanmittausalaan ja soveltaa oppimiaan asioita käytännön työtehtävissä. Moni maanmittausalan opiskelijoista työskentelee ainakin osan harjoitteluistaan mittaajan työtehtävissä. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kuvata maanmittausharjoittelijan työtehtäviä infra- ja ratamittauksen parissa sekä jakaa saamiani oppeja ja käytännön vinkkejä sujuvampaan mittaamiseen. Työssä arvioitiin myös sitä, miten Lapin ammattikorkeakoulu valmistaa opiskelijoitaan suoriutumaan infra- ja ratamittauksen mittaajalle kuuluvista tehtävistä.

Työskentelin Oulussa kesällä 2022 ja 2023 yksityisessä mittauspalveluita tarjoavassa yrityksessä. Pidin kesällä 2023 päiväkirjaa harjoitteluni työtehtävistä. Tämän opinnäytetyön pääasiallisena lähteenä käytin omakohtaisten kokemusteni lisäksi työkavereideni kanssa käytyjä vapaamuotoisia keskusteluja sekä infra- ja ratamittauksessa käytettyjä Liikenneviraston, Väyläviraston, Building SMART Finlandin sekä Rakennustieto Oy:n laatimia vaatimuksia ja ohjeita.

Mittaajan työtehtävät infratyömailla koostuvat pääasiassa rakennettujen rakennekerrosten tarkemittauksista, koneiden tarkastuksista sekä tukiaseman toimivuuden varmistamisesta. Ratamittauksessa työtehtävät painottuvat raiteiden sijainnin mittaamiseen eli nuotin mittaamiseen ja raiteiden geometrian kartoittamiseen. Mittaajan on tärkeää huolehtia hyvin mittalaitteistaan. Mittaustyö tulee suorittaa huolellisesti ja tarkasti, ja mittaustulokset olisi hyvä käsitellä jokaisen kenttätyöpäin päätteeksi. Mittaaja työskentelee tiiviisti työmaan muun henkilökunnan kanssa, ja erityisesti kaivinkonekuljettajien kanssa tehtävä yhteistyö on tärkeää. Mittaajan työskentely-ympäristössä liikkuu usein raskaita työkoneita, joten mittaajan tulee huomioida aktiivisesti ympäristöään työmailla liikkuessaan. Mittaajan työpäivien pituus on hyvin vaihtelevaa, ja tähän on hyvä varautua. Lapin ammattikorkeakoulussa annetaan perusopit mittalaitteiden käytöstä, takymetrin orientoinnista ja perusmittaamisen taidoista. Kuitenkin sujuva mittaaminen opitaan vasta mittaustöitä tehdessä.

Avainsanat Ratamittaus, inframittaus, työssäoppiminen

Degree Programme in  
Land Surveying  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Oskari Kauppi	<b>Year</b>	2024
<b>Supervisor</b>	Janne W. Matilainen		
<b>Title</b>	From studies to practice. Practical training in infrastructure and railway surveying.		
<b>Number of pages</b>	44		

---

The aim of this thesis study was to describe the tasks of a surveying trainee in the context of infrastructure and railway surveying, as well as to share the knowledge gained and practical tips for smoother surveying. The aim was also to evaluate how Lapland University of Applied Sciences prepares its students to work in infrastructure and railway surveying.

During the summers of 2022 and 2023 the author worked at a private company in Oulu. In the summer of 2023 a diary of the practice time was kept. In addition to the personal experiences the main sources for this thesis study included informal conversations with colleagues and the requirements and guidelines for infrastructure and railway surveying provided by the Finnish Transport Infrastructure Agency, the Finnish Transport Agency, Building SMART Finland and Rakennustieto Oy.

Surveyor tasks on infrastructure sites are mainly measurements of bearing course, inspections and ensuring the functionality of base transceiver stations. In railway surveying, the focus is on measuring the position of tracks and mapping the geometry of the tracks. It is crucial for the surveyors to take good care of their instruments. Surveying must be carried out carefully and accurately and measurement results should be processed at the end of each day. Surveyors work closely with other personnel on the site, especially with excavator operators. Heavy machinery is often present in the surveyor's working environment, so they must actively consider their surroundings while on construction site. The length of a surveyor's workdays varies greatly, and it is important to be prepared for this. Lapland University of Applied Sciences provides basic training in the use of measuring instruments, in the orientation of total stations, and basic measurement skills. However, surveying skills are only truly acquired through practical work.

**Keywords** Railway surveying, infrastructure surveying, on-the-job learning

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	MITTAAJAN TYÖTEHTÄVÄT INFRA- JA RATATYÖMAILLA .....	7
2.1	Mittaustehtävät .....	7
2.2	Mittauskojeet .....	9
2.3	Tarvikkeet, välineet ja työkalut.....	10
2.4	Ohjelmistot.....	12
3	INFRAMITTAUS .....	14
3.1	Mittaja infratyömaalla.....	14
3.2	Mittausperusta infratyömaalla.....	14
3.3	Tiiveys- ja kantavuuskokeet.....	15
3.4	Tulosten raportointi .....	17
4	RATAMITTAUS .....	19
4.1	Mittaja ratatyömaalla.....	19
4.2	Mittausperusta ratatyömaalla.....	20
4.3	Sähkörataperustukset.....	20
4.4	Nuotin mittaus.....	21
4.5	Tulosten raportointi .....	24
5	KOHTI SUJUVAMPAA MITTAAMISTA .....	25
5.1	Yleisiä oppeja ja käytännön vinkkejä .....	25
5.2	Oppeja ja käytännön vinkkejä infra- ja ratatyömaille.....	27
6	PÄIVÄKIRJAMERKINNÄT .....	29
6.1	Viikko 1 .....	29
6.2	Viikko 2 .....	30
6.3	Viikko 3 .....	32
6.4	Viikko 4 .....	33
6.5	Viikko 5 .....	33
6.6	Viikko 6 .....	34
6.7	Viikko 7 .....	35
6.8	Viikko 9 .....	36
6.9	Viikko 10.....	37

6.10	Viikko 11 .....	37
6.11	Viikko 12 .....	38
6.12	Viikko 13 .....	38
6.13	Viikko 14 .....	39
7	POHDINTA .....	40
	LÄHTEET .....	43

## 1 JOHDANTO

Lapin ammattikorkeakoulun maanmittaustekniikan tutkintoon sisältyy 30 opintopisteen verran työharjoittelua. Työharjoittelussa opiskelija perehtyy maanmittausalan työelämään ja soveltaa oppimiaan asioita käytännön työssä. (Lapin AMK 2021.) Moni alan opiskelija suorittaa työharjoittelunsa mittauspalveluita tarjoavissa yrityksissä. Osa alan opiskelijoista profiloituu opintojensa aikana mittaus tekniikkaan ja aikanaan työllistyy näihin tehtäviin. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kuvata maanmittausharjoittelijan työtehtävistä infra- ja ratamittausten parissa sekä jakaa niitä oivalluksia, havaintoja ja huomioita, joita harjoitteluni aikana tuli. Tämä opinnäytetyö voisi auttaa mittaus tekniikan alaa harkitsevaa opiskelijaa oman opintopolkunsa suunnittelussa.

Työskentelin kesällä 2022 infra- ja ratamittausten parissa keskikokoisessa mittausyrityksessä, joka toimii Oulun seudulla. Harjoittelun aikana opin, että työkokemus etenkin ratamittauksista edesauttaa työllistymistä mittaus tekniikan pariin. Ratamittausta ei kuitenkaan opeteta Lapin ammattikorkeakoulussa. Sain tästä havainnosta idean opinnäytetyöni aiheeksi. Opinnäytetyöni pääasiallisina lähteinä käytän harjoittelukokemuksia rata- ja inframittausten parissa vuosina 2022–2023, vapaamuotoisia keskusteluja työkavereideni kanssa, Liikenneviraston mittausohjeita, Väyläviraston ratateknisiä ohjeita, Building SMART Finlandin yleiset infravaatimukset -ohjeistuksia ja Rakennustieto Oy:n laatimia RT-kortistoja sekä Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset -ohjeistuksia.

Lukuun kaksi olen koonnut tietoa mittaajan yleisimmistä työtehtävistä, työvälineistä, työskentely-ympäristöistä ja avannut joitain oleellisia alan käsitteitä. Luvuissa kolme ja neljä esittelen infra- ja ratamittauksiin liittyviä työtehtäviä, joihin tutustuin itse harjoitteluideni aikana. Viidennessä luvussa jaan harjoitteluideni aikana saamiani vinkkejä ja oppeja sujuvampaan mittaamiseen. Luvussa kuusi on viikkokohtaiset päiväkirja merkintäni. Päiväkirjaa olen kirjoittanut koko harjoittelun ajan eli 1.5.–31.8.2023. Opinnäytetyön pohdintaluvussa nostan esiin, miten hyvin Lapin ammattikorkeakoulun opetus valmistaa opiskelijoita infra- ja ratamittaustehtäviin. Pohdintaluvussa arvioin myös tämän opinnäytetyön luotettavuutta sekä annan ehdotuksia jatkotutkimusaiheista.

## 2 MITTAAJAN TYÖTEHTÄVÄT INFRA- JA RATATYÖMAILLA

### 2.1 Mittaustehtävät

Mittaustehtävät voidaan jakaa kartoitus- ja merkintämittauksiin. Kartoitusmittauksella saadaan tietoa halutusta kohteesta suunnittelua tai paikkatiedon tuottamista varten. Merkintämittauksella puolestaan merkitään maastoon tai kohteeseen koordinaateiltaan tunnettu kohde, vaikka ympäristöä ei olisi muuten mitattu tai kartoitettu. Kartoitus- ja merkintämittauksia voidaan suorittaa kaikilla mittauskojeilla ja menetelmillä. Mittausympäristö- ja hankkeiden vaatimukset määrittelevät, mitä mittaustapaa ja mittauskojeita työtehtävissä käytetään. (Rantanen 2001, 130–131.)

Kaikkiin mittaustehtäviin ja toimeksiantoihin tulee perehtyä ennakkoon saatavilla olevista lähtötietoaineistoista. Lähtötietoaineistoja ovat tehtävänanto, mittauksien tavoite- ja tarkkuusvaatimukset sekä saatavilla olevat karttamateriaalit. Mittauksille tehdään työsuunnitelma, jossa työlle laaditaan suoritusjärjestys, valitaan mittaustapa, mittauskojeet ja muut tarvittavat työkalut. Ennen mittaustehtäviin ryhtymistä myös kaikki mahdollisesti tarvittavat luvat tulee hoitaa kuntoon. Hyvällä suunnittelulla ja valmistautumisella mittausten suorittaminen on sujuvaa ja tehokasta. (Rantanen 2001, 24–25.)

Mittaajan työ alkaa jo ennen työmaan varsinaista käynnistymistä, sillä usein mittaaja suorittaa maastomallimittauksia tulevalle työmaa-alueella. Maastomallimittaukseseen kuuluvat kaikki rakennettavan alueen kohteiden kartoitusmittaukset. Kohteet voivat olla esimerkiksi kulkuväyliä, oja, kiinteistöjen rajoja, kaivoja ja muita rakennettuja kohteita. Maastomallimittauksiin voi myös kuulua maanpinnan korkeuden eli hajapisteiden mittausta. (Rantanen 2001, 256–257.) Hajapisteiden avulla voidaan lisäksi laskea maanpinnan leikkauspintoja ja maamassojen määriä. Kaikkien mittauksen jälkeen mittaaja editoi mittaustiedot ja muodostaa niistä digitaalisen maastomallin. Tämä malli toimii lähtötieto- ja pohja-aineistona tulevan työmaan suunnittelijoille. (Karppinen 2022.) Tämän jälkeen mittaaja alustaa tukiaseman ja luo mittausperustan. Mittaaja on mukana työmaan kaikissa työ-

maan vaiheissa. Mittaaja suorittaa kontrollimittauksia sekä tarke- ja toteumamittauksien kaikista rakennetuista kohteista. (Building SMART Finland 2021, 124–125.) Koneohjauksen yleistyttyä rakentamisessa mittaajan tehtävät ovat vähentyneet ja muuttuneet takavuosista. Osa mittaustehtävistä on vaihtunut koneohjausmallien tekemiseen ja mittaustulosten raportointiin työnjohdolle ja tilaajalle. (Karppinen 2022.)

Tässä työssä infratyömailla tarkoitetaan tie- ja katurakennustyömaita. Inframittauksessa mittaajan tehtävänä on mitata kaikkien rakennettujen kohteiden sijainnit ja korot. (Karppinen 2022.) Mittaaja tekee myös koneohjattujen työkoneiden viikkotarkastukset. Koneiden tarkastus tarkoittaa työkoneiden kauhojen ja terien paikannustarkkuuden tarkistamista takymetrillä tai GNSS-satelliittipaikantimella mittaamalla. Jos työkoneiden paikannustarkkuus on tasosijainnissa  $\pm 50$  mm ja korkeudessa  $\pm 20$  mm arvojen sisällä, työt voivat jatkua ilman lisätoimia. Jos arvot eivät ole sallitussa toleranssissa, tukiasema tulee kalibroida. (Building SMART Finland 2021, 121–122.) Mittaaja mittaa ja merkitsee työkoneille myös tarkepisteitä. Tarkepiste on mittaajan mittaama kiinteä piste, jolla on taso- ja korkeuskoordinaatit. Työkone voi pisteellä tarkistaa oman järjestelmänsä paikannustarkkuuden asettamalla kauhan tai terän pisteelle. Tämän jälkeen kuljettaja vertaa järjestelmän koordinaatteja tarkepisteen koordinaatteihin. Mittaaja voi tarvittaessa tehdä infratyömailla myös kantavuus- ja painumakokeita.

Tässä työssä radanrakennustyömailla tarkoitetaan uusien rataosuuksien ja rautatieliikennepaikkojen rakentamista. Rautatieliikennepaikat ovat rautatieliikenteen ohjaukseen liittyviä paikkoja, jotka mahdollistavat esimerkiksi junien ohituksen. Liikennepaikka koostuu yhdestä tai useammasta lisäraiteesta, jotka ovat pääraiteen sivussa. Ratamittauksessa mittaajan tehtävänä on huolehtia kaikkien rakennettujen kohteiden tarke- ja toteumamittauksista, laatia tarkepisteitä sekä suorittaa koneohjattujen koneiden viikkotarkastuksia. Ratamittauksiin kuuluu lisäksi nuotin mittaus, joka tarkoittaa radan päällysrakenteen eli ratapölkkyjen, kiskojen ja vaihteiden mittausta. Nuotin mittauksella määritetään junaraiteen nosto- ja sivusiirtoarvot.



Inframittausta ohjaavat Liikenneviraston laatima Tie- ja ratahankkeiden mittausohje, Building SMART Finlandin laatima Yleiset inframallivaatimukset sekä Rakennustieto Oy:n laatimat RT-kortisto ja Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Ratamittausta ohjaavat Tie- ja ratahankkeiden mittausohje, Yleiset inframallivaatimukset sekä Väyläviraston laatimat Ratatekniset ohjeet Radan geometria sekä Raiteen ja vaihteen koneellisen tukemistyön suunnittelu ja toteuttaminen. Mittausohjeet ohjeistavat mittauskojeiden käytöstä, mittauksen suorittamisesta ja raportoinnista.

## 2.2 Mittauskojeet

Infra- ja ratamittauksissa käytetään takymetria ja GNSS-satelliittipaikanninta. Eniten käytetään kuitenkin takymetria, koska sillä saadaan tarkempia ja luotettavampia tuloksia. GNSS-mittausta käytetään merkintä- ja kartoitusmittauksissa, jos mittaustarkkuus on sovellettavien mittausohjeiden mukainen tai ohjeet eivät vaadi takymetrin käyttöä. Esimerkiksi raiteen keskilinja, vaihteet, pilarit, palkit, rummut ja siltojen osat tulee mitata takymetrillä (Liikennevirasto 2017, liite 1). Kiintopistemittauksissa ja muissa suurta tarkkuutta vaativissa mittauksissa käytetään vaaitus- tai tarkkavaaituskojetta.

**Takymetri** on mittalaite, jota mittaaja käyttää työssään eniten infra- ja ratamittauksissa. Sillä voidaan mitata sekä näkyviä kohteita että luoksepääsemättömiä kohteita. Takymetri on mittaajalle yleistyökalu, jolla voidaan suorittaa kartoitus-, merkintä- ja maastomallimittauksia. Maastotallentimen avulla mittaushavainnot koodataan eli mitatulle pisteelle annetaan pintatunnus, lajikoodi sekä piste- ja viivanumero. Koodaus on keino luokitella mitattavaa kohdetta. Pintatunnus määrittää kohteen sijainnin korkeustasolla, lajikoodi on tietyn kohteen tunnistaja ja pistenumero mitatun pisteen tunnusnumero. Viivanumero annetaan pisteille, jotka ovat samalla viivalla. (Laurila 2012, 262–263.) Takymetrien valmistajista markkinajohtajia ovat Suomessa yhdysvaltalainen Trimble ja sveitsiläinen Leica. Muita tunnettuja laitevalmistajia ovat japanilaiset Topcon ja Sokkia.

**GNSS-satelliittipaikannin** on takymetrin ohella usein käytetty työväline mittaus-työssä. Satelliittipaikannin vastaanottaa satelliiteista vaihehavainnot. Vaihehavainnot antavat etäisyyden satelliittien ja paikantimen välillä, ja näin saadaan

muodostettua vastaanottimen sijainti. Mitä enemmän satelliittiyhteyksiä vastaanotin saa, sitä tarkempi on mittausten tarkkuus. (Laurila 2012, 291–293.) GNSS-mittalaitteet ottavat signaaleja vastaan useilta satelliittijärjestelmiltä. Suomen alueella palvelevia GNSS-järjestelmiä on neljä: venäläinen Glonass, yhdysvaltalainen GPS, kiinalainen BeiDou ja eurooppalainen Galileo (Maanmittauslaitos 2024).

**Vaaituskoje** on mittauskoje, jolla mitataan korkeuseroja haluttujen pisteiden välillä. Vaaituskoje on yksinkertainen optinen mittauskoje, joka asennetaan kolmijalkojen päälle. Kojeessa on kaukoputki, jonka kautta luetaan pisteen päällä pidettävästä latasta lukema. Lukemista saadaan laskettua pisteen todellinen korko. (Laurila 2012, 207–211.) Tarkoissa mittauksissa, kuten kiintopisteiden vaaituksissa, käytetään tarkkavaaituskojetta. Tarkkavaaituskojeilla on mahdollista päästä jopa alle 0,5 mm tarkkuuteen yhden kilometrin edestakaisessa vaaituksessa. Digitaalisella tarkkavaaituskojeella mitataan viivakoodilattaan, ja vaaituskoje lukee latan lukeman automaattisesti. (Laine 2018, 7.)

### 2.3 Tarvikkeet, välineet ja työkalut

Mittaustyössä tärkeitä tarvikkeita varten ovat statiivit, kolmijalat, kartoitus- ja prisma-sauvat sekä mini- ja aktiiviprismat. Statiivilla voidaan esimerkiksi asettaa prisma kiintopisteiden päälle tai tukea kartoitussauva kiintopistemittauksissa mitattavan pisteen kohdalle (kuvio 1). Kolmijalat ovat takymetrin alusta, mutta niitä käytetään myös kiintopistemittauksissa GNSS-vastaanottimen alustana. GNSS-vastaanottimelle on oma kartoitussauvansa. Takymetria käytettäessä kartoitussauvaa kutsutaan prisma-sauvaksi. GNSS- ja prisma-sauvoja on saatavilla useita eri kokoja. Jatkettavalla prisma-sauvalla voidaan varmistaa prisman näkyvyys takymetrille vaihtelevassa maastossa. Miniprisman avulla voidaan mitata tarkkoja kohteita, kuten junaradalla vaihteita tai rakennustyömaalla perustuksia. Miniprismaan kuuluu myös 30 cm mittaiset ohjaussauvat (kuvio 2). Aktiiviprismaa käytetään eniten takymetrimittauksissa. Kartoitussauvassa käytetään yleisesti 360 asteen aktiiviprismaa.



Kuvio 1 (vas.). GNSS-vastaanottimen kartoitussauva statiivilla tuettuna

Kuvio 2 (oik.). Miniprisma ja miniprismaan kiinnitettävät ohjaussauvat (Geofix 2024)

Ratamittauksessa käytetään junaradan mittauksessa kiskorautaa (kuvio 3). Kiskoraudalla helpottaa ja tarkentaa junaradan tarkkeiden mittausta. Joissain kiskorautoissa on valmiina tasauskupla (kuvio 4). Prismasauvaan tulee kuitenkin kiinnittää erillinen tasauskupla, sillä kiskoraudan vuoksi prismasauva on ylösalaisin, ja niin sauvan kiinteää tasauskuplaa ei voida käyttää.



Kuvio 3 (vas.). Magneetinen kiskorauta (Kinnunen 2024)

Kuvio 4 (kesk.). Magneetilla ja tasaimella varustettu kiskorauta (Kinnunen 2024)

Kuvio 5 (oik.). Magneetinen kiskorauta ja Trimble AT360 aktiiviprisma (Kinnunen 2024)

Kiskorauta tulee kiinnittää tiukasti prismaan, jotta se ei pääse käytön aikana löystymään ja liikkumaan (kuvio 5). Mittaajan tulee mittauksen aikana varmistaa, että kiskorauta on kiinni kiskon kyljessä ja pysyy tällä paikallaan mittauksen ajan. Kiskoraudan magneeteilla voidaan tämä varmistaa ja huolehtia (kuvio 6).



Kuvio 6. Kiskoraudan magneetit (Kinnunen 2024)

Muita oleellisia infra- ja ratamittaajan työkaluja ovat rautakanki, sorkkarauta, moska, vasara, vesuri ja porakone. Rautakankia ja sorkkarautaa tarvitaan esimerkiksi kaivojen kansien avaamiseen. Moskaa ja vasaraa tarvitaan merkkirimojen laittamisessa maastoon. Ne toimivat myös yleishyödyllisinä työkaluina. Vesuri on tehokas ja kevyt työkalu risujen raivaamisessa. Risut täytyy poistaa takymetrin ja mitattavan kohteen välistä. Porakonetta, jossa on mukana kivi- ja terästerä-sarja, tarvitaan tarkepisteiden ja muiden mahdollisten merkkien kiinnittämisessä. Tarkepisteinä käytetään pultteja, nauvoja tai muita kovia kiinnikkeitä. Niiden tulisi kestää iskuja ja painetta, koska kaivinkoneet laskevat kauhansa niiden päälle. Merkintämateriaalina käytetään merkintämaalia ja puisia rimoja tai keppejä.

## 2.4 Ohjelmistot

Mittaustuloksia ja -aineistoja käsitellään paikkatieto-, mittaus- ja suunnitteluohjelmistoilla. Eniten käytettyjä ohjelmistoja ovat ja AutoCAD. 3D-Win on suomalainen mittaus- ja suunnitteluohjelmisto, jossa on erilaisia mittausaineiston editointi- ja laskentaominaisuuksia, kuten geodeettinen laskenta sekä pinta-alojen ja masso-

jen laskenta. 3D-Winillä tiedostoja voidaan kirjoittaa noin 70 eri formaattiin. (Novatron 2024.) AutoCAD on Autodesk-yhtiön luoma suunnitteluohjelmisto, jolla voidaan tuottaa tarkkoja 2D- ja 3D-malleja sekä kuvia. Vaikka ohjelmistoa käytetään paljon suunnittelutyössä, ohjelmisto soveltuu myös mittausaineistojen käsittelyyn. AutoCad-ohjelmistolla ja sen ohjelmistosovelluksilla voidaan tuottaa helposti esimerkiksi erilaisia viiva-aineistoja ja mallinnuksia. (Autodesk 2024.)

Mittalaitteiden valmistajilla on myös muutamia ohjelmistoja mittaustulosten ja mitta-aineistojen käsittelyyn. Esimerkiksi Trimble on kehittänyt useita ohjelmistoja, kuten Trimble Business Center, RealWorks ja Locus. Business Center ja RealWorks-ohjelmistoilla voidaan editoida ja käsitellä mittaustuloksia. Locus-ohjelmistolla voidaan tuottaa karttoja, luoda kaupunkimalleja, ylläpitää kiinteistörekisteriä ja jakaa tietoa.

### 3 INFRAMITTAUS

#### 3.1 Mittaaja infratyömaalla

Infratyömailla mittaaja työskentelee yhdessä maanrakentajien kanssa. Yleisin työtehtävä on tarkemittaus. Mitattavana ovat siis rakennekerrokset ja muut rakennetut kohteet. Kaivinkoneiden mittalaitteet mittaavat tarkkeet työn edetessä, joten mittaajan työtaakka on tarkemittauksen osalta vähentynyt. Mittaaja voi toimia yhteyshenkilönä ja tietoteknisenä apuna koneohjausjärjestelmien kanssa.

Mittaaja tarvittaessa merkitsee myös työmaalle rakennettavien kohteiden sijain- teja. Näitä kohteita ovat esimerkiksi kiveykset, pylväät, kaivot, venttiilit, putkilinjat sekä tien lopullisen pinnan ja asfaltin sijainnin. Merkitsemiseen käytetään mer- kintämaalilla tai -rimoja. Esimerkiksi kivityksien sijainnit merkitään yleensä mer- kintärimalla. Rima laitetaan yleensä 1–2 metrin päähän kivityksen tulevasta si- jainnista. Rimaan kirjoitetaan lukema, joka kertoo kivityksen reunan sijainnin ja suunnan rimasta. Koroke ja kanttikivien merkinnässä merkkirimaan merkitään myös valmiin kivityksen yläreunan korkeus. Useasti kivityksen läheisyyteen mi- tataan korkopiste, josta kivityöntekijät määrittelevät korkeuden itse tasolaserin avulla.

#### 3.2 Mittausperusta infratyömaalla

Työmaan suunnitelmiin, lähtötietoihin ja sijaintiin kannattaa tutustua perusteelli- sesti. Infratyömaalla mittaajan ensimmäinen tehtävä on rakentaa luotettava ja toi- miva mittausperusta. Mittausperustan tulee kattaa koko työmaa-alue ja uloimmat pisteet tulee sijoittaa työmaa-alueen ulkopuolella. Pisteitä tulee olla mittauspe- rustassa vähintään kolme (Liikennevirasto 2017, 11). Mittausperusta koostuu käyttöpisteistä, joita ovat tähystarrat ja monikulmiopisteet. Tähystarroja sijoite- taan esimerkiksi puihin, valopylväisiin, rakennusten seiniin ja muihin liikkumatto- miin kohteisiin. Monikulmiopisteet tehdään maahan kovalle alustalle merkintä- maalilla tai pultilla. Hyvä paikka monikulmiopisteelle on muun muassa kallio, kai- vojen kannet ja kaulukset, pylväsperustukset ja suuret tuoreet kannot. Näin ne eivät ole työkoneiden tiellä. Kaikkiin tarroihin ja monikulmiopisteisiin mitataan ta- sokoordinaatit ja korkeus.

Mittausperustan laatiminen alkaa takymetrin orientoinnista. Jos tuleva työmaa sijaitsee kaupunkialueella, orientointiin voidaan käyttää kunnan kiintopisteitä. Kiintopisteiden paikkansapitävyys tulee kuitenkin tarkastaa ennen pisteiden käyttöä niin, että GNSS-paikantimella saatua paikkatietoa verrataan kunnan antamiin kiintopistetietoihin. Esimerkiksi Oulun kaupungin kiintopisteiden tiedot ovat saatavilla Oulun internet-sivuilla olevasta karttapalvelusta. Jos työmaan lähistöllä ei ole käytettävissä kunnan kiintopisteitä, voidaan kiintopisteitä pyytää kunnan mitaustoimelta. Mittausperustan lähtöpisteinä voidaan hyödyntää myös Maanmittauslaitoksen kiintopisteitä, joiden tiedot ovat saatavilla Maanmittauslaitoksen internet-sivuilta. Mittaaja voi laatia kiintopisteitä myös itse. Mittaajan tulee noudattaa Julkisen hallinnon suositusta 184 Kiintopistemittaus EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmässä. Kiintopisteet voidaan mitata staattisena GNSS-mittauksena. Jos hanke on kooltaan pieni ja staattinen mittaus veisi kohtuuttomasti aikaa, voidaan lähtöpisteet mitata reaaliaikaisella GNSS-mittauksella. Pieniä hankkeita ovat esimerkiksi alle 500 metrin mittaiset jalankulku- ja pyörätiehankkeet. (Liikennevirasto 2017, 12–13.)

### 3.3 Tiiveys- ja kantavuuskokeet

Mittaajan infratyömaan työtehtäviin kuuluu suorittaa tiiveys- ja kantavuuskokeita levykuormituskojeilla. Näillä kokeilla mitataan rakennekerrosten tiiveys- ja kantavuusarvoja. Kokeet tehdään tilaajan tai urakoitsijan ohjeiden mukaisesti tietyille paaluluvuille tai välimatkoille. Levykuormituskoe suoritetaan tunkin ja digitaalisen mittakellon muodostaman laitteiston avulla (kuvio 7). Mitattavaan kohtaan asetetaan pyöreä teräslevy. Silmämääräisesti varmistetaan, että maanpinta on tasainen. Tunkki asetetaan levyn päälle ja mittakello sen alle pystysuoraan (kuvio 8). Mittakellon tulee koskea pohjalevyä koko kokeen ajan. Laitte vaatii suuren vastapainon. Yleensä vastapainona käytetään työmaalla olevaa kaivinkonetta, jyrää, kuorma-autoa tai muuta raskasta työkonetta.

Kokeen alussa tehdään mittalaitteen tasaus ja mittakellon kalibrointi. Ensin mittalaitteelle asetetaan 2000 kilon paino noin minuutin ajaksi. Paino poistetaan ja mittakello nollataan. Tämän jälkeen voidaan aloittaa koe. Tunkilla pumpataan 2000 kilon paine ja kirjataan mittakellon ilmoittama painuma-arvo. Tämän jälkeen

paino poistetaan ja mittakello nollataan. Edeltävät vaiheet toistetaan 6000 kilon paineella. Tiiveys- ja kantavuuskokeiden tuloksia verrataan lopuksi Rakennustiedon ylläpitämien InfraRYL-laatuvaatimusten ja RT-kortiston arvoihin.



Kuvio 7 (vas.). Levykuormituskoetta

Kuvio 8 (kesk.). Tunkki ja mittakello

Kuvio 9 (oik.). Loadman (SL-Mittaus 2024)

Tiiveys- ja kantavuuskokeita voidaan tehdä myös Loadman pudotuspainolaitteen avulla (kuvio 9). Loadman on suomalaisen AL-Engineering Oy:n kehittämä kannettava elektroninen pudotuspainolaite. Mitattavaan kohteeseen laitetaan ensin teräslevy, jonka päälle Loadman asetetaan. Tämän jälkeen laite käynnistetään ja huolehditaan, että laitteen sisällä oleva 10 kilon paino on valmiina pudotusta varten. Laitteen valikosta valitaan uusi mittaus, jonka jälkeen laite pudottaa painon teräslevyn päälle. Jokaisen kokeen aikana laitteesta tulee pitää kummallakin kädellä kiinni ja tukea jalalla putken alaosa. Ensimmäistä pudotus kalibroilaitteen. Tämän jälkeen laite pyörytetään ylösalaisin, jotta paino saadaan jälleen lyöntiasentoon. Luotettavien tulosten saamiseksi laite tulee asettaa samaan kohtaan metallilevyn päälle. Tämän jälkeen mittausta toistetaan niin kauan, kunnes painumaluku ei enää kasva. Laite ilmoittaa painuman lisäksi suhdeluvun, joka kirjataan ylös viimeisen lyönnin jälkeen. Jälkilaskennassa saatua painuma-arvoa



verrataan InfraRYL ja RT-kortiston arvoihin, jolloin nähdään, onko kohde toleranssien ja suunnitelmien mukainen.

### 3.4 Tulosten raportointi

Mittaustulokset käsitellään jälkityönä toimistolla. Käsittely alkaa niin, että tallentimelle tallennetut pisteet siirretään tietokoneelle ja 3D-Win-ohjelmaan. Mitatut pisteet poimitaan ohjelmaan koodien avulla omille tasoilleen, jos koodeja on mitauksessa ollut käytössä useampia. Mitatuista pisteistä poistetaan kiintopisteet ja takymetrin asemapistet. Tämän jälkeen tiedosto kirjoitetaan GT-tiedostoksi. Jos mitatut pisteet muodostavat yhtenäisen viivan, nämä pisteet piirretään ohjelmassa taiteviivaksi. Taiteviiva-aineistoa ovat esimerkiksi tiet, ojat, kaapelireitit ja putkilinjat. Taiteviivatiedosto kirjoitetaan DXF-tiedostomuotoon. Hankkeen edistymistä seurataan mittaustulosten avulla, joten mittajaan tulisi raportoida mittaustuloksista mahdollisimman nopeasti.

Tilaaaja voi pyytää mittajaa vertaamaan saatuja mittaustuloksia referenssimalliin. Mallinnuksia tehdään esimerkiksi tien jokaisesta rakennekerroksesta. Käsittely alkaa niin, että 3D-Win-ohjelmaan tuodaan mitattujen pisteiden lisäksi malli. Referenssimalliin vertailu tehdään 3D-Win-ohjelman tarkemittaustyökalulla. Tarkemittaustyökalulla valitaan ensin halutut pisteet aktiivisiksi ja referenssitasoksi laitetaan tason malli, josta pisteet on mitattu työmaalla. Tämän jälkeen ohjelma laskee mallin ja mitattujen pisteiden erotukset. Tulokset voidaan kirjoittaa erilliseksi PDF-tiedostoksi.

Mittausperustasta kirjoitetaan raportti pääurakoitsijalle. Raportissa ilmoitetaan muun muassa mittauksen suorittaja, mittausperustan käyttötarkoitus, koordinaattisto, korkeusjärjestelmä, lähtökiintopisteet, mittauskalusto ja mittaustapa. Raportissa ilmoitetaan myös tasoituslaskenta ja uusista kiintopisteistä tehdyt pistekortit. Raporttiin liitetään lisäksi mittalaitteiden kalibrointitodistukset. (Liikennevirasto 2017, liite 6.3.) Harjoitteluideni aikana en tehnyt mittausperustan raportointia.

Tiiveys- ja painumakokeiden tulokset ja raportointi tehdään Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Tulosten lisäksi raportissa ilmoitetaan rakennekerros, josta koe

on tehty, paaluluku ja mittauskohdan koordinaatit. Raporttiin laaditaan myös karttaliite, joka on tehty 3D-Win-ohjelmalla. Ohjelmaan ladataan koealueen ilmakehän kuva, johon merkitään kokeen suorituspaikat. Tiedostot ja raportti kirjoitetaan PDF- ja XLS-muotoon.

## 4 RATAMITTAUS

### 4.1 Mittaaja ratatyömaalla

Ratamittaukset koostuvat radan kartoitus-, rakentamis- ja kunnossapitomittauksista. Mittaukset suoritetaan yleensä takymetrilla, mutta joitakin merkintä- ja kartoitusmittauksia voidaan suorittaa myös GNSS-satelliittipaikantimella. Radanrakennustyömaiden yleisimmät työtehtävät ovat rakennekerrosten tarkemittaus ja erilaisten kohteiden merkintämittaus. Merkintämittausten kohteena voi olla esimerkiksi vaihteet, eristykset ja opastimet. Merkitseminen tehdään merkintämaalilla tai -rimalla. Mittaaja osallistuu aina vaativien ratakohteiden, kuten sähkörataperustusten, asennukseen. Mittaaja mittaa ja ohjeistaa asentamaan kohteen suunnitelmakuvien mukaisesti. Mittaajan tulee tietää ratatyömaalla työskennellessään raideleveys ja toleranssit rakennettavista kohteista. Näin mittaaja voi raportoida heti toleranssit ylittävistä mittaustuloksista työnjohdolle. Tämän jälkeen työnjohto voi ryhtyä heti tarvittaviin korjaustoimenpiteisiin, ja työmaan toiminta pysyy sujuvana ja tehokkaana.

Junaradalla liikkuminen ja työskentely vaatii kaikilta työntekijöiltä ratatyöturvallisuuspätevyyden ja työmaaperehdytyksen. Ratatyömailla toimii ratatyövastaava (RTV), joka on vastuussa työskentelyalueella liikenneturvallisuudesta. RTV pyytää Finntrafficin liikenteenohjauksesta ratatyöluvan, jonka aikana radalla voidaan työskennellä turvallisesti. Jos tämä ei ole mahdollista, radalla voidaan työskennellä turvamiehen valvonnassa. Turvamies on koulutuksen saanut työntekijä. Turvamies ei saa osallistua muihin ratatyömaalla tapahtuviin työtehtäviin turvamiehen tehtävää suorittaessaan. Turvamiehen tehtävänä on huolehtia, että juna voi ohittaa työmaan turvallisesti. (Liikennevirasto 2022, 13, 16, 29.) Turvamies tarkkailee junaliikennettä Julia-järjestelmän avulla. Julia-järjestelmä on junaliikenteen havaintojärjestelmä, jota ylläpitävät rautatieharrastajat. Palvelu hyödyntää myös Finntrafficin reaaliaikaisia juna-aikatauluja sekä -sijainteja. (Sirkiä 2023.)

## 4.2 Mittausperusta ratatyömaalla

Ratatyömaalla mittaajan ensimmäinen tehtävä on mittausperustan laatiminen. Mittausperustan lähtöpisteinä käytetään 3. ja 4. luokan kiintopisteitä, joista käytetään nimitystä vr-piste. Vr-pisteet sijaitsevat ratapenkalla tai takaluiskien ulkopuolella. Kiintopisteitä on rataosuuksien näkyvyyden ja maaston muotojen mukaan 100–400 metrin välein.

Takymetri orientoidaan vähintään kahden vr-pisteen avulla. Liikenneviraston mittausohje kuitenkin suosittelee käyttämään orientoinnissa kolmea vr-pistettä, jos se on mahdollista. Takymetrin orientoinnissa tulee olla tarkka ja huolellinen, sillä toleranssit radalla ovat infrarakentamista pienemmät. Mittausohjeen mukaan orientoinnin keskivirhe saa olla enintään 8 mm kiintopisteisiin nähden. (Liikennevirasto 2017, 11–13, 26.)

## 4.3 Sähkörataperustukset

Sähköistetyillä junarataosuuksilla on sähköpylväitä, joihin on asennettu ajolangat. Sähköpylväitä varten asennetaan pylväsperustukset, jotka yleensä ovat elementtirakenteisia (kuvio 10). Mittaaja on mukana uusien pylväsperustusten asennuksessa. Ennen perustuksen asennuksen aloittamista mittaajan tulee mitata perustuksen pohjan koko ja pylvään korkeus rullamitalalla. Näin voidaan varmistaa perustuksen koko ja se saadaan oikeaan kohtaan.



Kuvio 10. Sähkörataperustuksia (Rudus Oy 2024)

Mittaaja osoittaa perustuksen tarkan sijainnin suunnittelijan tekemän asennuskuvan mukaan. Asennuskuvissa on perustuksen keskikohdasta viiva radan keskilinjaan. Asennuskuvat ovat yleensä DXF-tiedostomuodossa, jotta ne voidaan tuoda helposti mittalaitteen tallentimelle. Asennusviiva valitaan tallentimella aktiiviseksi, ja viivan avulla perustus asennetaan oikeaan sijaintiin. Joskus kuvista voi puuttua korkeustieto. Silloin mittajaan tulee ensin mitata korkeuspiste mahdollisimman lähelle perustuksen suunniteltua sijaintia. Tämän jälkeen tallentimelta valitaan asennusviivan lisäksi korkeuspiste, jotta perustus tulee asennettua oikeaan kohtaan ja korkoon. Sähkörataperustuksen korkeustoleranssipoikkeama saa olla  $\pm 100$  mm ja tasosijaintitoleranssi  $\pm 30$  mm raiteen keskilinjasta. Tasosijainnin radansuuntainen toleranssi on  $\pm 500$  mm. (Ratahallintokeskus 2001, 7.)

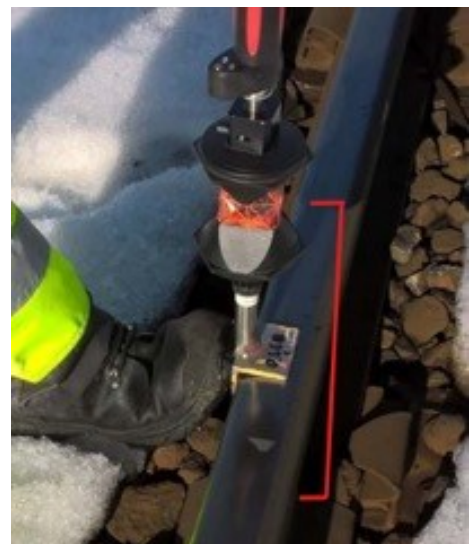
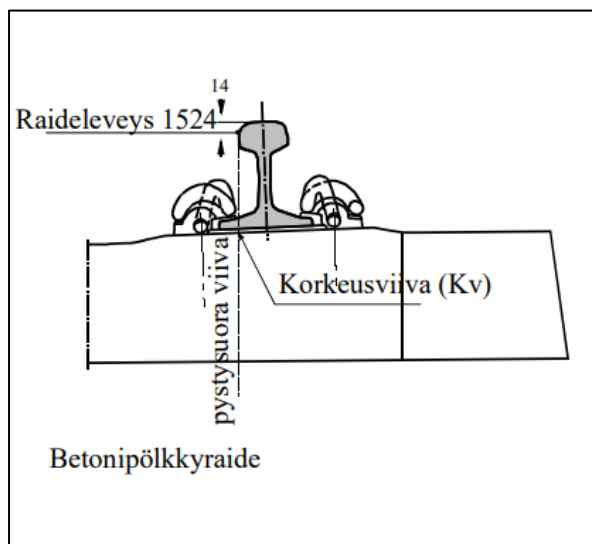
Mittaaja käy varmistamassa kaivinkoneen kaivaman perustuksen pohjan tasauksen. Pohjan tasaisuusvaatimus on  $\pm 20$  mm (Ratahallintokeskus 2001, 6). Mittaaja mittaa ja merkitsee merkintämaalilla perustuksen tarkan sijainnin. Kaivinkone laskee perustuksen pohjalle. Tämän jälkeen mittaja varmistaa perustuksen päällä olevien kiinnityspulttien avulla, että perustus on oikeassa kohdassa radan keskilinjaan nähden. Tämä tapahtuu niin, että mittaja mittaa miniprismalla kahden rataa lähinnä olevan pultin sijainnin suhteessa radan keskilinjaan. Kummastakin pultista tulee saada sama mittaustulos. Samalla varmistetaan vatupassilla, että perustus on suorassa. Tarvittaessa perustusta voidaan liikutella kaivinkoneella mittajaan ohjeiden mukaisesti. Kun perustus on kohdallaan, siitä mitataan tarkkeet jokaisesta pultista ja perustuksen keskeltä. Perustuksen kylkeen kirjoitetaan pylvään tunnus ja vatupassi asetetaan perustuksen päälle. Mittaaja ottaa tämän jälkeen valokuvan, jossa näkyy pylvään tunnus ja vatupassi. Kuva liitetään pylväskortteihin, jotka tehdään jälkityönä toimistolla. En tehnyt harjoitteluideni aikana pylväskortteja.

#### 4.4 Nuotin mittaus

Mittaajan tärkein mittaustehtävä on junaradan rakentamisessa ja kunnossapidossa raiteiden nosto- ja sivusiirtoarvojen mittaaminen eli nuotitus. Nuotin mittaamisella selvitetään, onko rata suunnitellun geometrian mukainen. Nuotituk-

sessä mittaaja mittaa johtokiskoa takymetrillä kiskorautaa apuna käyttäen. Johtokisko on suorilla osuuksilla yleensä oikean puolen kisko tukemissuunnan mukaisesti. Jos mitattavalla raideosuudella on kaaria, johtokiskoksi valitaan sisäpuolen kisko. (Halttunen 2019, 10.) Nuotit mitataan johtokiskosta 10 metrin välein ja vaihteissa viiden metrin välein (Väylävirasto 2023, 19). Radan sijainti- ja korkeuskoordinaattien toleranssi on  $\pm 20$  mm (Liikennevirasto 2017, 26).

Takymetri orientoidaan vähintään kahden vr-pisteen avulla. Mittauksen alussa mittaajan tulee tarkistaa kiskon koko kiskoraudan prismakorkeuden määrittämiseksi. Kaikissa ratapölkkyissä on korkeusviiva (KV), josta korkeus voidaan tarvittaessa mitata rullamitalla korkeusviivasta prisman keskikohtaan. Korkeusviiva sijainti on esitetty kuviossa 11. Mittaamista ei tarvitse tehdä, jos mittaaja tuntee eri kiskoprofiilien mitat. Nykyisin uusilla ja korjattavilla rataosuuksilla käytetään 60E1- tai 54E1-kiskoprofiileja. Kiskon koko ja profiili määräytyy nopeusrajoitusten ja käytettävän kaluston painon mukaan. Esimerkiksi 60E1-kisko on 172 mm korkea (Väylävirasto 2021a). Prismakorkeudeksi saadaan lisäämällä raiteen korkeuden kiskoraudan alapinnan ja prisman keskikohtaan välinen mitta (kuvio 12).



Kuvio 11 (vas.). Radan korkeusviiva (Väylävirasto 2021b, 12)

Kuvio 12 (oik.). Prismakorkeuden määrittämisen periaate, punainen viiva on oma lisäys (Liikennevirasto 2017, liite 8)

Radan mittaamista varten tallentimelta valitaan geometriaominaisuuden sisältävä ohjelma. Esimerkiksi Trimblen mittalaitteissa tämä ohjelma on Tie ja Leicalla

Tiemies. Tämän jälkeen avataan mitattavan rataosuuden TG-tiedosto. Esimerkiksi radan keskilinjaa mitatessa johtokiskosta mittalaitteen lukeman tulisi olla 762 mm geometriaan verrattuna. Nuottien mittaus suoritetaan tasapaaluluvuin. Vaihteissa mitataan tasapaalulukujen lisäksi etu- ja takajatkot. Nämä ovat vaihteen edessä ja takana olevat liitoskohdat, jossa raiteesta poikkeava kiskonkallistus tasataan vastaamaan raiteen kiskonkallistusta (Liikennevirasto 2012, 7–8). Mittauksen jälkeen kiskon kylkeen laitetaan mitatun pisteen kohdalle maalilla tai liidulla merkki. Tämä nopeuttaa ja jouduttaa seuraavia mittauskertoja, koska mittaajan ei tarvitse seurata tallentimelta paalulukuja niin tarkasti. Tällä myös varmistetaan, että mittaaja mittaa samoja pisteitä, jos mittaajan vaihtuisi kesken kaiken.

Kun takymetrin kojeasemaa joudutaan vaihtamaan, uudesta kojeasemalta mitataan edelliseltä kojeasemalta viimeisenä mitattu piste uudestaan. Tätä sanotaan vaihtopisteeksi. Jos ensimmäiseltä kojeasemalta mitattu piste on geometriaan nähden sivusuunnassa ja korossa yli 5 mm, takymetrin orientointi ei ole onnistunut. Tässä tilanteessa mittaajan tulee etsiä mahdollisia virheiden lähteitä. Mittaaja voi esimerkiksi epäillä lähtöpisteiden luotettavuutta. Tässä tilanteessa takymetri tulee orientoida uudelleen.

Mitattuja pisteitä verrataan radan geometriaan. Pisteiden avulla voidaan määrittää nuotit esimerkiksi 3D-Win-ohjelman raidenuotitus-työkalulla. Nuotti kertoo radan nosto- ja sivusiirtoarvot. Raidenuotitus-työkalu laskee siirtoarvot, jotka toimitetaan tukemiskoneelle VER-tiedostomuodossa. Yleensä nuotista lähetetään myös tekstitiedosto, jotta tukemiskoneen henkilöstö voi varmistaa nuotin toimivuuden. Tukemiskone on raiteilla toimiva kone, joka siirtää ja nostaa raiteet suunniteltuun sijaintiin. Tukemissuuntina käytetään pohjois-etelä-suuntaa, jos työnjohto tai tukemiskoneen henkilökunta ei ole antanut muuta ohjeistusta. En tehnyt nuotitusta harjoitteluideni aikana.

Uusi junarata tuetaan kolme kertaa. Ensin tehdään KV55 nuotti eli rata tuetaan 55 mm alle keskiviivan koron. Tämän jälkeen rataosuus sepelöidään. Seuraavaksi mitataan KV30 nuotti eli 30 mm alle keskiviivan koron. Tämän jälkeen suoritetaan uusi sepelöinti. Viimeinen nuotti mitataan niin sanottuun nollakorkoon eli

rata nostetaan ja siirretään geometrian mukaiseksi. Myös junaradan kunnossapitoon kuuluu raiteiden tuenta, jos rata on painunut tai siihen on tullut poikkeamia sivusuunnassa. Nuotti tehdään tässä tapauksessa nollakorkoon. Tukemisen jälkeen tukemiskone suorittaa tarkastusajon ja tuottaa oman raportin tarkastuksesta. Mittaaja mittaa myös lopulliset tarkkeet, jotka raportoidaan urakoitsijalle ja tilaajalle. Tarkemittaus tulee suorittaa kahden viikon sisällä tukemisesta (Väylävirasto 2023, 34).

#### 4.5 Tulosten raportointi

Saadut mittaustulokset käsitellään jälkityönä toimistolla. Radanrakennustyömaan aikana urakoitsijan tulee toimittaa koko ajan tietoa radan kunnosta ja työmaan etenemisestä liikenteenohjaajille ja tilaajalle. Tämän vuoksi kaikista tarkkeista raportoidaan usein ajantasaisesti koko rakennusprojektin ajan työnjohdolle, työmaanvalvojalle, liikenteenohjaajille sekä tilaajalle. Tarkkeiden ja mittausperustan raportointi vastaa inframittauksessa tehtävää raporttia (ks. luku 3).

Sähkörataperustuksen asennuksesta raportoidaan tarkemittauksen tulokset GT-tiedostona ja perustuksien perustuskortit PDF-tiedostona. Perustuskorteissa tulee olla perustuksen numero ja muut tunnistenumerot, perustuksen koko, koordinaattilistaus kaikista pulteista sekä perustuksen korkeustieto. Lisäksi kortissa tulee olla kuva perustuksesta, jossa on näkyvillä perustuksen numero ja vatupassi, joka osoittaa perustuksen olevan suorassa.

Nuotitustulokset ovat osa tarkkeista, jotka lähetetään tilaajalle ja työnjohdolle työmaan lopuksi. Kun rata on rakennettu ja tuettu geometrian mukaiseksi, siitä mitataan vielä viimeinen nuotti. Tällä sitten voidaan osoittaa tilaajalle, että rata on suunnitelmien mukainen. Lisäksi kaikista rakennetuista kohteista lähetetään tarkkeet tilaajalle joko pistelistauksena tai viivamuodossa. Raportista tulee ilmetä muun muassa mittauksen suorittaja, nuotin laatija (jos eri kuin mittaaja), mittauksen ajankohta, mittauskalusto, käytetty koordinaatisto ja korkeusjärjestelmä, käytetty geometriatiedosto, rataosuus, tukemisjärjestys, tukemissuunta ja nosto- ja sivuttaissiirtojen arvot (Väylävirasto 2023, 21).



## 5 KOHTI SUJUVAMPAA MITTAAMISTA

Tässä luvussa esittelen harjoitteluideni aikana keräämiäni oppeja ja käytännön vinkkejä, joiden avulla mittaajana työskentely käy sujuvammin. Käsittelen ensin mittaajan tehtäviä yleisellä tasolla ja sen jälkeen keskityn tarkemmin infra- ja rathamittaukseen.

### 5.1 Yleisiä oppeja ja käytännön vinkkejä

Mittaajan tärkein tehtävä on pitää mittalaitteista hyvää huolta. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että mittalaitteiden akut tulee ladata aina täyteen ja ottaa akkuja työmaalle mukaan mahdollisimman paljon. Takymetrin akku kestää säästä ja käytöstä riippuen noin 8–10 tuntia, prisman akku noin 3–5 tuntia ja GNSS-vastaanottimen noin 2–4 tuntia. Mittaajat tekevät usein reissutyötä. Autossa olisi hyvä olla invertteri, jonka avulla autoon voidaan asentaa latausasema. Näin mittalaitteiden akkuja voidaan tarvittaessa ladata autossa työpäivän ohessa. Invertteri toimii myös auton ollessa sammuksissa.

Mittalaitteista huolehtiminen tarkoittaa myös mittalaitteiden huolellista käsittelyä. Mittalaitteita tulee käsitellä aina varovasti, jotta ne eivät pääse esimerkiksi kaatumaan tai kokemaan kovia iskuja. Kojeet tulee säilyttää kuljetuksen ja varastoinnin ajan niille osoitetuissa kuljetuslaatikoissa. Autossa tulisi olla kuljetuslaatikoille oma tukeva paikkansa, kuten kehikko, johon takymetrilaatikon voi laittaa pystyyn. Kun takymetrilla on hyvä paikka autossa, kuljetuslaatikon kansi voidaan aukaista kuljetuksen ajaksi. Näin kannattaa toimia, jos takymetri on kastunut työskentelyn aikana.

Mittaajan tulee huolehtia myös mittalaitteiden säännöllisestä huollosta. Esimerkiksi takymetri tulisi toimittaa laitevalmistajan huoltoon kerran vuodessa. Osa kokeneista mittaajista suosittelee tekemään mittalaitteiden kalibroinnin aina tehdas-huollon jälkeen. Takymetri tulisi kalibroida säännöllisesti vähintään neljä kertaa vuodessa. Kalibrointi tulisi suorittaa myös aina silloin, jos ympäristön lämpötila on muuttunut oleellisesti edellisestä kalibroinnista, mitattavana työ vaatii suurta tarkkuutta tai takymetri on kokenut kovan iskun.

Mittaajan työ vaatii tarkkuutta. Jos mittaustulosten oikeellisuus herättää mittajassa epäilystä, mittaajan tulee testata mittaustarkkuus esimerkiksi merkintämittauksella viimeisestä orientointipisteestä. Jos mittaustuloksissa on orientoinnin jälkeen yhä epätarkkuutta, mittaajan tulee tehdä mittalaitteiden kenttäkalibrointi. Kenttäkalibrointi tehdään mittalaitteen kollimaatiolle, autolukituskollimaatiolle ja tappikaltevuudelle. Kalibrointiin on jokaisella laitevalmistajalla oma ohjeistuksensa. Tästä huolimatta ensimmäiset kalibroinnit kannattaa tehdä kokeneemman mittaajan seurassa. Kalibrointi vie hieman aikaa ja vaatii tarkkuutta, ja siksi mittalaitteiden huoltokalibrointi tulisikin suorittaa mieluiten esimerkiksi työpäivän alussa ennen työmaalle menoa.

Mittaajan kannattaa maastomallia tehdessään mitata kaikki mahdolliset kohteet toimeksiantoalueelta, vaikka usein toimeksiantajalta tulee erilliset mittaushojeet. Näin saadaan säästettyä aikaa ja kuluja myöhemmin, kun mittaajan ei tarvitse erikseen käydä tekemässä lisämittauksia maastomallia varten. Maastomallin mittaustyöt muuttuvat kesäaikaan hieman haasteellisemmiksi, sillä puusto ja muu kasvillisuus heikentävät varsinkin GNSS-vastaanottimien toimintaa.

Mittaajan kannattaa aina toimia niin, että kaikki tilaajan pyytämät pienetkin työtehtävät tulevat dokumentoiduksi. Mittaajan tehtävänä on usein tarkistaa jonkin tietyn kohteen korot tai merkitä kohteen sijainti. Näistä mittauksista ei yleensä haluta raporttia, vaan niillä varmistetaan tehdyn työn laatu, jotta työskentely voisi joustavasti jatkua. Mittaajan kannattaa kuitenkin dokumentoida kohteiden sijaintitiedot myös näistä pyydetyistä tarkistus- ja merkintämittauksista. Näin mittajalla on todiste siitä, mitä hän on työmaalla kertonut, jos asiasta tulee myöhemmin jotakin epäselvyyttä. Kaikki työpäivän aikana tehdyt mittaustulokset olisi hyvä käsitellä mahdollisuuksien mukaan jokaisen päivän päätteeksi. Kun mittaustulokset käsittelee aina päivän päätteeksi, kohteen tiedot palaavat mieleen helposti ja mittausten tulokset tallentuvat ajantasaisena tietokantaan. Usein tilaaja toivoo raporttien valmistuvan nopeasti. Kannettava tietokone kannattaakin pitää aina mukana myös siksi, että työn tilaaja voi kysyä tarkennuksia aiemmin lähetetyistä raporteista.

Mittaaja työskentelee työmailla yhdessä työnjohton ja muun henkilökunnan kanssa. Työnjohto antaa työtehtäviä ja kertoo, missä vaiheessa työmaa on menossa. Useasti työnjohto kehottaa kysymään kaivinkonekuskailta tarkempia tietoja pyydetyistä työtehtävistä. Kaivinkonekuljettajilta saa myös ajantasaisinta tietoa siitä, mitä työmaalla on tehty ja mitä tehdään seuraavaksi. Mittaajan kannattaa hyödyntää näitä tietoja omien työtehtävien suunnittelussa ja aikatauluttamisessa. Kaivinkonekuljettajilta saa myös hyviä neuvoja siitä, minne takymetrin voi pystyttää ilman, että se on koneiden ja muun työmaaliikenteen tiellä. Kokeneet kuljettajat osaavat aikatauluttaa työn etenemistä myös niin, että mittaajalle syntyy sopivia hetkiä käydä esimerkiksi mittaamassa tarkkeita.

Takymetrin asemapaikka kannattaa valita niin, että asemapaikalta näkee mahdollisimman laajalle ja kauas. Mittaajan tulee ratatyömaalla takymetrin asemoinnissa ottaa huomioon, ettei ohi ajavan junan ilmavirta kaada takymetria tai vie muita työvälineitä mukanaan. Takymetrin kuljetuslaatikko kannattaa laittaa aina kiinni vähintään yhdellä lukolla, sillä laatikko kaatuu ilmavirrassa herkästi ja kaikki laatikon sisältämät tavarat leviävät maastoon. Takymetrin ympärille kannattaa mittaajan laittaa varoituskartiot tai vähintään takymetrin kuljetuslaatikko noin 0,5–1 metrin päähän laitteesta. Mittauskojeet ja muut työvälineet tulee myös aina sijoittaa niin, etteivät ne ole kulkuteillä tai työmaan ulkopuolisten ihmisten saatavilla.

## 5.2 Oppeja ja käytännön vinkkejä infra- ja ratatyömaille

Mittaajan kannattaa perehtyä infratyömaan aineistoon, työvaiheisiin ja aikatauluun huolellisesti ennen mittausperustan tekemisen aloitusta. Tämä auttaa rakentamaan toimivan mittausperustan, jossa kiintopisteiden ja tarrojen määrä sekä niiden sijainti vastaavat työmaan tarpeita koko työmaan elinkaaren ajan. Hyvin sijoitellut kiintopisteet ja tarrat eivät tuhoudu tai katoa työmaaliikenteen vuoksi. Tarkepisteitä olisi hyvä tehdä tasaisesti työmaa-alueelle. Infratyömaalla työsuunnitelmat voivat muuttua nopeasti, joten tarkepisteitä on hyvä olla heti käyttövalmiina eri puolilla työmaata. Tarkepisteiden lähelle kannattaa laittaa rima, johon on niitattu sihtilaput, joihin on kirjoitettu tarkepisteiden koordinaatit. Muovisia sihti-

lappuja käytetään infratyömailla maanrakentamisen pysyviin ja näkyviin merkin­ töihin. Tarke­pisteitä voi myös tarvittaessa käyttää lähtöpisteinä takymetrin orien­ toinnissa.

Infratyömaalla työskentelevä mittaaja toimii hyvin vaihtelevissa ympäristöissä, sillä kohteet vaihtelevat keskikaupungin kaduista ja puistoalueista moottoriteiden ja lentokenttien rakentamiseen. Infratyömaalla tulee seurata työmaa-alueella ja sen läheisyydessä olevaa liikennettä. Jos työauton joutuu pysäköimään tien var­ teen, työautossa tulee olla näkyvät ja selkeät varoitusvalot. Mittaajan tulee pitää ympäristöään silmällä aina myös junaradalla työskennellessään, vaikka alueella on joko rataturvavastaavan hankkimat työluvut tai työskentely suoritetaan turva­ miehen kanssa. Turvamiesten käyttämässä Julia-järjestelmässä olevat tiedot ei­ vät aina pidä täysin paikkaansa, siellä järjestelmä ei esimerkiksi näytä rataver­ kolla liikkuvia työkoneita tai muuta kunnossapitokalustoa. Radanpidon turvalli­ suusohjeiden mukaiset työvaatteet tulee olla aina työntekijän yllä. Nuotin mittaa­ misessa raiteen kartoittamisen oppii nopeasti, mutta varsinaisen nuotin laatimi­ sessa vaaditaan ratatekniikan ja rakenteiden syvempää ymmärtämistä sekä työ­ kokemusta.

Mittaajan työajat riippuvat paljon työmaahakkeiden aikatauluista. Mittaajan tulee­ kin varautua vaihtelevaan työaikaan. Erityisesti hankkeen valmistumisen lähes­ tyessä mittaajalla riittää paljon töitä ja työpäivät voivat olla todella pitkiä. Rata­ osuuksien liikennemäärät vaikuttavat suuresti ratatyömaiden työskentelyaikoihin, ja ratatyömailla työskentelevän mittaajan tulee olla työajoistaan hyvin joustava.

## 6 PÄIVÄKIRJAMERKINNÄT

Pidin päiväkirjaa koko harjoittelu ajan eli 1.5.–31.8.2023. Tähän opinnäytetyöhön on valittu vain ne päiväkirjamerkinnät, jotka koskevat infra- ja ratamittauksiin liittyviä työtehtäviä. Viikolla kahdeksan pidin saldovapaaviikon.

### 6.1 Viikko 1

Ensimmäinen työpäivä kului toimistolla oman työtietokoneen toimintakuntoon saattamisessa ja ohjelmiin tutustuessa. Tietokoneella voi hakea yrityksen tietokannasta aineistoa ja tallentaa mittaustuloksia jatkokäsittelyä varten. Sain myös uusia työvaatteita, kuten vedenpitävän heijastintakin ja turvakengät.

Toisena työpäivä tein maastotöitä yhdessä työkaverini kanssa. Kohde oli puutaraterminaalien rakennustyömaa Vaalassa, jonne on suunnitteilla kolme uutta raidetta ja uusia teitä. Meidän tehtävänämmä oli alueen kartoittamisen aloittaminen ja maastomallin täydentäminen. Asiakas oli lähettänyt meille ennakoon DXF-tiedostot kartoitettavasta ja mitattavasta alueesta. DXF-tiedosto tarkoittaa AutoCAD tai 3D-Win-ohjelmasta tallennettua datatiedostoa, joka on suunniteltu piirustustietojen jakamiseen erilaisten sovellusten välillä. Olimme siirtäneet tiedostot mittalaitteiden tallentimille ennen työmaalle lähtöä. Orientoimme takymetrin mittapisteitä hyödyntäen. Ratatyömailla mittapisteistä käytetään nimitystä vr-piste. Lunta oli vielä paljon, joten jouduimme kaivamaan yhden vr-pisteen melko syvältä hangesta. Orientoinnin jälkeen teimme junaradan kartoitusmittausta. Junaradan mittaamisessa tärkeintä on raiteiden nosto- ja sivusiirtoarvojen mittaaminen eli nuotitus. Nuotitusta tehdään, jotta raiteilla toimiva tukemiskone voi siirtää ja nostaa raiteet suunniteltuun sijaintiin. Mittasimme myös ratasepeliä ja muita radan rakenteita noin kilometrin matkalta. Tämän jälkeen aloitimme teiden kartoituksen GNSS-mittauksella, sillä teiden lähetyvillä ei ollut valmiita kiintopisteitä. Kolmantena työpäivänä palasimme kohteelle ja saimme kartoitettua raiteen ja radan rakenteet valmiiksi tältä erää. Mittasimme myös laaduntarkkailun vuoksi takymetrin orientoinnissa käytetyt vr-pisteet GNSS-kiintopistetoiminolla. Tämän jälkeen kartoitimme myös radan alittavan siipimuurisillan näkyvät nurkat

ja rummun koon. Lopuksi kartoitimme ja merkitsimme maaperätutkimusreikiä ympäri työmaa-alueetta.

Neljäntenä työpäivänä olimme työkaverini kanssa tekemässä raiteen kartoitusta eli nuotitusta Simossa. Kohde oli käytössä oleva kaksiraiteinen liikennepaikka, joka mahdollistaa esimerkiksi junien turvallisen ohituksen. Takymetrin orientointi onnistui nopeasti, koska takymetrin kojeaseman kohdat oli merkitty aikaisemmassa kartoituksessa kiskojen kylkeen. Työkaverini toimi turvamiehenä mittauksen ajan. Turvamies valvoo ja tarvittaessa varoittaa junaradalla olevia työntekijöitä junaliikenteestä. Turvamiehenä toimimiseen tarvitaan koulutus, jota minulle ei ollut. Työpäivän aikana kartoitimme raidetta noin 1,2 kilometrin matkalta.

Ensimmäinen työviikko kului junaradalla työskentelyn kertauksen parissa, sillä asioita oli unohtunut viime kesältä jonkin verran. Sain itse keskittyä mittaamiseen, sillä työkaverin toimi tarvittaessa turvamiehenä. Maastomallia varten tehtävä mittaus oli raskasta, koska lunta oli vielä työmailla runsaasti. Lumen määrä myös rajoitti mittaustyön edistymistä, koska emme päässeet osalle kartoitettavia alueita. Pitkävartiset turvakärkikumisaappaat olisivat olleet erittäin hyvä jalkinevalinta. Kannettavan työtietokoneen avulla pääsin tarkastelemaan myös kentällä työnantajan omaa tietokantaa ja tilaajan Infrakittiä. Infrakit on tiedonhallintajärjestelmä, jonne tallennetaan ja jaetaan projektiin liittyviä aineistoja.

## 6.2 Viikko 2

Ensimmäisenä työpäivänä jatkoimme Simossa junaradan liikennepaikan pääradalla nuotin mittausta. Saimme työkaverini kanssa yhdeltä kojeasemasta mitattua viimeisen osion pääraiteesta valmiiksi. Tämän jälkeen aloitin sivuraiteen kartoituksen. Sivuraide on noin yhden kilometrin pituinen. Koska edelliset mittaajat olivat merkinneet kiskojen kylkeen merkin mittauskohdasta, minun oli helppo mitata nuotti samoista merkeistä. Pääsimme sivuraiteen vaihteelle eli kohtaan, jossa sivuraide yhdistyy pääraiteeseen. Merkitsimme vaihteelle tuennan lopetuskohdan tukemiskoneelle.

Toinen työpäivä kului toimistolla Suomussalmen kohteen valmistelutöiden merkeissä. Suomussalmen kohde oli tietyömaa, jossa levennettiin ja parannettiin olemassa olevan tien rakennekerroksia. Minun ja työkaverini oli tarkoitus mennä tekemään sinne mittausperusta. Siirsin työnantajan tietopankista tarvittavat kohdeaineistot tallentimelleni. Lisäksi siirsin tallentimelleni Infrakit-järjestelmästä muutamia malleja ja geometrioita.

Kolmantena työpäivänä lähdimme työkaverini kanssa Suomussalmelle. Orien-toimme takymetrin vuonna 2021 tien varteen tehtyjen kiintopisteiden avulla ja mittasimme tarroja tien varrelle jääviin puihin. Nämä tarrat muodostavat työmaan mittausperustan. Teimme lisäksi tarkepisteitä. Tarkepiste on mittapiste, jonka päällä maarakennuskoneen kuljettaja voi kalibroida koneen kauhan ja tarkistaa koneen vastaanottimien tarkkuuden. Maassa olevan lumen vuoksi työ eteni hitaasti. Asiakas pyysi meitä myös mittaamaan sähköpylväiden sijainnit työmaan massanvaihto- ja oja-alueilla kaivuutöiden suunnittelua varten, sillä ilmasähköjohdot purettaisiin ja siirrettäisiin maan alle. Kartoitimme sähköpylväät GNSS-mittauksella ja merkitsimme samalla spraymaalilla massanvaihtoalueet paalulukui-neen maastoon. Saimme neljäntenä työpäivänä Suomussalmen kohteen sille vii- kolle suunnitellut kartoitustyöt valmiiksi. Teimme myös työmaatoimiston läheisyy- teen yhden tarkepisteen ja viisi tarraa.

Neljäntenä työpäivän aikana siirryimme Paltamoon. Paltamon kohde oli rautatie- liikennepaikka, jossa oli yksi sivuraide. Pehdyimme ensin kohteen aineistoihin asiakkaan lähettämien GT-tiedostojen avulla. GT-tiedosto on tekstimuotoon tal- lennettua kartoituspistetietoa, joka voidaan muuntaa maastotietokoneessa kart- takuvaksi. Tiedostoon asiakas oli merkinnyt kartoitettavat kohteet, joita olivat ju- naradan sähkö- ja turvalaiterakenteet. Kaikki rakenteet tuli mitata ja koodata tie- ja ratahankkeiden mittausohjeiden mukaan. Emme tunnistanee työkaverini kanssa kaikkia radan rakenteita ja sen osia, vaikka mittausohjeessa oli mit- tausohjeiden lisäksi kuvia. Osan rakenteista saimme kuitenkin mitattua oikeilla koodeilla ja osan joutuisimme korjaamaan toimistolla.

Viikon viimeinen työpäivä kului toimistolla. Käsittelimme työkaverini kanssa 3D- Win-ohjelmalla viikon aikana mittaamamme tiedostot. Minä laadin PDF-kuvat

Suomussalmen kohteen sähköpylväistä, jossa oli paaluluku pylvään kohdalta ja pylvään etäisyys massanvaihto- ja YYP-malleihin nähden. YYP on lyhenne sanoista ylin yhdistelmäpiste, joka tarkoittaa suunnitellun ylimmän kerroksen lopullista pintaa.

Toisen työviikon suurin opetus oli, että Liikenneviraston mittausohjeesta on löydettävissä hyvin apua mittaamisen aikana ilmenneisiin ongelmiin. Tunnistimme esimerkiksi työkaverini kanssa mittausohjeen avulla jonkin verran meille aikaisemmin tuntemattomia junaradalla olevia kohteita. Liikenneviraston mittausohjeiden julkaisun jälkeen kuitenkin joidenkin kytkentärasioiden ulkomuoto on muuttunut, joten laitoimme työnantajan koneohjausosastolle lisäselvityspyyntöä meille tuntemattomista kohteista.

### 6.3 Viikko 3

Ensimmäisenä työpäivänä menimme työkaverini kanssa työnantajamme toimiston lähellä olevalle tiettyömaalle, jonne mittasimme kolme tarkepistettä. Tämän jälkeen lähdimme Suomussalmelle jatkamaan mittausperustan tekoa. Kun mittasimme tarroja toisesta kojeasennosta, tallennin ilmaisi suuria eromittoja ensimmäiseen asentoon verrattuna. Eromitat olivat useita senttejä, joten teimme takymetrille kenttäkalibroinnin. Kalibroinnilla saimme eromittavirheet korjattua. Viikon toisena työpäivänä palasimme Suomussalmelle ja saimme tehtyä sille viikolle suunnitellun alueen mittausperustan valmiiksi. Jatkoimme Suomussalmelta vielä Vaalaan, jossa jatkoimme maastomallin mittausta.

Kolmantena työpäivänä lähdimme käymään Kalajoen kohteella, joka oli rakennustyömaa. Työmaalla teimme Loadman-kokeita. Loadman on pudotuspainolaite, jolla voidaan tehdä tiiveys- ja kantavuuskokeita. Teimme kokeita kuudesta eri kohtaa. Palasimme mittauksen jälkeen toimistolle tekemään asiakkaalle raportin kokeen tuloksista. Seuraavaksi laadin Vaalan kohteen puuttuvista kartoituksista päivitetyn DXF-tiedoston, jonka avulla mittaus- ja kartoitustyö olisi jatkossa joutuisampaa. Samana päivänä sain myös käyttöni työauton ja Trimblen mittauskaluston. Mittauskalustoon kuuluu S6-takymetri, R8-GNSS-vastaanotin ja



TSC3-maastotallennin. Viikon viimeisenä työpäivänä kävin Suomussalmella mittaamassa kaikki mittausperustan mittaamisessa käyttämämme kiintopisteet. Pisteitä oli kaikkiaan 17 kappaletta. Mittasin ne GNSS-kiintopistemittaustoiminolla.

Työviikon aikana suoritin takymetrin kenttäkalibroinnin kaikki vaiheet onnistuneesti. Loadman-kokeet olivat kokonaan uusi työtehtävä, jota en edellisellä keuhana päässyt tekemään. Kokeen suorittaminen oli helppoa. Suurin työ oli raportin kirjoittaminen työn tilaajalle. Raporttiin kuului kokeen laskennan tulokset välivaiheineen, koordinaattilistaus koepisteistä sekä karttaliite.

#### 6.4 Viikko 4

Koko viikko kului Vaalan maastomallin mittaamisen parissa. Kartoitin pääosin itsenäisesti alueella olevia kanjonimaisia oja, joiden syvyys oli jopa 10 metriä. Puiden vuoksi GNSS-vastaanottimen toiminta oli välillä huono, joten mittausvälit vaihtelivat jonkin verran. Kuitenkin pyrin mittaamaan kohteet 20 metrin välein. Sain viikon puolivälissä käyttööni pidemmän prisma-auvan, jolla GNSS-vastaanottimen pystyi nostamaan tarvittaessa jopa 4,5 metrin korkeuteen. Pidemmällä prisma-auvalla vastaanotin alkoi toimia paremmin. Toisaalta pitempää sauvaa oli raskaampi kantaa ja kulkeminen hidastui hieman tiheimmissä risukoissa. Ostin itselleni pitkävartiset kumisaappaat, joten liikkuminen ojissa oli hieman miellyttävämpää, vaikka maasto oli vetistä ja upottavaa. Tällä viikolla Liikenneviraston mittausohjeen koodilista maaston muotojen kohteista alkoi olla jo hyvässä muistissa.

#### 6.5 Viikko 5

Työviikon kolme ensimmäistä päivää kuluivat toimistolla editoidessa Vaalan maastomallimittaustuloksia 3D-Win-ohjelmalla. Poimin kartoitustiedostoista kooditietojen mukaan kaikki mitatut pisteet ensin omille tasoille, jotta koodikohtaisia tietoja olisi tarvittaessa helpompaa tarkastella. Tämän jälkeen kokosin maastomallia varten yhdelle tasolle kaikki mitatut pisteet. Jouduin kertaamaan maastomallin editoinnissa Liikenneviraston mittausohjeesta säännöksiä, jotta mallista tuli ohjeen mukainen.

Kävin suorittamassa viikon aikana myös maastotöitä. Kolmantena työpäivänä kävin mittaamassa toimiston lähellä olevalla tietyömaalla kolme kaivoa. Neljäntenä työpäivänä olin työkaverini kanssa mittaamaan Simoon junaradan liikennepaikalla tarkkeita. Tarke tarkoittaa tarkemittauksen yhteydessä mitattavaa pistettä, jonka avulla nähdään, vastaako kohde mittauspisteessä kohteelle suunniteltuun pintaan. Tarketta ei tule sekoittaa kuitenkaan tarkepisteeseen. Tukemiskone oli edellisenä yönä tukenut rataosuuden. Meidän tehtäväksemme tuli mitata nuotit, jotta saataisiin selville, oliko rata suunnitellussa sijainnissa ja tuenta onnistunut. Pian selvisi, että pääraide oli noin 100 metrin matkalta sivussa geometriasta. Ilmoitimme asiasta tilaajalle, ja tukemiskone saapui Kemistä korjaamaan osuuden uudet nuotit saatuaan.

Viidentenä työpäivänä mittasimme työkaverini kanssa Pellossa raakapuuterminnaali alueen raiteille ja vaihteelle nuotit. Tukemiskone tulisi aamupäivällä töihin, joten aloitimme työt aikaisin aamusta. Osa työmaan tähystarroista oli tuhoutunut tai ne eivät pitäneet oikein paikkaansa, joten takymetrin orientointi ei onnistunut. Jouduin lopulta tekemän apupisteitä ja uusia tarroja, jotta koko alueelle saataisiin luotettavat lähtöpisteet. Onnistuneen orientoinnin jälkeen mittasimme ensin nuotit kahdelle vaihteelle ja lastausalueelle johtavalle raiteelle. Tukemiskoneen tuennan jälkeen mittasimme tarkkeet tuetuilta osuuksilta. Totesimme, että tuenta oli onnistunut. Viidennellä työviikolla nuotin mittaus alkoi sujua jo ilman isompia ongelmia.

## 6.6 Viikko 6

Ensimmäinen työpäivä kului toimiston vieressä olevalla tietyömaalla. Tie oli tarkoitus profiloida valmiilta osuuksilta, ja minun tehtäväni oli etsiä peitettynä olleiden kaivojen ja venttiilien kansien sijainti. Tien profilointi tarkoittaa tien viimeistelyä maatäytöillä ennen päällysrakenteen levittämistä. Kannet peitellään maahan, jotta ne eivät vaurioituisi muiden työvaiheiden takia. Ennen työmaalle menoa latsasin tallentimelle kaivojen kartoitustiedostot. Näiden tietojen perusteella etsin työmaalla kaivot ja merkitsin niiden sijainnin merkintämaalilla. Samalla maalasin kantavan kerroksen korkeuden, jotta kaivinkoneenkuljettaja osaisi nostaa kannen

oikeaan korkeuteen. Viikon toisena työpäivänä palasin samalle työmaalle tarkistamaan, että kaikki kannet oli nostettu. Yhtään kantta ei ollut kuitenkaan nostettu, sillä koron merkinnät olivat kaivinkoneenkuljettajalle epäselviä. Olin merkinnyt kantavan korkeuden miinusmerkkisenä, mutta ne olisi pitänyt kaivinkonekuljettajan mielestä merkitä plusmerkkisenä. Tästä opin, että työmaalla kannattaa keskustella konekuljettajien kanssa, jotta ei tulisi epäselvyyksiä ja väärinymmärryksiä merkintätavoissa, sillä merkintätapoihin ei ole olemassa yhtä tapaa. Osa merkeistä oli kadonnut raskaan kaluston liikenteen vuoksi, joten päätin merkitä osan kansista laittamalla puuriman tien reunaan, jossa oli etäisyys kanteen. Palasin tämän jälkeen toimistolle valmistelemaan loppuviikon junaradalla tapahtuvia mitaustöitä.

Kolmantena työpäivänä menin Utajärvelle kartoittamaan junaradalle kaapelikanavia, -reittejä ja -kaivoja yhdessä asiakkaan kanssa. Utajärven kohde oli äskettäin valmistunut liikennepaikka. Asiakas toimi työmaalla turvamiehenä. Koska asiakas pystyi osoittamaan kaapelireittien kulun, jäi tehtäväkseni seurata asiakkaan ohjeistusta. Merkitsin samalla myös asiakkaan antamia lisäkohteita, joita olivat esimerkiksi liikennemerkkien ja radan kaarien sijainnit. Työ jatkui neljäntenä työpäivänä. Kahden työpäivän aikana saimme asiakkaan kanssa kartoitettua neljä liikennepaikkaa ja rataosuutta. Opin junaradan kartoittamisessa paljon lisää, koska mukana oli henkilö, joka osasi kertoa kohteiden oikeat koodit. Viikon viimeisenä työpäivänä menin mittaamaan yhdessä työkaverini kanssa Simon liikennepaikan sivuraiteen viimeiset tarkkeet. Työ oli sujuvaa, koska kiskon kyljessä olevat merkit olivat näkyvissä ja junia ei kulkenut työskentelyn aikana ollenkaan.

## 6.7 Viikko 7

Viikon ensimmäisenä työpäivänä kävin Kiimingissä mittaamassa kaivoja maastomallia varten. Kiimingin kohde oli alkava rakennustyömaa. Työ oli tuttua ja helppoa tehdä, mutta mittaustulokset piti koodata Oulun vesilaitoksen omilla koodilla. En muistanut koodeja ulkoa, tämän vuoksi minulla oli puhelimesta valo-

kuva koodilistasta. Kuvan avulla sain kaivot ja niiden lähdöt koodattua heti mittauksen aikana oikein. Työtahti hidastui koodilistan tutkailun vuoksi hieman, mutta sillä säästi tulevaa toimistotyöaika, koska koodaus oli tallentimella oikein. Toisena työpäivänä palasimme työkaverini kanssa Paltamon kohteelle, jossa mittasimme nuottia liikennepaikan lisäraiteelle. Mittauksessa selvisi, että rata oli tasosijainniltaan geometrian mukainen, mutta se oli painunut koko matkalta noin kaksi senttimetriä. Kolmas työpäivä kului toimistolla Vaalan maastomallin parantelun parissa. Viimeisenä työpäivänä lähdin Suomussalmen kohteelle mittaamaan tarkkeita valmiista ojista ja ojan luiskista. Mittauksen tein takymetrillä YIV-ohjeistuksen mukaisesti 200 metrin välein. Tämän jälkeen tein työmaalle kolme uutta tarkepistettä, joiden paikat kaivinkoneidenkuljettajat olivat etukäteen valinneet.

## 6.8 Viikko 9

Viikko alkoi Suomussalmen tarkkeiden ja tarkepisteiden editoinnilla 3D-Win-ohjelmalla. Kun sain tarkkeiden tiedostot valmiiksi ja tallennettua työnantajan tietokantaan, lähetin tiedostot myös asiakkaalle. Tarkepisteet lisäsin suoraan Infrakit-järjestelmään. Tämän jälkeen lähdin Vaalan kohteelle mittaamaan maastomallia, koska suunnittelijoilta oli tullut pyyntö muutaman yksittäisen kohteen paikkatiedoista. Toisena työpäivänä kävimme työkaverini kanssa Paltamossa tekemässä nuotitusta pääradan massanvaihtoalueelle ja yhdelle vaihteelle. Viikon kolmas työpäivä kului toimistolla Vaalan kohteen mittauksia editoidessa. Lisäsin esimerkiksi uudet tarkkeet maastomalliin.

Neljäntenä työpäivänä lähdimme tekemään mittausperustaa ja tarkistamaan kauhoja eli kaivinkoneiden koneohjausjärjestelmän paikannustarkkuutta. Kohde oli uusi katutyömaakohde Oulussa. Käytimme takymetrin orientoinnissa ja mittausperustan lähtöpisteinä työmaan lähellä olevia kaupungin kiintopisteitä. Teke miemme tähystarrojen sijainnit tuli miettiä tarkasti, koska emme tienneet työmaan tarkkaa aluerajausta. Suurimman osan tarroista sijoitimme läheisiin puihin. Viimeisenä työpäivänä lähdimme työkaverini kanssa Pelloon merkitsemään tietyömaalle asfaltin sijaintia. Kohde oli lähellä raakapuuterminaalien, jossa olimme aikaisemmin työskennelleet. Merkittävää tietä oli reilun kahden kilometrin verran.

Sijainnin mittaamisessa käytimme GNSS-vastaanottimia. Merkitsimme merkintämaalilla asfaltin sijainnin 20 metrin välein suorilla osuuksilla ja kaarissa 5–10 metrin välein.

## 6.9 Viikko 10

Viikko alkoi Vaalan maastomallin täydentämisellä, sillä yksi suunnittelijoista halusi alueen lähellä olevien venttiileiden sijaintitiedot. Suunnittelijat olivat myös tehneet maastokatselmuksen Vaalan kohteesta, ja he halusivat muutamista kohteista tarkkeita. Vaikka GNSS-vastaanottimen yhteydet olivat todella huonot, sain mitattua kolme kiintopistettä. Näiden kiintopisteiden avulla orientoin takymetrin ja mittasin pyydetyt kohteet takymetrilla. Toinen ja kolmas työpäivä kuuluivat Oulun kadunrakennustyömaalla. Sain tehtyä mittausperustan valmiiksi ja lisäksi työskentelin yhdessä asiakkaan alihankkijan kaapelinnäyttäjän kanssa. Viikon aikana tein toimistolla 3D-Win-ohjelmalla kaapelireiteistä tiedoston, jonka tallensin DXF-muodossa työnantajan tietokantaan ja lähetin sen asiakkaalle. Loppuviikko kului Pellon tietyömaalla, jossa mittasin takymetrilla asfaltitarkkeita ja kartoitin uusia kaivoja. Tien päällystetyö eteni hitaasti teknisten ongelmien vuoksi.

## 6.10 Viikko 11

Ensimmäinen työpäivä alkoi Oulussa kadunrakennustyömaalla, jossa kartoitin telekaapelireittejä GNSS-vastaanottimella. Tämän jälkeen mittasin takymetrilla uusia kaivoja, joita oli alueelle rakennettu. Iltapäivällä palasin toimistolle, jossa käsittelemme kohteen mittauksia. Toisena työpäivänä lähdin Vaalaan uudelle työmaalle mittaamaan maanpinnan hajapisteitä eli maanpinnan korkeuksia. Kohteena oli syksyllä alkava infratyömaa. Mittasin GNSS-mittauksella hajapisteet 10 metrin välein asiakkaan toimittaman aluerajauksen mukaisesti.

Kolmantena työpäivänä olin kävin tutustumassa Oulussa uudella rakennustyömaalla, jossa alkoi betonipaalujen asennus eli paalutus. Tämän jälkeen siirryin Oulun kadunrakennustyömaakohteelle tekemään koneiden kauhojen viikkotarkastuksia. Neljäntenä työpäivänä palasin paalutustyömaalle yhdessä toisen harjoittelijan kanssa. Merkitsimme paalun paikkoja ja mittasimme tarkkeita asenne-

tuista eli lyödyistä paaluista. Paalutuskoneen kuljettaja kertoi, missä järjestyksessä hän aikoi työmaalla edetä, ja niin pystyimme merkitsemään paalun paikat ilman, että ne katoisivat muun työmaaliikenteen vuoksi. Viidentenä työpäivänä suoritin ensin toimistolla sähköisen työmaaperehdytyksen, jotta sain kulku- ja työskentelyluvan Oulussa sijaitsevaan tehtaan alueelle. Tämän jälkeen siirryimme työkaverini kanssa tehtaalle, jossa mittasimme tehtaan laajennusosan maanpinnan hajapisteitä GNSS-mittauksella. Mittaustyö oli sujuvaa ja saimme alueen kartoitettua nopeasti, joten ehdin käsitellä kohteen mittaustulokset toimistolla vielä saman päivän aikana.

### 6.11 Viikko 12

Viikon kaksi ensimmäistä työpäivää työskentelin kokonaan Oulun paalutustyömaalla, jossa merkitsimme työkaverini kanssa paalujen paikkoja ja katkaisukorjoja sekä mittasimme lyötyjen paalujen tarkkeita. Katkaisukorjojen merkitsemisessä tuli olla tarkkana, sillä paaluryhmän katkaisukorot saattoivat poiketa toisistaan. Paalutus eteni hitaasti, koska valmiita tasoja, joihin paaluja olisi voinut lyödä, ei ollut saatu tehtyä vielä valmiiksi. Kolmantena työpäivänä lähin Oulun kadunrakennustyömaalle suorittamaan kaivinkoneiden kauhojen viikkotarkastuksia. Tämän jälkeen jatkoin työmaan mittausperustan laatimista. Ehdin vielä iltpäivällä Oulussa sijaitsevalle tehdastyömaalle, jossa mittasin allasrakennelman täytön tarkkeita sekä laadin kaksi tarkepistettä. Neljännen työpäivän aamuna käsittelemällä toimistolla kaikki viikon aikana mitaamani mittaustulokset, jotka tallensin työnantajan tietokantaan ja lähetin asiakkaalle. Tämän jälkeen tein Vaalan kohteesta itselleni 3D-Win-ohjelmalla mallin, jossa oli kaikki aiemmin mitatut hajapisteet yhdessä kuvassa. Kuvan avulla pystyin hahmottamaan maastossa olevat alueet, jotka olivat vielä mitaamatta. Tämän jälkeen lähdin Vaalaan, jossa mittasin maanpinnan puuttuvat hajapisteet. Viides työpäivä kului paalutustyömaalla.

### 6.12 Viikko 13

Viikon ensimmäisenä työpäivänäni menin toimiston läheiselle tietyömaalle tarkastamaan tien rakennekerroksia. Tien rakentamisessa oli meneillään kantavan kerroksen rakentaminen, jota tiehöylä tasoitti. Mittasin tarkkeet höylän tasoittamalta osalta tien reunoilta ja keskilinjasta 20 metrin välein. Mittauksen tuloksena

oli, että tie oli rakennettu mallin mukaisesti. Tarkistin samalla tiehöylän terän eli mittalaitteiden paikannustarkkuuden kuljettajan pyynnöstä. Viikon toisena työpäivän olin aamupäivän toisen harjoittelijan kanssa paalutustyömaalla. Iltapäivällä kävin kadunrakennustyömaalla tekemässä kaivinkoneiden kauhojen viikkotarkastuksia ja mittasin samalla muutamia tarkkeita vesijohtolinjoista, jotka olivat vielä näkösällä. Kolmannen työpäivän aloitin toimistolla, jossa kirjoitin kadunrakennustyömaan koneiden viikkotarkastusraportin, editoin ja tallensin mittaustulokset ja lähetin ne asiakkaalle. Tämän jälkeen lähden työmaalle mittaamaan valmistuneen kantavan kerroksen tarkkeet. Tiehöylä oli jo aloittanut tien profilointikerroksen rakentamista. Mittasin profilointikerroksen tarkkeet valmistuneilta osilta. Viikon neljäntenä työpäivänä mittasin profilointikerroksen tarkkeita.

#### 6.13 Viikko 14

Viikon ensimmäinen työpäivä alkoi toimiston läheisellä tietyömaalla. Tien profilointi oli loppusuoralla ja asfaltinlevitys aloitettaisiin tulevana yönä. Aloitin asfaltin reunojen ja keskilinjan merkitsemisen ja mittasin samalla puuttuvia tarkkeita. Ensimmäisen työpäivän kestoksi tuli 15 tuntia. Viikon toinen työpäivä kului myös asfaltin merkinnässä. Sain työpäivän aikana merkittyä kaikki merkit lähes kolmen kilometrin pituiselta tieltä. Kolmas työpäivä alkoi kadunrakennustyömaalla kaivinkoneiden viikkotarkastuksella. Mittasin samalla useita kaivoja, joita oli rakennettua valmiiksi viime käyntini jälkeen. Neljäs ja viikon viimeinen työpäivä kului Suomussalmen tietyömaalla. Teimme siellä yhdessä työkaverini kanssa levykuormitus- ja Loadman-kokeita tien suodatin- ja kantavalle kerrokselle. Saimme levykuormituskokeeseen apua kaivinkonekuljettajalta niin, että kaivinkone toimi levykuormituskokeen vastapainona. Kaivinkoneenkuljettaja kaivoi suodatinkerroksen esiin Loadman-kokeita varten. Levykuormituskoe ei ole teknisesti vaikea tehdä ja sen oppi nopeasti tekemään. Levykuormituskokeet tehtiin kantavasta kerroksesta. Loadman on myös helppokäyttöinen laite, jolla saa tulokset heti mittauksen jälkeen. Teimme päivänä aikana 20 levykuormituskoeita ja 28 Loadman-koeita.

## 7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kuvata maanmittausharjoittelijan työtehtäviä infra- ja ratamittauksen parissa sekä jakaa saamiani oppeja ja käytännön vinkkejä sujuvampaan mittaamiseen. Omakohtaiset kokemukseni infra- ja ratamittauksesta koostuvat kesien 2022–2023 työharjoittelusta keskikokoisessa Oulussa toimivassa mittausyrityksessä. Pidin harjoittelupäiväkirjaa 14 viikon ajalta kesällä 2023. Opinnäytetyön pääasiallisena lähteenä käytin omakohtaisten kokemusteni lisäksi työkavereideni kanssa käytyjä vapaamuotoisia keskusteluja, Liikenneviraston mittausohjeita, Väyläviraston ratateknisiä ohjeita, Building Smart Finlandin yleiset infravaatimukset -ohjeistuksia sekä Rakennustieto Oy:n RT-kortisto ja Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset -ohjeistuksia.

Mittaajan työtehtävät koostuvat merkintä- ja kartoitusmittauksista. Infratyömailla mittaustehtävät ovat pääasiassa rakennettujen rakennekerrosten tarkemittauksia, koneiden tarkastuksia sekä tukiaseman toimivuuden varmistamisesta. Ratamittauksessa työtehtävät painottuvat raiteiden sijainnin mittaamiseen eli nuotinmittaukseen. Tämän lisäksi mittaaaja kartoittaa raiteiden sijainnin geometriaan nähden. Näistä mittaustuloksista tehdään nuotti tukemiskoneelle, joka siirtää ja tukee radan geometrian mukaiseksi.

Harjoitteluideni aikana opin, että mittaaajan tulee huolehtia hyvin käyttämisestään mittalaitteista. Mittalaitteita tulee käsitellä aina varovasti ja säännöllinen kalibrointi auttaa pitämään mittalaitteet tarkkoina. Erityisen tärkeää mittaaajan työssä on suorittaa mittaukset huolellisesti ja tarkasti. Mittaaajan tulee tarkkailla mittalaitteiden ilmoittamia lukemia, jotta mahdolliset virheet tulisi huomattua mahdollisimman nopeasti. Mittalaitteiden tarkka orientointi poistaa usein mittausvirheet, mutta toisinaan tarvitaan myös kenttäkalibrointia. Mittaaajan kannattaa dokumentoida aina tilaajan pyytämät tehtävät, vaikka tilaaja ei näistä mittauksista haluaisi erillistä raporttia. Mittaustulokset olisi hyvä käsitellä jokaisen kenttätyöpäivän päätteeksi. Mittaaaja työskentelee tiiviisti etenkin kaivinkonekuljettajien kanssa. Mittaaajan kannattaakin jututtaa kaivinkonekuskeja pohtiessaan esimerkiksi sopivaa ajankohtaa tarkkeiden mittaamiselle tai takymetrin asemapaikkaa. Infratyömaan mittausperustan huolelliseen suunnitteluun kannattaa käyttää aikaa, sillä kiintopisteiden ja



tarrojen oikealla sijoittelulla säästää paljon aikaa. Työkoneille tarkoitettuja tarkepisteitä kannattaa sijoittaa tasaisesti koko työmaan alueelle. Tarkepisteet kannattaa merkitä sihtilapuilla, joihin on kirjoitettu pisteen koordinaatit. Mittaaja työskentelee usein ympäristöissä, joissa liikkuu paljon raskaita työkoneita. Siksi mittaajan tulee kiinnittää huomiota ympäristöönsä kaikilla aisteilla. Mittaajan kannattaa varautua vaihteleviin työaikoihin, sillä toisinaan työpäivien pituus voi olla hyvinkin pitkä. Varsinkin uraansa aloittelevan mittaajan työskentely on jatkuvaa oppimista. Jokaiselle mittaajalle kehittyy erilaisia työtapoja ja mittaustekniikoita työkokemuksen kautta.

Lapin ammattikorkeakoulussa maanmittaustekniikan opiskelija saa perusopinmittalaitteiden käytöstä, takymetrin orientointia ja perusmittaamisen taidoista. Käytännön harjoituksia ei ole montaa, joten mittalaitteiden hallitseminen vaatii työskentelyä mittalaitteiden parissa. Lapin ammattikorkeakoulu ei juuri valmista alan opiskelijoita toimimaan rata- tai infratyömailla. Opetuksessa infra- ja ratamittausta käsitellään lähinnä ohjeistusten ja mittausohjeiden kautta ja samalla käydään läpi mittaajan työhön liittyvää terminologiaa. Tämän opinnäytetyön perusteella Lapin ammattikorkeakoulu voisi ottaa mittalaitteiden käyttämisen opetuksessa mukaan takymetrin kenttäkalibroinnin. Takymetrin kenttäkalibroinnilla voidaan korjata suurimpia mittausvirheiden aiheuttajia, kuten kollimaatio- ja tappikaltevuusvirheet. Lisäksi kenttäkalibroinnilla voidaan ehkäistä ylimääräisiä huoltokuluja ja kalusto on käytettävissä pidempään.

Tämän opinnäytetyön aineisto on kerätty yhden yrityksen palveluksessa, jossa työskentelin kaksi kesää. Rajasin opinnäytetyöni aiheen niihin työtehtäviin, joita tein itse rata- ja inframittausten parissa harjoitteluideni aikana. Tämän vuoksi opinnäytetyöni käsittelee vain tiettyjä mittaajien rata- ja inframittausten työtehtäviä. Jokaisella yrityksellä on omat tapansa toimia, mutta mittaustyö on samantyyppistä jokaisessa yrityksessä. Esittelen työssäni kaikki oleellimmat mittaajan työtehtävät infra- ja ratatyömailla. Halusin keskittyä yleisimpiin mittaustehtäviin ja omiin kokemuksiin. Siksi en mainitse nimeltä yritystä, jossa suoritin molemmat harjoittelujaksot.

Omaa opintopolkua suunnittelevan opiskelija saa tämän työn luettuaan hyvän yleiskuvan infra- ja ratamittausten perustehtävistä. Yleiskuvan avulla opiskelija voi suunnitella paremmin tulevaa uraansa maanmittauksen parissa, sillä osa alalta valmistuneista hakeutuu mittaustehtävien pariin. Tulevissa mittajaan työtehtäviä käsittelevissä opinnäytteissä voisi esimerkiksi selvittää, kuinka paljon valmistuneista maanmittausinsinööreistä työskentelee mittaajana esimerkiksi infra- ja ratamittausten parissa. Jos mittaustehtävissä työskentelevien määrä olisi suuri, Lapin ammattikorkeakoulun olisi hyvä laajentaa opintojaksojensa tarjontaa niin, että ne vastaisivat nykyistä paremmin mittausalalle aikovien opiskelijoiden tarpeita.

## LÄHTEET

Autodesk 2024. Mikä on Autodesk AutoCAD? Viitattu 7.1.2024 <https://www.autodesk.fi/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>.

Building SMART Finland 2021. Yleiset inframallivaatimukset YIV. Viitattu 10.9.2023 <https://drive.buildingsmart.fi/s/AAELrj83NbrHae2>.

Geofix Oy 2024. Leica GMP111 Miniprisma. Viitattu 8.3.2024 <https://www.geofix.fi/tuote/leica-gmp111-miniprisma/>.

Halttunen, T. 2019. Mittaustoimi ratatyömailla. Opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu. Viitattu 24.1.2024 <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019053113637>.

Karppinen, T. 2022. Rakennusmittausopintojakson luennot Lapin AMK:lla syksyllä 2022.

Kinnunen, L. 2024. Kuvia kiskoraudasta.

Laine, A. 2018. Seurantamittaukset takymetri- ja tarkkavaaituskalustolla. Opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu. Viitattu 29.1.2024 <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201805076876>.

Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. 4, uudistettu painos. Rovaniemi: Rovaniemien ammattikorkeakoulu.

Liikennevirasto 2012. Ratatekniset ohjeet osa 4. Vaihteet. Viitattu 10.3.2024 [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2012-22\\_rato\\_4\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2012-22_rato_4_web.pdf).

Liikennevirasto 2017. Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot. Mittausohje. Viitattu 10.12.2023 [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2017-18\\_maastotiedot\\_mittausohje\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2017-18_maastotiedot_mittausohje_web.pdf).

Liikennevirasto 2022. Radanpidon turvallisuusohjeet TURO. Viitattu 19.3.2024 [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2022-40\\_TURO.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-40_TURO.pdf).

Lapin AMK 2021. Opinto-opas 2021–2022. Viitattu 15.3.2024 <https://opinto-opas-amk.peppi4.lapit.csc.fi/708/fi/90/4061/673>.

Rantanen, P. 2001. Maastomittauksen perusteet. 1. painos. Vammala: Opetushallitus

Ratahallintokeskus 2001. Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset. Osa 9 Pylväasperustukset. Viitattu 8.9.2023 [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/RHK/rhk\\_d10\\_rmytl9\\_pylvasperustukset\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/RHK/rhk_d10_rmytl9_pylvasperustukset_web.pdf).

Rudus Oy 2024. I-pylvään jalustat. Viitattu 22.1.2024 <https://www.rudus.fi/tuotteet/infraelementit/ratajohtopylvaat/1695/i-pylvaan-jalustat>.

Sirkiä, T. 2023. Junaliikenteen havaintojärjestelmä. Viitattu 5.3.2024 <https://ju-liadata.fi/>.

SL-Mittaus 2024. Laadunvalvonta. Viitattu 22.1.2024 <https://sl-mittaus.fi/laadunvalvonta/>.

Maanmittauslaitos 2024. Satelliittipaikannus. Viitattu 27.1.2024 <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/satelliittipaikannus>.

Väylävirasto 2021a. Ratatekniset ohjeet 11. Radan päällysrakenne. Viitattu 8.3.2024 [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2021-29\\_rato11\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-29_rato11_web.pdf).

–2021b. Ratatekniset ohjeet osa 2. Radan geometria. Viitattu 8.3.2024 [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2021-22\\_rato2\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-22_rato2_web.pdf).

Väylävirasto 2022. Radanpidon turvallisuus- ja työpätevyyskoulutukset. Viitattu 11.2.2024 <https://vayla.fi/palveluntuottajat/koulutukset/radanpidon-koulutukset>.

Väylävirasto 2023. Ratatekniset ohjeet. Raiteen ja vaihteen koneellisen tukemistyön suunnittelu ja toteuttaminen. Viitattu 8.9.2023 [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2023-30\\_rato23\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-30_rato23_web.pdf).