

Johan Matintupa

# Työnjohdon maastomittaustarpeet ja mittaus- työkalun evaluointi infrarakentamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

7.5.2015

|  |  |
|--|--|
| Tekijä<br>Otsikko<br><br>Sivumäärä<br>Aika   | Johan Matintupa<br>Työnjohdon maastomittaustarpeet ja mittaustyökalun evaluointi infrarakentamisessa<br><br>26 sivua + 1 liite<br>7.5.2015 |
| Tutkinto   | Insinööri (AMK)  |
| Koulutusohjelma  | Rakennustekniikka  |
| Suuntautumisvaihtoehto   | Infrarakentaminen  |
| Ohjaajat   | Mittauspäällikkö Tero Maijala<br>Lehtori Tapani Järvenpää  |
| <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Destia Oy:n tilauksesta. Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia Infrakit-järjestelmää ja siihen liittyvää mittaustyökalua. Opinnäytetyössä selvitettiin mittaustyökalun käytännön tarkkuutta, Infrakit-järjestelmän toimivuutta, Infrakit-järjestelmän keskeisimpiä käyttötarkoituksia sekä Infrakit-järjestelmän kehittämismahdollisuuksia.</p> <p>Tutkimusmenetelminä tarkkuuden selvittämiseen käytettiin mittausta ja Excel-taulukkoa. Toimivuutta, käyttötarkoituksia sekä kehittämismahdollisuuksia selvitettiin haastattelemalla työnjohtajia, joilla oli kokemusta järjestelmästä. Haastattelut analysoitiin kvalitatiivisella sisällönanalyysillä.</p> <p>Tulokseksi tarkkuuteen saatiin taulukko, joka osoittaa, että mittaustyökalu on erittäin tarkka. Toimivuuteen, käyttötarkoituksiin ja kehittämismahdollisuuksiin saatiin kvalitatiivisella analyysillä kaksitoista kategoriaa, jotka kaikki vastaavat opinnäytetyön kysymyksiin.</p> <p>Tutkimusta voisi vielä kehittää eteenpäin siten, että malliin kehitettäisiin laadunvalvontamittauksia tai sitä verrattaisiin linjaan. Opinnäytetyötä voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi erilaisissa kehitystilaisuuksissa, jossa käydään läpi infrarakentamisen uudenlaista teknologiaa.</p> |  |
| Avainsanat   | Mittaustyökalu, maastomittaus, Infrakit, koneautomaatio  |

|   |   |
|---|---|
| Respondent<br>Rubrik  | Johan Matintupa<br>Arbetsledarens behov av mätningar i terrängen samt evaluering av ett mätredskap inom infratekniken |
| Sidantal<br>Tid   | 26 sidor + 1 bilaga<br>7.5.2015   |
| Examen  | Ingenjör (YH)   |
| Utbildningsprogram  | Byggnadsteknik  |
| Inriktningalternativ  | Infrastruktur   |
| Handledare  | Mätningsschef Tero Maijala<br>Lektor Tapani Järvenpää   |
| <p>Detta lärdomsprov är en beställning av Destia Oy. Lärdomsprovets syfte är att undersöka Infrakit – systemet och den mätutrustning som hör samman med det. I lärdomsprovet undersöktes mätredskapets praktiska exakthet, Infrakit – systemets funktion, Infrakit – systemets centrala användningsmöjligheter samt möjligheter att utveckla Infrakit – systemet.</p> <p>Som metod för att mäta exaktheten användes mätning och Excel – tabell. Funktionen, användningsmöjligheterna samt utvecklingsmöjligheterna utreddes via intervju med arbetsledare, som hade erfarenhet av systemet. Intervjuerna analyserades med hjälp av kvalitativ innehållsanalys.</p> <p>Exakthetens resultat utgörs av en tabell, som visar att mätredskapet är mycket exakt. Som resultat beträffande funktionen, användningsmöjligheterna och utvecklingsmöjligheterna gav den kvalitativa analysen tolv kategorier, som alla svarar på lärdomsprovets frågeställningar.</p> <p>Undersökningen kunde ytterligare utvecklas så, att det till modellen skulle utvecklas kvalitativa mätningar som kunde jämföras med linjen. Lärdomsprovet kommer till nytta i till exempel olika utvecklingsprojekt där infrastrukturens nya teknologi utvärderas.</p> |   |
| Nyckelord   | Mätredskap, terrängmätning, Infrakit, maskinautomation  |

|  |   |
|--|---|
| Author<br>Title  | Johan Matintupa<br>The foreman's need to make terrain measurement and evaluation of a measurement tool of infrastructure construction |
| Number of Pages<br>Date  | 26 pages + 1 appendix<br>7 May 2015   |
| Degree   | Bachelor of Engineering   |
| Degree Programme   | Civil engineering   |
| Specialisation option  | Environmental construction  |
| Instructors  | Tero Maijala, Chief Surveyor<br>Tapani Järvenpää, Senior Lecturer   |
| <p>This thesis was commissioned by Destia Oy. The aim of this thesis is to study the Infrakit – system and the measuring device that belongs to it. The practical accuracy, the functionality of the Infrakit – system, the central application options and the possibilities to develop the Infrakit – system were examined in the thesis.</p> <p>The method for examining the accuracy was measurement and an Excel-spreadsheet. For the functionality, application options and development possibilities interviews with foremen, who had experience of the system, were used. The interviews were analysed by using qualitative content analysis.</p> <p>The result for the measurement accuracy is an Excel-spreadsheet, which indicates that the measurement tool is very accurate. The qualitative content analysis gave twelve categories as a result for the functionality, application options and development possibilities.</p> <p>The study can be taken further by developing qualitative measurements to be compared with the trace. The thesis will be useful in for instance different development projects, where the new technology of infrastructure is evaluated.</p> |   |
| Keywords   | Measuring tool, terrain measurement, Infrakit, machine automation   |

# Sisällys

## Lyhenteet

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Johdanto  | 1  |
| 1.1   | Työn tilaaja  | 1  |
| 1.2   | Työn tavoite ja tutkimuskysymykset                      | 2  |
| 2     | Opinnäytetyön käsittely                                 | 3  |
| 2.1   | Työn tietoperusta                                       | 3  |
| 2.1.1 | Infrarakentaminen                                       | 3  |
| 2.1.2 | Tienrakentaminen  | 3  |
| 2.1.3 | Määräseuranta   | 5  |
| 2.1.4 | Rakennusmittaukset                                      | 5  |
| 2.1.5 | Infrakit-mittauslaite                                   | 5  |
| 2.2   | Tutkimus- ja työmenetelmät                              | 6  |
| 2.2.1 | Mittaus   | 6  |
| 2.2.2 | Haastattelu   | 7  |
| 2.2.3 | Excel-tulostointi                                       | 8  |
| 2.2.4 | Sisällönanalyysi  | 9  |
| 2.2.5 | Työn suoritus   | 9  |
| 3     | Opinnäytetyön tulokset                                  | 12 |
| 3.1   | Infrakitin tarkkuus                                     | 12 |
| 3.2   | Infrakitin toimivuus                                    | 14 |
| 3.3   | Infrakitin keskeisimmät käyttötarkoitukset              | 15 |
| 3.4   | Infrakit-järjestelmän kehittämismahdollisuudet          | 17 |
| 3.5   | Haastattelutulosten yhteenveto                          | 18 |
| 3.6   | Opinnäytetyön tulosten luotettavuus ja käyttökelpoisuus | 19 |
| 3.7   | Tavoitteiden saavuttamisen arviointi                    | 21 |
| 3.8   | Työn tulosten merkitys ja sovellusmahdollisuuksia       | 22 |
| 4     | Opinnäytetyön yhteenveto                                | 24 |
|       | Lähteet   | 25 |
|       | Liitteet  |    |
|       | Liite 1. Mittauspöytäkirja                              |    |

## Lyhenteet

|           |  |
|-----------|--|
| GNSS      | Global Navigation Satellite System   |
| Kt 51     | Kantatie 51, myös tunnettu länsiväylänä  |
| Pima      | Pilaantuneet maat  |
| Takymetri | Mittaustyökalu, jota mittausammattilainen käyttää esimerkiksi tarkemittauksessa tai korkojen mittaamisessa |

## 1 Johdanto

Työjohtajien tärkeimpiä tehtäviä on johtaa ja ohjata rakennustöitä työmaalla niin, että ne pysyvät aikataulussa ja budjetissa. Tämän, kuten myös työn sujuvuuden kannalta, työn huolellinen suunnittelu on hyvin tärkeää. Suunnitteluun kuuluu työn ennakointi ja eri työvaiheiden valmistelu. Siksi on hyvä olla keino tai työkalu, joka auttaa suunnittelussa. Mittausammattilaisella ei välttämättä ole aina aikaa tulla paikan päälle merkkamaan tai näyttämään tietyn rakennettavan kohteen rajoja tai korkoja. Tähän onkin kehittymässä uusia työkaluja. Uuden teknologian avulla työnjohtaja voi nopeasti ja vaivattomasti tarkistaa sen, että työmaalla pysytään suunnitelmien mukaisissa toleransseissa.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan työnjohtajien mielipiteitä mittauslaitteen käytöstä työmaalla. Samoin selvitetään myös se, mihin käyttötarkoitukseen mittauslaite sopii ja miten se soveltuu työnjohtajalle sekä mitkä ovat mittauslaitteen kehittämistarpeet, jotta se hyödyntäisi työnjohtajia mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti. Työssä selvitetään myös se, kuinka tarkka mittauslaitteen sovellus ja GPS-antenni on mobiililaitteessa, eli kuinka tarkkaan mittaukseen työkalu soveltuu. Työssä pohditaan myös sitä, että onko eri tukiasemapalvelujen käytössä eroja.

Työ rajataan Infrakit-järjestelmään ja siihen kytkeytyvään mittauskalustoon. Työssä tutkitaan järjestelmää työnjohtajan näkökulmasta, miten se soveltuu hänen käyttötarkoituksiinsa ja miten sitä voisi vielä edelleen kehittää. Työ toteutetaan haastattelemalla kokeneempia työnjohtajia, jotka ovat ottaneet kyseisen tiedonsiirtojärjestelmän käyttöönsä.

### 1.1 Työn tilaaja

Tämä insinöörityö tehdään Destia Oy:n tilauksesta ja toimeksiannosta. Destia on ottanut käyttöönsä Infrakit-tiedonsiirtojärjestelmän. Infrakit-järjestelmä on uusi teknologia/palvelu, joka on yhteensopiva kaivinkoneen koneohjausjärjestelmän kanssa. Järjestelmään kehitetään insinöörityön ohessa mobiililaitteelle mittaussovellus, joka tulee työnjohtajan käyttöön työmaalla. Mittaussovelluksen pilotointi on vasta käynnistymässä, joten sitä tullaan kehittämään yhteistyössä Infrakit Oy:n kanssa.

Destia on Suomessa perustettu infra- ja rakennusalan yritys. Tärkeimmät osaamisalueet ovat rakentaminen, ylläpito ja suunnittelu. [1.]

Destia jakautuu neljään eri alueelliseen tulosityksikköön, joiden toimintaan kuuluu infra-rakentaminen ja infran hoitopalvelut. Nämä yksiköt ovat Etelä-suomi, Länsi-Suomi, Itä Suomi ja Pohjois-Suomi. Kaikkien tulosityksiköiden liiketoimintaan kuuluu liikenneväylien rakentaminen, liikenne ja teollisuusympäristöjen rakentaminen sekä hoito ja kunnossapitopalvelut. Myös keliakeskuspalvelut ovat osa tulosityksiköiden liiketoimintaa. [1.]

Tämän vuoden alusta Destian organisaatio tiivistyi kun Erikoisrakentaminen-tulosityksikkö, johon kuuluu Rata, Kivi, Kallio ja Kalustoliiketoimintayksiköt, yhdistettiin alueellisten tulosityksiköiden kanssa. Rata on kuulunut vuoden vaihteesta alkaen Itä-Suomen yksikköön ja Kivi on kuulunut Etelä-Suomen yksikköön. Myös Kallio ja Kalusto jaettiin uusiin yksikköihin, Kallio kuuluu nykyään Etelä-Suomen yksikköön ja Kalusto kuuluu Pohjois-Suomen tulosityksikköön. [1.]

## 1.2 Työn tavoite ja tutkimuskysymykset

Työn tavoitteena on tutkia Infrakit-järjestelmää ja siihen kytkeytyvää mittaustyökalua sekä sen toimivuutta työnjohtajan näkökulmasta. Työssä selvitetään mittaustyökalun käytännön tarkkuus verrattuna mittausammattilaisten käytössä oleviin laitteisiin. Työssä tutkitaan lähtökohtaisesti työnjohtajan näkökulmasta myös, mitkä ovat mittaustyökalun keskeisimmät käyttötarkoitukset sekä mitä muita mahdollisuuksia ohjelmalla voisi olla ja miten ohjelmaa voisi vielä kehittää.

Työn tutkimuskysymykset ovat:

- 1) Mikä on Infrakitin mittaussovelluksen tarkkuus verrattuna muihin mittauslaitteisiin?
- 2) Miten työnjohtajat kokevat Infrakitin toimivuuden?
- 3) Mitkä ovat Infrakitin keskeisimmät käyttötarkoitukset?
- 4) Miten Infrakit järjestelmää voisi kehittää?



## 2 Opinnäytetyön käsittely

Työ toteutetaan tutkimalla ja käyttämällä Infrakit-järjestelmää. Työssä tehdään omia mittauksia sekä suoritetaan kokeneempien työnjohtajien haastattelut. Suurin osa tutkimuksesta suoritetaan Kt 51 Länsimetron liityntäyhteydet-työmaalla.

### 2.1 Työn tietoperusta

Tässä luvussa käydään läpi infrarakentamisen teoriaa ja syvennyttään tarkemmin tienrakentamiseen ja kustannusseurantaan. Lisäksi luvussa esitellään Infrakit-mittauslaite.

#### 2.1.1 Infrarakentaminen

Infratekniikalla tarkoitetaan esimerkiksi teitä, katuja ja vesihuoltoverkkoja. Myös talojen perustukset ja pohjarakenteet kuuluvat infratekniikkaan. Infrarakentaminen käsitteenä voidaan jakaa myös talonrakentamiseen ja infrarakentamiseen. Aiemmin infrarakentamisesta käytettiin yleisesti termiä yhdyskuntatekniikka. Myös ympäristötekniikkaa on käytetty terminä infrarakentamiselle. [2.]

#### 2.1.2 Tienrakentaminen

Ennen tienrakentamista on tehtävä perusteellinen suunnittelutyö eli tiesuunnitelma. Jo ennen suunnitteluvaihetta täytyy tehdä maaperätutkimukset, jotta saadaan selville se, miten tien perustukset tulee tehdä. Rakenteet on suunniteltava toisaalta mahdollisimman edullisesti mutta kuitenkin niin, että tien palvelustasovaatimukset täyttyvät. Rakennussuunnitelman tulee olla niin tarkka, että suunniteltu työ voidaan sen pohjalta toteuttaa. Yleis- ja tiesuunnittelussa tarkkuuden tulee olla niin realistinen, että laaditut kustannusarviot pitävät myös myöhemmässä suunnitteluvaiheessa. [2.]

Itse tiehankkeen urakka voidaan jakaa kuuteen eri työlajiin. Ensin tulevat alustavat työt, sen jälkeen pohjanvahvistukset, kuivatustyöt, leikkaus ja pengerrystyöt, päällysrakennetyöt ja lopuksi viimeistelytyöt. [3.]

Alustavat työt ovat töitä, joilla valmistaudutaan urakkaan. Niitä ovat esimerkiksi vanhojen rakenteiden purkamiset, hyötypuiden hakkuut, raivaukset, humusmaanpoistot ja piman kunnostukset. [3.]

Alueilla, missä maaperä on niin pehmeää, että sen päälle ei voi tietä perustaa, täytyy tehdä pohjanvahvistuksia. Näin on toimittava esimerkiksi hyvin saviperäisellä maaperällä. Ennen rakentamisen alkua eli suunnitteluvaiheessa tehdään kairaamalla pohjatutkimuksia. Jo suunnitteluvaiheessa päätetään, minkälaiselle pohjanvahvistukselle mahdollisesti on tarvetta. Pohjanvahvistuksiksi on aina tapauksesta riippuen erilaisia vaihtoehtoja. Näitä ovat massanvaihdot, ylipengerrykset, pystyjitukset, kevennykset, paalutukset, stabiloinnit, vastapengerryksen kevennysleikkaukset sekä geovahvisteet. [3.]

Alueilla, jossa on paljon vettä tai jonne kertyy paljon vettä, on tehtävä kuivatuksia. Näin voidaan joutua tekemään myös työn rakennusvaiheessa. Kuivatuksiin on käytettävissä monenlaisia malleja ja keinoja. Esimerkkinä voidaan mainita työnaikaiset kuivatukset, rumpujen asennukset, avo-ojitukset, salaojien rakentamiset, sadevesiviemärien rakentamiset sekä pintakuivatukset. [3.]

Nykyisin teitä perustetaan hyvinkin haastaviin maastoihin, joskus jopa ennalta mahdottomilta tuntuviin ympäristöihin kuten esim. ison kallion tai mäen läpi tai mikäli kohdalle osuu notko tai muu epätasaisuus, nostetaan tie sen yli. Näissä tapauksissa joudutaan tekemään joko maaperän leikkauksia tai pengerryksiä. Esimerkkejä leikkauksista ja pengerryksistä ovat irrotukset, kuormaukset, kuljetukset, levitykset ja tiivistykset. [3.]

Pohjatöiden jälkeen suoritetaan ne työt, jolla tie rakennetaan lopulliseen muotoonsa eli päällysrakennetyöt. Päällysrakennetöihin kuuluu suodatinkerrosten, jakavien kerrosten, kantavien kerrosten, päällysteiden ja siirtymärakenteiden tekeminen. [3.]

Viimeisenä työnä ovat sitten viimeistelytyöt, joihin kuuluvat luiskien verhoukset, nurmetukset, istutukset, suojalaitteet, liikenteenohjauslaitteet, ajoratamerkinnot, valaistukset, ympäristötaide ja järjestelmät. [3.]

### 2.1.3 Määräseuranta

Työnaikainen määräseuranta on tärkeä osa rakentamisvaihetta. Määräseurannan avulla voidaan seurata työn kulun tehokkuutta ja maamassojen liikkuvuutta eli mistä massat ovat tulleet ja minne ne ovat menneet. Määräseurannan avulla pystytään myös seuraamaan, kuinka paljon massoja on liikkunut työmaalla ja näin päästään helposti näkemään onko massoja mennyt hukkaan vai onko työmaalla pystytty olemassa olevia massoja hyödyntämään tehokkaasti. [2.]

### 2.1.4 Rakennusmittaukset

Tarkka tieto rakenteiden sijainnista on edellytys sille, että urakkaa pystytään suorittamaan laatuvaatimuksien ja toleranssien mukaisesti. Lähtötiedot tulee olla laadukkaat, jotta urakan kaikkiin rakentamisvaiheisiin saadaan kustannustehokkuutta virheettömällä toiminnalla. Etenkin tästä on hyötyä suunnittelu- ja seurantatehtävissä. Lähtötietojen tarkkuus on tärkeätä toimialasta riippumatta. [4.]

Erityyppisiä rakennusmittauskohteina voidaan mainita esimerkiksi väylien alus- ja päällysrakenteiden sekä paalujen tai anturoidenn sijaintia. Myös sellaisten kohteiden kuin kaapeleiden ja vesilinjojen sijainnin kartoitukset ovat tärkeä osa rakennusmittausta. Suunnitteluvaiheessa mittaukset ovat suuressa määrin massanlaskentaa varten. Mittauskalustona voidaan käyttää erilaisia laser- ja digitaalisia vaatuslaitteita tai mittauksia voidaan suorittaa GPS- ja robottitakymetriakalustolla. [5,6.]

### 2.1.5 Infrakit-mittauslaite

Työssä tehdään yhteistyötä Infrakit Oy:n kanssa, joka on parhaillaan kehittämässä mobiililaitteelle erillistä android-sovellusta. Infrakit-järjestelmän mittaussovellus on vasta alkuvaiheessa, joten sen tarkkuus käytännössä on vielä selvittämättä. Työn aikana tutkitaan ja kokeillaan mobiililaitteen sovellusta ja pidetään säännöllisin välein yhteyttä Infrakit Oy:n kanssa, jotta sovelluksesta saataisiin mahdollisimman käyttäjäystävällinen.

Infrakit Oy on kehittänyt työkalun, joka on hyvä apuväline rakennusprojektin eri osapuolille ja jonka avulla nämä voisivat tehdä tehokkaammin yhteistyötä. Koska Infrakit-järjestelmä käsittelee suunnitelmia ja toteumatietoja yhdistelmämallina avoimessa for-

maatissa ja sähköisessä muodossa, on tietojen hallinta, näyttäminen ja jakaminen helppoa kaikille osapuolille. Kaikki, jotka ovat mukana rakennushankkeessa, pystyvät seuraamaan hankkeen edistymistä reaaliajassa. [7.]

Infrakit järjestelmän avulla pystytään jakamaan ja tarkastamaan suunnitelmia helposti. Järjestelmän avulla varmistetaan suunnitelmien ja lähtötietojen käyttökelpoisuus projektin seuraavaan vaiheeseen. Järjestelmän avulla pystytään tekemään myös työaikaisia toteumamittauksia ja ne päivittyvät kartalle automaattisesti ja vertautuvat suunnitelma-aineistoon. Infrakit järjestelmän ansiosta kaikki työkoneet, joilla on koneohjaus, saavat siihen aina päivitetyn suunnitelma-aineiston. Myös työmaan henkilöstö, kuten esim. työnjohtaja saa päivitetyn suunnitelmanaineiston suoraan mobiililaitteeseensa. [7.]

Vuonna 2013 on myös tehty opinnäytetyö Destian tilauksesta, joka käsittelee hieman samaa aihetta [8].

## 2.2 Tutkimus- ja työmenetelmät

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyön aineiston keruumenetelmät, analyysimenetelmät sekä käytännön toteutus.

Opinnäytetyössä käytettiin kahta aineiston keruumenetelmää; mittauksia ja haastatteluita. Mittauksista saatiin tutkimustietoa laitteen tarkkuudesta käytännön työssä. Haastattelut taas antoivat tärkeää tietoa sovelluksen käyttötarkoituksista ja kehittämistarpeista. Kerätty aineisto taas analysoitiin sisällönanalyysin sekä Excel-tulostoinnin avulla.

### 2.2.1 Mittaus

Mittaukset on kvantitatiivinen tutkimusmenetelmä, jonka keskeisimpiin määritelmiin kuuluu, että tutkimusaineiston muuttujat asetetaan ja esitetään taulukkomuodossa. Mittauksia pyritään tekemään mahdollisimman monesta kohteesta, jotta tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia. [9.]

Mittauksia tehdessä on tärkeä valita menetelmä, jossa mittaaminen on mahdollista ja lopputulos on luotettava [9].

Mittauksen tulokset merkitään mittauspöytäkirjaan. Mittauspöytäkirjan avulla muistetaan mitä mittauksissa tehtiin. Tämän takia mittauspöytäkirjan täyttämässä on erittäin tärkeää olla huolellinen ja tarkka. Kaikki tieto, mitä mittauksissa saadaan selville, tulee myös kirjata. Mittauspöytäkirjan ohessa on syytä tehdä työn etenemisestä myös omia muistiinpanoja. Jälkikäteen on erittäin vaikea muistaa mittauksista yhtään mitään, varsinkin kun kyse on numeroista. On parempi kirjata mittauspöytäkirjaan niin sanotusti liikaa kuin liian vähän. [9.]

Mittauspöytäkirjassa tulee ainakin ilmetä tekijän nimi, työn tunnus, päivämäärä, mittauslaitteiden tyypit ja nimet. [9.]

### 2.2.2 Haastattelu

Haastattelu on hyvä tiedonkeruumenetelmä, koska siinä ollaan tutkittavan kanssa suoranaisessa vuorovaikutuksessa. Järjestelmän suurena etuna on aineiston keräämisen joustavuus. Myös haastatteluaiheiden järjestystä voi säädellä ja kysymysten vastaukset ovat helpommin tulkittavissa kuin mitä ne esimerkiksi kyselylomakkeessa olisi. [10.]

Haastattelussa on kuitenkin myös huonoja puolia. Ongelmana haastatteluissa voi olla esimerkiksi se, että se vie aikaa. On turha ryhtyä kovin lyhyeen haastatteluun. Jos asia on helposti ratkaistavissa, voidaan yhtä hyvin käyttää kyselylomaketta. Haastattelut tulee suunnitella tarkasti, mikä myös vie aikaa. Myös haastattelun luotettavuus voi heikentyä siitä, että haastateltu antaa sosiaalisesti suotavia vastauksia. [10.]

Haastattelutyyppejä on useita. Yksi niistä on teemahaastattelu. Se on lomake- ja avoimen haastattelun välimuoto. Teemahaastattelussa aihepiirit ovat tiedossa, mutta kysymysten muoto ja järjestys ovat vielä auki. Teemahaastattelua voidaan käyttää sekä kvalitatiivisessa että kvantitatiivisessa tutkimuksessa, sillä aineistoa voidaan viedä muotoon, joka vaatii tilastollista analyysia ja aineistoa voidaan tutkia monella eri tavalla. [10.]

Kvalitatiivisten haastatteluiden tarkoitus on ymmärtää erilaisia tapahtumia haastateltavan näkökulmasta. Haastattelut muistuttavat tavallista keskustelua, mutta koska kyse

on ammatillisesta haastattelusta, sisältyy haastatteluihin erinäisiä kysymysteknisiä asioita. Kvalitatiiviseen haastatteluun tarvitaan vähintään yksi tutkimuskysymys. [11.]

Kvalitatiivisen teemahaastattelun aikana haastateltavan ja haastattelijan välillä vaihtuu tietoa tutkimuksesta sosiaalisen yhteispelin kautta. Haastattelu keskittyy yhteen tai useampaan teemaan ja kysymykset suoritetaan haastatteluoppaan avulla. Useimmiten haastattelut nauhoitetaan ja analyysi koostuu nauhoitetusta aineistosta. [12.]

Validiteetin säilyttäminen haastatteluissa on tärkeää. Tutkija ei voi koskaan tietää, puhuuko haastateltava totta vai ei. Tarkastusmenetelmiä ei ole. Toisten lähteiden tarkistaminen, tiedon uskottavuuden tarkistaminen ja teemojen hakeminen haastatteluista antavat selkeämmän ja tarkemman kuvan tuloksesta. Validiteetin voi myös varmistaa vertailemalla vanhojen tutkimusten tuloksia ja havaita niiden yhteensopivuudet. Vertailua voi tehdä myös hakemalla teemoja, jotka esiintyvät usean vastaajan kohdalla. Tämä parantaa huomattavasti haastattelun uskottavuutta. [12.]

### 2.2.3 Excel-tulostointi

Excel-analyysi on hyvä ja helppokäyttöinen analyysimenetelmä, jonka avulla tutkimusaineiston tulokset selviävät vain napin painalluksesta. Tulokset ovat hyvin luotettavia ja niitä voidaan esittää taulukkomuodossa tai prosentteina ja jopa erilasten kuvioiden avulla. Excel sisältää tietoja sarjassa laskentataulukkorivejä ja -sarakkeita, jotka näkyvät taulukkomuodossa. Taulukoiden erillisiä sarakkeita pystytään hallitsemaan ilman että muiden sarakkeiden tiedot häiriintyvät. [13.]

Microsoft Excel -ohjelman avulla tuloksia pystytään hallitsemaan yhden taulukon avulla mutta tuloksia voidaan myös halutessa hallita yhtä aikaa useammankin taulukon avulla. Taulukkotietojen eri toimintoja ovat lajitteleminen ja suodattaminen, taulukkotietojen muotoileminen, taulukkorivien ja sarakkeiden poistaminen ja lisääminen, lasketun sarakkeiden käyttäminen, taulukkojen summien näyttäminen ja laskeminen ja tietojen yhtenäisyyden varmistaminen. [13.]

#### 2.2.4 Sisällönanalyysi

Alun perin sisällönanalyysi oli kvantitatiivinen menetelmä, joka kuvasi aineiston jakautumista eri luokkiin ja kategorioihin ja sillä tavalla ilmaisi sisällön olemusta. Nykyään sisällönanalyysi on menetelmänä myös kvalitatiivinen. [14.]

Verbaalit, symboliset ja kommunikatiiviset sisällöt ovat sisällönanalyysin pääkohdealueet. Sisällönanalyysi on työväline, jonka avulla voidaan tuottaa uutta tietoa ja uusia näkemyksiä. Tutkittava aineisto voi olla mitä tahansa, kunhan sillä on jotain tekemistä tutkimuksen pääaiheen kanssa ja se on koottavissa ja analysoitavissa. [14.]

Kvalitatiivisessa sisällönanalyysissä teoreettiset kysymykset korostavat aineiston nauhoittamisen tärkeyttä, jotta saadun aineiston avulla pystytään tekemään johtopäätöksiä ja saamaan tuloksia. [12.]

Sisällönanalyysi auttaa tutkijaa tutkimaan aineiston sisältöä. Sisällönanalyysiä pystytään soveltamaan mihin aineistomateriaaliin tahansa oli sitten kyseessä vaikka kuvia, ääntä tai tekstiä. Aineiston pilkkominen pienempiin osiin ja sen työstäminen tärkeissä kategorioissa on osa sisällönanalyysin käytäntöä. Tutkijalla tulee olla tarkka kuva siitä, mitkä kategoriat ja ideat kiinnostavat ja keskittyä aineiston tutkimisessa juuri niihin. Avainsanojen hakeminen helpottaa teemojen läpikäynnissä. [12.]

Sisällönanalyysin avulla saadaan selville se, mikä tekstissä on tärkeää ja mikä ei. Vastauksia kysymyksiin saadaan aineistoa analysoimalla ja hakemalla niitä erityisiä avainsanoja sekä korostamalla aiheen positiivisia ja negatiivisia ajatuksia. [12.]

Kvalitatiivisessa sisällönanalyysissä aineisto jaetaan sisällön mukaan kategorioihin ja teemoihin, jotta kerätty aineisto saisi asiayhteyden ja tuloksen, tietolisää eli uutta tietoa ja uusia näkemyksiä. Ne voivat olla lähtökohtia kokonaan uudelle tai muuttuneelle käytännölle. Tämä edellyttää sitä, että haastateltavilla on asianymmärrystä ja suhtautuvat myönteisesti haastattelun teemoihin eivätkä valitse niin sanotusti omia teemoja. [12.]

#### 2.2.5 Työn suoritus

Vertailevassa mittauksessa olin itse paikan päällä ja suoritin mittauksia yhdessä mittausammattilaisen kanssa. Tällä tavalla sain itse koottua tutkimusaineiston ja pääsin

myös heti analysoimaan tuloksia. Suoritimme tämän tutkimuksen mittaukset mittaamalla tämän työn tutkittavalla mittaussovelluksella ja siihen kytkeytyvällä mittaustyökalulla. Mittauksia tehtäessä on tärkeä muistaa ensinnäkin se, että aineiston kerääminen on ylipäänsä mahdollista ja että siitä saadaan luotettavia tuloksia. Tämän työn osalta aineiston kerääminen oli täysin mahdollista, sillä kävin itse paikanpäällä mittaukset suorittamassa.

Tässä työssä tehtiin mittauksia mobiililaitteella sekä siihen kytkeytyvällä varusteella, tässä tapauksessa RTK-GNSS korjaus antennilla. Mittaukset suoritettiin ottamalla tarkempisteitä jo olemassa olevista tarkastuspisteistä. Tärkeitä otettiin kymmenestä eri tarkastuspisteestä, joiden koordinaatit olivat tiedossa. Jokaisesta pisteestä otettiin kymmenen tarkempistettä. Mittausten aikana pidettiin mittauspöytäkirjaa. Tämän jälkeen laskettiin mitatuista pisteistä keskiarvot ja analysoitiin tulokset Excel-taulukkomuodossa. Tutkittiin myös, miten eri virtuaalitukiasemapaalvelut vaikuttavat mittaustyökalun tarkkuuteen.

Tämän lisäksi haastateltiin kahta kokeneempaa työnjohtajaa, jotka olivat jo ottaneet järjestelmän käyttöönsä. Haastatteluilla selvitettiin Infrakit-järjestelmän toimivuutta, käyttötarkoituksia ja kehittämismahdollisuuksia. Haastatteluteemat olivat:

- 1) Infrakitin toimivuus
- 2) Infrakitin keskeisimmät käyttötarkoitukset
- 3) Infrakit järjestelmän kehittämismahdollisuudet

Haastattelut suoritettiin avoimina keskusteluina eli teemahaastatteluna, joissa pyrin saaman esille sen, mitä mieltä eri työnjohtajat olivat Infrakitistä. Haastattelut nauhoitettiin, jotta kaikki kommentit ja lausunnot saataisiin varmasti talteen. Haastattelut käytiin läpi ja haastateltavien kertomat tärkeimmät huomiot kirjattiin ylös. Kun haastattelut oli kirjoitettu paperille, käytiin vastaukset läpi ja analysoitiin ne suhteessa siihen, miten ne vastasivat insinööriyön kysymyksiin. Vastauksista on muodostettu kategorioita, jotka selitetään tarkemmin tekstissä ja niitä valaistaan sitaateilla.

Alun perin oli tarkoitus suorittaa yhteensä viisi haastattelua mutta tämä ei aikataulullisesti ollut mahdollista. Haasteeksi muodostuivat sekä talvilomat että työkiireet. Tämän



vuoksi haastatteluteemat lähetettiin kolmelle haastateltavalle sähköpostitse ja pyydettiin lähettämään myös vastaukset sähköpostitse. Näihin kolmeen ei ole muistutuksista huolimatta saatu vastausta.

### 3 Opinnäytetyön tulokset

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyössä saavutetut tulokset. Jokainen insinööriyön kysymys käydään läpi ja ne analysoidaan opinnäytetyöhön valituilla analyysimenetelmillä. Luvussa saadaan vastauksia liittyen Infrakit-järjestelmän tarkkuuteen, toimivuuteen ja käyttötarkoituksiin. Lopuksi selvitetään myös miten Infrakit-järjestelmää ja sen mittaussovellusta voidaan kehittää. Mittauksen tulokset esitetään taulukkomuodossa. Haastatteluiden tulokset näytetään kategorioina ja sitaatteina. Kategorioiden nimet ovat **lihavoidulla** tekstillä ja sitaatit on esitetty *kursivoidulla* ja pienemmällä fontilla.

#### 3.1 Infrakitin tarkkuus

Mittaukset tehtiin Kt 51 Länsimetron liityntäyhteydentyömaalla. Mittaukset suoritettiin asettamalla laite jo olemassa oleviin tarkastuspisteisiin, joiden koordinaatit (x,y,z) olivat tiedossa. Tarkastuspisteet näkyvät Infrakit-järjestelmän avulla ja valitsemalla näistä yhden pisteen, Infrakit-järjestelmä antaa suunnan ja etäisyyden omasta olinpaikastaan. Kuin saavuttiin pisteelle, otettiin tarkepisteet valitusta pisteestä. Tästä samasta pisteestä otettiin kymmenen tarkepistettä. Infrakit-järjestelmän avulla otetut tarkepisteet tallentuivat järjestelmään ja niitä oli helppo tutkia jälkikäteen. Tutkimuksessa käytettiin kymmentä eri tarkastuspistettä.

Tämän jälkeen laskettiin kaikkien kymmenen pisteen keskiarvot ja verrattiin näitä pisteiden annettuihin koordinaatteihin. Pisteiden mittauksen jälkeen tehtiin Excel-tilukko, jonne vietiin molempien menetelmien mittauksen tiedot; sekä Infrakitin että tarkastuspisteiden. Tulokset esitetään taulukkomuodossa (taulukko 1 s. 13), jonka avulla voidaan tehdä johtopäätöksiä.

Taulukossa symboli x viittaa pisteen x-koordinaattiin, y viittaa pisteen y-koordinaattiin ja z viittaa pisteen z-koordinaattiin. Koordinaatit x ja y ovat sivuttaismittoja kun taas z on korkeusmitta. Taulukossa mitatut-otsikon alla esitetään minun mittaamani pisteet ja todelliset-otsikon alla esitetään mittamiesten ja kaupungin toteamat pisteet. Nimikkeet dx, dy ja dz kertovat todellisen ja mitatun pisteen eron millimetrin tarkkuudella eli jos dx on jossain pisteessä -0,002, tarkoittaa se sitä, että minun mittaamani piste on kaksi mm x suunnassa todellisesta pisteestä.

Taulukko 1. Maastossa mitatut tarkastuspisteet.

|        |            |             |              |        |        |        |        |
|--------|------------|-------------|--------------|--------|--------|--------|--------|
| 12910  | Mitatut    | 6671290,482 | 25481456,269 | 16,331 |        |        |        |
|        | Todelliset | 6671290,458 | 25481456,198 | 16,284 | -0,024 | -0,071 | -0,047 |
| 26848  | Mitatut    | 6671532,479 | 25482338,328 | 9,591  |        |        |        |
|        | Todelliset | 6671532,473 | 25482338,291 | 9,579  | -0,006 | -0,037 | -0,012 |
| 26993  | Mitatut    | 6671598,969 | 25482460,973 | 10,778 |        |        |        |
|        | Todelliset | 6671598,969 | 25482460,955 | 10,762 | 0,000  | -0,018 | -0,016 |
| 201405 | Mitatut    | 6671795,205 | 25483135,531 | 2,759  |        |        |        |
|        | Todelliset | 6671795,206 | 25483135,540 | 2,754  | 0,001  | 0,009  | -0,005 |
| 201402 | Mitatut    | 6672024,713 | 25484055,003 | 6,090  |        |        |        |
|        | Todelliset | 6672024,684 | 25484054,993 | 6,070  | -0,029 | -0,010 | -0,020 |
| 201401 | Mitatut    | 6672052,413 | 25484242,326 | 5,748  |        |        |        |
|        | Todelliset | 6672052,404 | 25484242,317 | 5,729  | -0,009 | -0,009 | -0,019 |
| 201420 | Mitatut    | 6672339,864 | 25485600,436 | 13,113 |        |        |        |
|        | Todelliset | 6672339,870 | 25485600,430 | 13,085 | 0,006  | -0,006 | -0,027 |
| 201422 | Mitatut    | 6672426,645 | 25485812,174 | 20,535 |        |        |        |
|        | Todelliset | 6672426,631 | 25485812,172 | 20,501 | -0,014 | -0,002 | -0,033 |
| 201423 | Mitatut    | 6672471,911 | 25485952,208 | 16,128 |        |        |        |
|        | Todelliset | 6672471,910 | 25485952,200 | 16,100 | -0,001 | -0,008 | -0,028 |
| 28221  | Mitatut    | 6672590,129 | 25486335,162 | 7,012  |        |        |        |
|        | Todelliset | 6672590,126 | 25486335,157 | 7,019  | -0,003 | -0,004 | 0,007  |

Taulukossa 2 s 13 on laskettu yksittäisten pisteiden erojen yhteisen keskiarvon. Eli kaikkien dx keskiarvon, dy keskiarvon ja dz keskiarvon. Tämä antaa tutkimuksen lopullisen tarkkuuden.

Taulukko 2. Yksittäisten pisteiden erojen yhteinen keskiarvo

|        |        |        |
|--------|--------|--------|
| kadx   | kady   | kadz   |
| -0,009 | -0,016 | -0,024 |

### 3.2 Infrakitin toimivuus

Haastatteluiden perusteella vastauksia pystytään jakamaan viiteen eri kategoriaan, jotka ovat **työnteon joustavuus, ohjelman käyttönopeus, tottumaton työnjohtaja, oman sijainnin havainto maastossa, ja helppous käytössä.**

**Työnteon joustavuus** lisääntyy huomattavasti, kun tablettiin saa internetyhteydet, näin ollen projektipankista saa ladattua projektiin kuuluvat kartat ja kuvat.

*"...se valtava mappimäärä on aina mukana..."*

*"Tabletti A4 koko paino 0,5 kg tai kaikki mapit 5-15 kpl a' 1 kg, helppo valinta kumpi systeemi !!!"*

**Ohjelman käyttönopeus** oli alussa ongelma. Projektin koko vaikutti esimerkiksi poikkileikkausten latauksen nopeuteen. Poikkileikkausten lataaminen kesti jopa minuutteja. Pienen pohdinnan jälkeen järjestelmää saatiin nopeutettua pilkkomalla projektia järjestelmässä pienempiin osiin, mikä nopeutti järjestelmää huomattavasti ja esimerkiksi poikkileikkausten lataaminen kävi muutamassa sekunnissa.

*"No sillan alkuunsa tota kun lähetettiin niin tavallaan yritettiin olla liian ahneita eli kun meillä oli se kymmenen kilometrin tien pätkä niin oli se oli yhtenä työmaana. se mallien lataaminen kesti kauan niin se jaettiin sitten kolmeen osaan niin se nopeutui huomattavasti..."*

*"...sen eron huomasi siinä että jos se viisi sekuntia tai kymmenen sekuntia se haki sitä mallia kun aikasemmin piti minuutti oottaa että se tuli se kymmenen kilometriä..."*

**Tottumaton työnjohtaja** aiheutti sen, että alussa järjestelmään tottuminen oli hieman hankalaa ja kun lisäksi mittamiesten kepit ja merkit hävisivät työmaalta, joten ainoa työväline oli tabletti ja Infrakit.

*"Kun mä ensimmäistä kertaa sain sen tabletin käyttöön ja ihan oikeesti niin ne kepit hävisi sieltä työmaalta niin Siinä välissä oli semmonen pieni hetki että nyt ei oo mitään havaintoa missä on"*

**Oman sijainnin havainto maastossa** oli alussa erittäin hankala, mutta kun järjestelmään ja tablettiin tottui, oli suunnistaminen ja työnteko helppoa. Poikkileikkausten avulla päästiin kiinni maastoon.

*"Mä olen käyttänyt sitä oman sijainnin selvittämiseen tai missä se menee se linja..."*

**Helppous käytössä** tarkoittaa sitä, että kun järjestelmään ja sen ymmärtämiseen oli totuttu, niin kaikkein hankalinta siinä oli enää kantaa tablettia mukanaan työmaalla. Ei mikään iso ongelma, jos vertaa siihen, että tablettiin saa kaikki piirustukset yhteen laitteeseen, joka ei edes paina paljon. Ilman laitetta taas joutuisi kulkemaan työmaatoimiston ja työmaan välillä tulostamassa yksittäisiä kartoja, mikä taas vie valtavasti aikaa.

*"Kaikista vakavin haitta on se kun joutuu sitä tablettia raahaamaan mukana".*

*"...pääsee projektipankkiin jossa kaikki päivitetty piirustukset ja muut paperit ovat. Koko ajan siis kaikki tieto mukana.*

*"Mutta vielä painotan että pois en anna"*

### 3.3 Infrakitin keskeisimmät käyttötarkoitukset

Haastatteluiden perusteella aineiston tulokset voidaan jakaa neljään kategoriaan, **työnaikainen suunnittelu, tarkkeiden otto, olemassa olevien rakenteiden kartoittaminen ja työn seuranta.**

**Työnaikainen suunnittelu** on yksi keskeisimmistä tarkoituksista, mihin työnjohtaja Infrakitiä käyttää. Esimerkkinä voidaan ottaa porapaalujen suurpiirteisen sijainnin määrittäminen sekä porapaalukoneen tarpeellisen pyörimistilan tarkistaminen. Mikäli havaitaan, että pyörimistilaa ei ole, pystytään heti kutsumaan työkonetta paikalle ja tekemään tilaa paalutuskoneelle. Näin vältetään turhalta odottamiselta. Miten työmaata suunnitellaan, jotta se toimisi kaikista parhaiten? Miten esimerkiksi työmaatiet sijoitetaan, jotta ne eivät osu rakennettavan kohteen päälle? Työt pystytään suunnittelemaan myös poikkileikkausten avulla. Näin jo etukäteen saadaan selville, minkälaista maastoa rakennettavassa kohteessa on ja pystytään päättämään tarvitaanko siellä joko leikkausta tai täyttöä.

*"...pitäis vähän suunnitella, kattoo missä se on se työkohde, esimerkiksi mihin pitäis joku työmaatite tehdä.."*

*"...etukäteen katselen tulevia poikkileikkauksia, onko leikkausta, kaivuuta tai täyttää."*

*"...mahtuuko kone pyörimään mihin paalut on tulossa suurinpiirtein ja tiedän työvarat paljon porapaalukone tarvii tilaa, niin mahtuuko se vai pitääkö kutsuu koneita avuks..."*

**Tarkkeiden otto** on hyvä silloin, jos mittamiestä ei ole paikalla ja kaivanto täytyy sormariskin takia täyttää nopeasti. Tällöin työnjohtaja voi nopeasti ottaa tarkkeet kaivannon pohjasta. Pisteet tallentuvat järjestelmään ja luovutusaineistoon saadaan riittävä materiaali.

*"...tarkkeiden otto helppoa lisäsuunnittelua varten"*

**Olemassa olevien rakenteiden kartoittaminen** onnistuu nopeasti Infrakitin avulla, esimerkiksi vanhojen rumpujen ja muiden esteiden sijainnit pystytään kartoittamaan sekä lähettämään tiedot suoraan tilaajalle ja suunnittelijalle. Tämän jälkeen tilaaja ja suunnittelija pystyvät ottamaan kantaa siihen, miten työssä edetään, tarvitaanko mahdollisesti suunnitelmamuutoksia.

*"Kaivetaan joku esiin missä tulee vanha rumpu vastaan kaivannossa ja kun meidän pitää saman tien välillä täyttää esim iltahommina tehään jotain ei mittamies oo töissä"*

**Työn seurantaan** Infrakit on oiva työkalu. Sillä pystyy hyvin määrittelemään niin oman sijaintinsa kuin missä esim. linja menee tai missä kaivettava monttu sijaitsee. Infrakitin avulla voi helposti määritellä myös työkoneiden sijainnin sekä tarkastelemaan työkoneiden käytön tehokkuutta. Infrakitissä näkee suoraan mitä mallia työkone käyttää, kuinka tehokkaasti se työskentelee, ja missä päin se liikkuu. Tätä on jo nyt hyödynnetty silloin kun kone on pitkän kävelymatkan päässä, eikä aina ole aikaa koneelle kävellä eikä koko ajan voi koneenkuljettajalle soitellakaan. Väliin riittää tieto siitä, että kone on liikkunut.

*"Mä seurasin siitä Infrakitistä sitä että kun siellä on se käyttötaulukko että se oli vihreellä eli se kone liikkui ja sitten siellä näkee sen koneen jäljet että se on liikkunut, sillä tavoin vahdin sitä että sen on hengissä se ukko kun se on kokonaan yksin."*

*”...päivittäin katselen mikä malli koneella on käytössä ja kone tekee mallin mukaan...”*

### 3.4 Infrakit-järjestelmän kehittämismahdollisuudet

Kysymyksen vastauksien perusteella voidaan vastaukset jakaa kolmeen kategoriaan, jotka ovat **3D-mallit**, **massanlaskenta** ja **työn kuittaus**.

**3D-mallin** tutkiminen ja pyörittäminen olisi hyödyllistä taitorakentamisessa, joksi luettaisiin esimerkiksi sillat ja paalulaatat. Eli näin esimerkiksi siltarakentamisessa Infrakitin avulla pystyisi suoraan katsomaan sillan eri rakenteita 3D mallina.

*”... enemmän mä kaipaisin kolmiulotteisen mallin jostakin...”*

*”...jos mä IFC-mallista joitain mitta palluraa vaikka anturan nurkkaa merkkeen niin mä pystyisin hakee sen, et jos tän sais liitetty myös tän saman ominaisuuden johonkin IFC ohjelmaan...”*

**Massanlaskenta** olisi hyödyllinen ja hyvä lisäys Infrakit-järjestelmään. Työnsuunnittelua helpottaisi, mikäli Infrakitin avulla pystyisi laskemaan kuutiomäärät esimerkiksi tietyltä paaluväliltä kerrospaksuuksien mukaan, tai jos ohjelma tekisi taulukon esim. 20 metrin välein, josta näkisi suoraan kuinka paljon menisi esimerkiksi jakavaa tai kuinka paljon tietyltä väliltä olisi leikkausta. Riittäisi, mikäli määrät olisivat vain suuntaa antavia koska jo silloin pystytään tarkemmin suunnittelemaan monellako autolla ja työkoneella työt tulisi tehdä. Siitä olisi myös iso apu sekä aikataulun suunnitteluun että massanlaskentaan.

*” jos siitä sais ulos esimerkiksi jotain kerrospaksuuksien mukaan noi kuutiot vaikka tietyltä paaluväliltä vai tekiskö se taulukon että 20 metrin jaolla niin siellä on jakavaa ja kantavaa niin ja niin paljon ja mahdollisesti leikkausta niin ja niin paljon”*

*”Se ei nyt välttämättä tarvis olla niin tarkka mutta kun mä ajan takaa sitä työn suunnittelua että jos esimerkiksi leikkausta niin tietäis et siin on 1000 kuutioa sitte voi itte päätellä montako konetta sitten tulee, montako autoa niin se on heti että kauanko se kestää”*

**Työn kuittaus** tarkoittaa sitä, että kun saadaan joku osio valmiiksi, voidaan se kuitata valmiiksi ja luovuttaa. Esimerkkinä kun viemäriin ja on vedetty. Tätä ei kylläkään pidetty

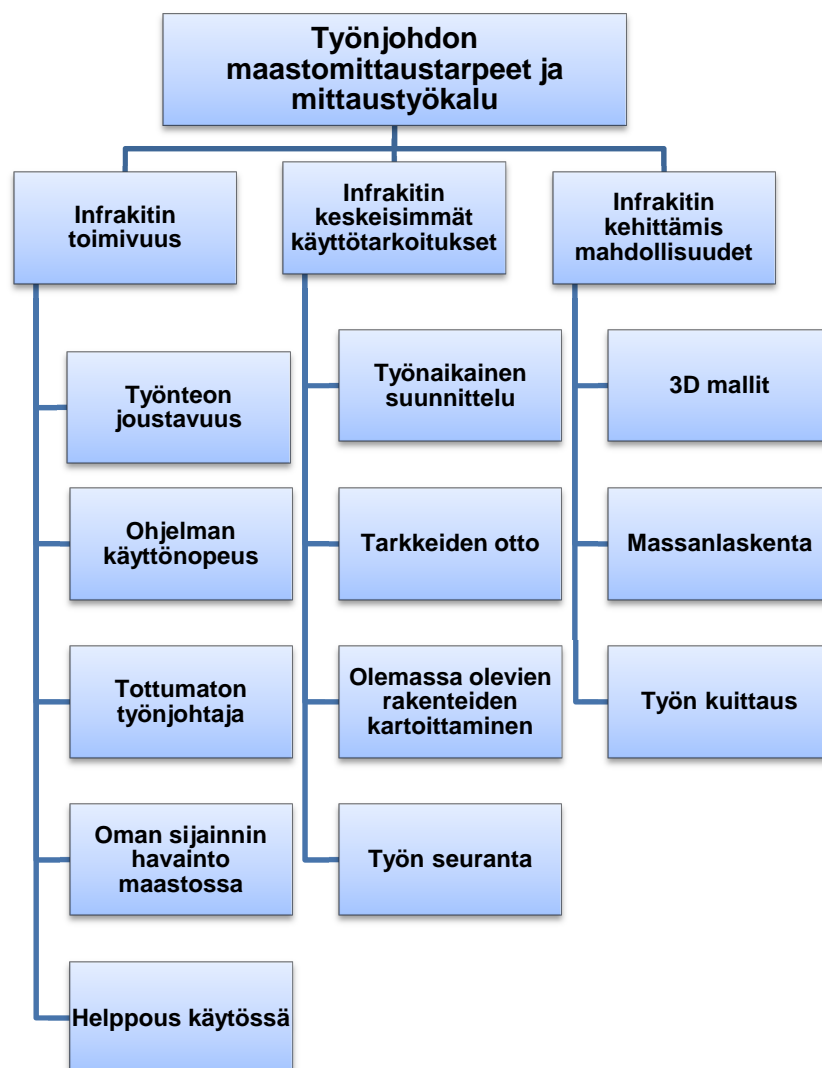
mitenkään tärkeänä eikä ehkä niin tarpeellisenakaan lisäyksenä järjestelmään. Lisäys ei myöskään ole aina toteuttavissa.

*"... joku pätkä kuitataan valmiiksi mutta ei se mun mielestä tänne sovellu kun siellä yks kone tekee sitä ja toinen kone tekee tätä ei siitä saa kuitattua jotain pätkää valmiiksi muutaku sitten kun se työ luovutetaan"*

### 3.5 Haastattelutulosten yhteenveto

Haastatteluiden teemat ja kategoriat esitetään yhteenvetona kaaviomuodossa (kuvio 1 s.18).

Kuvio 1. Haastatteluiden kysymykset ja kategoriat





### 3.6 Opinnäytetyön tulosten luotettavuus ja käyttökelpoisuus

Tulosten luotettavuutta ja käyttökelpoisuutta tutkitaan tarkastelemalla tutkimuksen validiteettia ja reliabiliteettia.

Tutkimuksen validiteetilla tai luotettavuudella tarkoitetaan sitä, miten tutkimusmenetelmä kykenee selvittämään sen mitä sen on tarkoitus selvittää. Tämä voidaan myös kuvailla siten, että mittaustulosta verrataan todelliseen tietoon. [15.]

Tutkimuksen tutkimusmenetelmänä käytettiin mittauksia ja haastatteluita. Mittauksien tuloksia analysoitiin Excel- tulostoinnilla ja haastattelut analysoitiin sisällönanalyysillä. Validiteetin säilyttäminen haastatteluissa on vaikeaa koska haastateltava voi itse päättää mitä hän haastattelussa tuo esille. Haastattelua voidaan kuitenkin kuunnella ja analysoida sitä, miten haastateltava vastaa kysymyksiin ja sitten niiden perusteella analysoida onko haastattelu validi. Lopuksi vanhojen tutkimusten vastauksien vertailu on hyvä keino varmistaa haastatteluiden validiteettia.

Omassa tutkimuksessa validiteetti kärsii siitä, että haastateltavia oli ainoastaan kaksi. Tästä huolimatta sain kuitenkin kysymyksiini laajat vastaukset. Tutkimuksessa oli tarkoitus haastatella useampaa henkilöä mutta muistutuksista huolimatta haastateltaviksi ehti ainoastaan kaksi henkilöä. Tutkimuksessa käytetään sitaatteja, koska ne ovat spontaaneja ja oma-aloitteisia ja siten varmistavat tutkimuksen validiteetin.

Reliabiliteetti taas on kvantitatiivisen tutkimuksen käsite. Tämän käsitteen tarkoituksena on käsitellä sitä, miten tutkimusmenetelmä ja käytetyt mittarit saavuttavat tarkoitettuja tuloksia. Tänä päivänä uusien mittausohjelmien ansiosta, periaatteessa ainoa reliabiliteettikysymys on mittausvirheen arviointi. [15.]

Tutkimuksessa mittauksien Excel-tulostointi esitetään taulukkomuodossa. Siinä verrataan itse mitattuja tuloksia ammattimiehen mittaamiin. Tulokset ovat lähellä toisiaan ja tarkkoja, mikä puolestaan vahvistaa tutkimuksen reliabiliteettia.

On tärkeää, että tutkimuksella on korkea validiteetti ja reliabiliteetti. Tutkimuksen tekeminen on otettava tosissaan ja tutkimuksen tarkoituksen tulee olla oleellinen tutkimuksen tavoitteisiin nähden. Myös analyysi tulee olla luotettavasti tehty. [11.]

Tämä työ on tehty luotettavasti ja uskottavasti. Myös työn tavoite on oleellinen, koska työ on Destia Oy:n tilaama.

Kvalitatiivisissa haastatteluissa reliabiliteetin säilyttäminen voi olla hankalaa sillä käsite ei osoita standardisointia. Kvalitatiivisia haastatteluja ei käytetä yleistämisen esille saamiseksi. Näissä tapauksissa reliabiliteettia voidaan katsoa metodina, joka kuvailee kuinka luotettavia haasteltavan kertomukset ovat. [11.]

Omassa työssäni haastatteluiden tulokset ovat kvalitatiivisia ja vaikka haastateltavia olivatkin vain kaksi, kaikkien haastateltavien näkemykset ovat tärkeitä.

Sisäinen logiikka tarkoittaa sitä, että analyysitekniikka, tutkimuskysymykset ja aineiston keruu ovat toistensa kanssa tasapainossa. Tutkimuksella tulee olla selkeä yhteys jokaisen yksittäisen luvun ja tutkimuksen tarkoituksen kanssa. Jos tutkimuksessa on kohtia, missä tämä ei toteudu, vaikuttaa se negatiivisesti tutkimuksen uskottavuuteen. [16.]

Tässä työssä kaikki luvut ovat työn kokonaisuuteen nähden olennaisia. Kaikkiin tutkimuskysymyksiin löytyy vastaukset ja työn taustaa tuodaan esille tulosten pohdinnassa.

Pragmaattinen kriteeri on yksi tutkimuksen kulmakivistä, jotta tutkimus olisi oleellinen. Pragmaattiseen kriteeriin kuluu tärkeät kysymykset, kuten miksi tutkimusta tehdään, mikä on tutkimuksen tavoite ja mikä on tutkijan tavoite. Tutkimuksella tulee olla arvoa myös tulevaisuudessa. [16.]

Omalla tutkimuksellani on selkeä tavoite. Tutkimuksen päätavoite on tutkia ja kehittää Infrakitin laatimaa järjestelmää, samoin myös tutkia, miten se soveltuu työnjohtajalle sen eri työtehtävissä. Destialla on iso rooli tämän järjestelmän kehittämisessä, mikä näkyy siinä, että Destialla järjestelmä on käytössä monella työmaalla. Tutkimuksen tulokset vastaavat suoraan työn tavoitteeseen ja niitä voidaan käyttää tulevaisuudessa tämän tyyppisten järjestelmien kehittämisessä. Tapa, miten tätä voidaan käyttää, on jakaa tutkimus Destan kehittämisosastolle.

Empiirinen kytkelmä tarkoittaa todellisuuden ja tulkinnan yhteysymmärrystä. Ajatus yksiselitteisestä yhteydestä tulkinnan ja todellisuuden välillä voi olla alitajuttu ja kaikki selvitys kirjallisuuden aineistosta täytyy perustua valintaan todellisuudesta. [16.]

Työn taustassa olen selvittänyt, miltä todellisuus näyttää rakennusallalla. Työssä tulen käymään läpi, miten tuloksia voidaan soveltaa todellisuudessa.

### 3.7 Tavoitteiden saavuttamisen arviointi

Kysymykseen Infrakitin käytännöntarkkuuteen saadaan vastauksia taulukosta 1 s.13. Taulukon avulla nähdään kuinka tarkka itse laite on. Siitä voidaan todeta, että laitteella pystytään merkkamaan tietyn pisteen sijainti tai tarkistamaan kaivannon leikkauspohjan taso hyvinkin tarkkaan.

Tienrakentamisessa rakennusvirheiden (ja korjailemisen) välttäminen, aikataulun pitäminen ja budjetissa pysyminen on kaiken a ja o. Keinoja, miten näitä pystytään seuraamaan tehokkaasti, on monia. Työnjohtajalla on jo ennestään aika paljon tehtäviä, joten kaikki ylimääräiset tehtävät, jotka pystytään vähentämään tai jopa poistamaan kokonaan, ovat aina tervetulleita. [2.]

Kysymykseen Infrakitin toimivuudesta vastaa kategoriat, **työnteon joustavuus** ja **ohjelman käyttönopeus**. Ne ovat tärkeitä osioita aikataulun tehostamiseen liittyvässä tarkastelussa. Myös kategorioilla **tottumaton työnjohtaja**, **oman sijainnin havainto maastossa** ja **helppous käytössä** voidaan vetää suora yhteys aikataulun tehokkaaseen tarkkailuun, mikä samalla vaikuttaa myös kokonaiskustannuksiin.

Vastausten Infrakitin keskeisimmistä käyttötarkoituksista perusteella voi vetää johtopäätöksen, että siitä on suurta hyötyä sekä Infran että tien rakentamiseen. Samoin kategorია **työnaikainen suunnittelu** antaa vastauksen siihen, että ohjelmasta on hyötyä sekä kustannusseurannassa että aikataulun tarkkailussa. Hyvin suunniteltu työ on puoleksi tehty. Kustannusseuranta on oleellinen osa rakentamista yleensäkin. [2.]

Kategorioiden, **tarkkeiden otto** ja **olemassa olevien rakenteiden kartoittaminen** vastauksilla voidaan myös vetää suora yhteys kustannusseurantaan ja aikataulun tehokkaaseen tarkkailuun [2].

**Tarkkeiden otto** ja **olemassa olevien rakenteiden kartoittaminen** ovat myös tärkeä osa työn suunnittelua ja myös työn toteuttamista eli tien rakentamisessa. **Työn seuran-**

**ta** -kategoria antaa vastauksia siihen, kuinka tärkeä kustannusseuranta ja aikataulun seuranta on infrarakentamisessa ja tien rakentamisessa. [2.]

Haettaessa keinoja, miten vähentää työnjohtajien jo isoa työmäärää, niin kategoriat jotka vastaavat kysymykseen Infrakitin kehittämismahdollisuuksista, ovat ainakin hyvä alku niille. Kategorian **3D-mallien** vastausten perusteella tämä malli helpottaisi työmäärää huomattavasti, koska rakennetta pystytään katsomaan suoraan työmaalla. **Mas-sanlaskennasta** taas olisi valtava apu työn suunnittelussa, työnjohtajalta säästyisi paljon aikaa ja hän pystyisi keskittymään työnjohtamiseen. Haastatteluiden perusteella kategoria **työn kuittaus** ei ole niinkään tarpeellinen kehityskohde, siihen ei työnjohtajien mielestä tarvitsisi edes panostaa.

### 3.8 Työn tulosten merkitys ja sovellusmahdollisuuksia

Työn tuloksiin päättymiseen täytyy tarkastella sitä, miten saadut vastaukset vastaavat alussa esitettyihin kysymyksiin ja miten tätä tietoa voidaan soveltaa todellisuudessa.

Ensimmäinen kysymys oli Infrakitin käytännön tarkkuus. Mittauksien perusteella päästiin sellaiseen tarkkuuteen, että sillä pystyisi mittaamaan esimerkiksi työmaatien paikan. Sillä pystyisi jopa tarkistamaan kaivusvyökyksiä ja näkemään heti, mikäli on kaivettu joko liikaa tai liian vähän. Tarkkuus riittää myös kaivojen ja putkien paikan merkkäamiseen. Kaikki nämä ovat tehtäviä, jotka periaatteessa kuuluvat mittamiehelle. Mutta jos mittamies ei ole paikalla, pystyy työnjohtaja itse tekemään mittaukset.

Toinen kysymys oli, miten työnjohtajat kokevat Infrakitin toimivuuden. Tämän kysymyksen vastauksien hakemiseen käytettiin haastatteluita. Haastatteluiden perusteella työnjohtajat kokevat Infrakitin toimivuuden erittäin hyödylliseksi. Todellisuudessa tämä tarkoittaa sitä että, työnjohtaja näkee suoraan tabletista kaikki rakennuspiirustukset eikä mukana tarvitse kantaa isoa pinoa karttoja. Hän näkee myös oman sijaintinsa, joten maastossa pystytään helposti hahmottamaan se, tarvitaanko siellä joko leikkausta tai täyttöä.

Kolmas kysymys oli, mitkä ovat työnjohtajien mielestä Infrakitin keskeisimmät käyttötarkoitukset. Tähän kysymykseen saatiin vastukset myös haastatteluiden perusteella. Yksi keskeisimmistä käyttötarkoituksista oli se, että työnjohtajat käyttävät Infrakitiä

työnaikaiseen suunnitteluun. Työnjohtaja pystyy heti katsomaan, minne joku rakennettava kohde tulee sijoittaa kun samaan aikaan työmaalle joudutaan rakentamaan työmaatietä. Infrakitin avulla työnjohtaja näkee siis suoraan, minne työmaatie kannattaa rakentaa, jotta se ei osu rakennettavan kohteen päälle. Toinen oleellinen käyttötarkoitus oli kartoittaminen tai tarkkeiden ottaminen. Infrakitin avulla pystytään kätevästi kartoittamaan esimerkiksi olemassa olevan putken tai rummun sijainti, mikä helpottaa kovasti rakentamisen edistymisessä.

Viimeinen kysymys tässä työssä oli, mitkä ovat työnjohtajien mielestä Infrakitin kehittämismahdollisuudet. Tässä kysymyksessä käytettiin myös haastatteluita vastauksien keräämiseen. Haastatteluiden perusteella saatiin selville, että työnjohtajat haluaisivat järjestelmään massanlaskentaominaisuuden, mikä helpottaisi huomattavasti työnaikaista suunnittelua. Tämä ominaisuus nousee esiin suunnittelun helpottamisena kun tiedettäisiin kuinka paljon jossain kohteessa on leikkausta tai toisaalta täyttötä. Näin voitaisiin suunnitella helpommin, minne maat viedään, kuinka monella autolla ne ajetaan ja kuinka kauan työ kestää. Myös 3D-mallin pyörittäminen koettiin hyvänä ominaisuutena, ainakin siltarakentamisessa. 3D-mallista voidaan katsoa esimerkiksi sillan eri rakenteita.

## 4 Opinnäytetyön yhteenveto

Alussa esitettyihin kysymyksiin, Infrakitin käytännön tarkkuus, Infrakitin toimivuus, Infrakitin keskeisimmät käyttötarkoitukset ja Infrakitin kehittämismahdollisuudet, vastattiin mittauksien kautta saadulla taulukolla sekä haastatteluiden kautta saaduilla kategorioilla.

Tulokset olivat jokseenkin odotettuja, vastaan ei tullut suurempia yllätyksiä. Suurin yllätys oli ehkä se, että laite on niinkin tarkka kuin se on. En itse odottanut tällaista tarkkuutta. Haastatteluissa saadut tulokset eivät yllättäneet minua, sillä ne vastasivat myös paljon omia mielipiteitäni ja mietteitäni.

Työssä itselläni oli myös tehtävänä sekä tutkia että käyttää Infrakit-järjestelmää ja miettiä, miten se soveltuu työnjohtajalle ja onko siitä heille hyötyä. Kuten haastatteluista saatiin selville, yksi keskeisimmistä käyttötarkoituksista oli työnaikainen suunnittelu. Tämä oli myös omasta mielestäni yksi keskeisimmistä käyttötarkoituksista.

Mittauksien perusteella saatiin selville, että laite on hyvin tarkka. Koska GPS-signaali elää aika paljon, en kuitenkaan menisi merkkamaan sellaisia kohteita, joiden täytyy olla todella tarkasti merkattu. Tällaisia voisivat olla esimerkiksi porapaalujen sijainnit tai sillan anturan nurkkapisteet.

Taulukosta voi havaita myös sen, että GPS-antennin kanssa korkolukema elää aika lailla, joten korkosuunnassa en mittaisi mitään, tämän mittamies saa hoitaa. Korkolukema on kuitenkin suuntaa antava, joten sillä voi nopeasti tarkistaa, onko leikattavaa paljon vai onko maasto liian syvää. Sen tarkempia mittauksia en tällä laitteella tekisi.

Tutkimusta voisi vielä viedä eteenpäin niin, että mietittäisiin ja kehiteltäisiin malliin laadunvalvontamittauksia sekä linjaan vertaamista.

Omasta mielestäni tätä järjestelmää oli mielenkiintoisaa ja antoisaa tutkia. Olen erittäin kiinnostunut uudesta teknologiasta ja sitähan tässä työssä käsitellään paljon.

## Lähteet

1. Destia Oy: kotisivut [www.destia.fi](http://www.destia.fi). Luettu 11.3.2015.
2. *Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet*. Tiehallinnon julkaisu. <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100002-01i.pdf>. Luettu 11.3.2015.
3. *Infra RYL*. [www.rakennustieto.fi](http://www.rakennustieto.fi). Luettu 23.3.2015.
4. *Destia Oy:n kotisivut*. <http://www.destia.fi/fi/palvelut/mittaus/mittauspalvelut.html>. Luettu 22.3.2015.
5. *PMT Oy:n kotisivut*. <http://www.pmt-mittaus.fi/Rakennusmittaukset>. Luettu 22.3.2015.
6. *Mittauspalvelu MP-Map Oy:n kotisivut*. <http://www.mp-map.com/palvelut/rakennusmittaus>. Luettu 22.3.2015.
7. *Infrakit Oy kotisivut*. <http://wiki.infrakit.com/doku.php?id=fi:general>. Luettu 11.3.2015.
8. Jaakkola Mikko. 2013. *Mallipohjainen infrarakentaminen: Rakennushankkeen hallintamenetelmien kehitys*. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. <http://www.theseus.fi/handle/10024/67248>. Luettu, 7.4.2015.
9. Nummenmaa, L. 2009. *Käyttätymistieteiden tilastolliset menetelmät*. Helsinki.
10. Hirsijärvi, Remes, Sajavaara. 2006. *Tutki ja kirjoita*. Jyväskylä.
11. Kvale, S. & Brinkmann, S. 2013. *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Lund.
12. Denscombe M. 2009. *Forskningshandboken : för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. 2. painos. Lund.
13. *Yleistä Microsoft Excel taulukoista* <https://support.office.com/fi-fi/article/Yleist%c3%a4-Excel-taulukoista-7ab0bb7d-3a9e-4b56-a3c9-6c94334e492c?ui=fi-FI&rs=fi-FI&ad=FI>. Luettu 22.3.2015.
14. Anttila, P. 2000. *Tutkimuksen taito ja tiedon hankinta*. Jyväskylä.
15. Anttila, P. 2006. *Tutkiva toiminta ja ilmaisu, teos, tekeminen*. Hamina.

16. Larsson, S. 1994. Om kvalitetskriterier i kvalitativa studier. Teoksessa B. Starrin ja P. Svensson (toim.) *Kvalitativ metod och vetenskapsteori* (sivut 163-189). Lund



**Mittauspöytäkirja**

Liitteenä mittauksien mittauspöytäkirja

| <b>12910</b>  | <b>x</b>    | <b>y</b>     | <b>z</b> | <b>26848</b>  | <b>x</b>    | <b>y</b>     | <b>z</b> |
|---------------|-------------|--------------|----------|---------------|-------------|--------------|----------|
| <b>1</b>      | 6671290,480 | 25481456,269 | 16,332   | <b>1</b>      | 6671532,477 | 25482338,328 | 9,591    |
| <b>2</b>      | 6671290,487 | 25481456,271 | 16,336   | <b>2</b>      | 6671532,473 | 25482338,325 | 9,590    |
| <b>3</b>      | 6671290,477 | 25481456,266 | 16,326   | <b>3</b>      | 6671532,471 | 25482338,332 | 9,590    |
| <b>4</b>      | 6671290,485 | 25481456,269 | 16,331   | <b>4</b>      | 6671532,483 | 25482338,321 | 9,591    |
| <b>5</b>      | 6671290,486 | 25481456,269 | 16,336   | <b>5</b>      | 6671532,479 | 25482338,331 | 9,594    |
| <b>6</b>      | 6671290,479 | 25481456,269 | 16,342   | <b>6</b>      | 6671532,476 | 25482338,327 | 9,588    |
| <b>7</b>      | 6671290,477 | 25481456,268 | 16,336   | <b>7</b>      | 6671532,484 | 25482338,326 | 9,594    |
| <b>8</b>      | 6671290,483 | 25481456,269 | 16,324   | <b>8</b>      | 6671532,478 | 25482338,325 | 9,590    |
| <b>9</b>      | 6671290,480 | 25481456,273 | 16,326   | <b>9</b>      | 6671532,480 | 25482338,329 | 9,586    |
| <b>10</b>     | 6671290,484 | 25481456,271 | 16,324   | <b>10</b>     | 6671532,488 | 25482338,333 | 9,599    |
| <b>26993</b>  | <b>x</b>    | <b>y</b>     | <b>z</b> | <b>201405</b> | <b>x</b>    | <b>y</b>     | <b>z</b> |
| <b>1</b>      | 6671598,969 | 25482460,981 | 10,768   | <b>1</b>      | 6671795,213 | 25483135,529 | 2,760    |
| <b>2</b>      | 6671598,961 | 25482460,977 | 10,780   | <b>2</b>      | 6671795,203 | 25483135,527 | 2,764    |
| <b>3</b>      | 6671598,964 | 25482460,969 | 10,788   | <b>3</b>      | 6671795,203 | 25483135,534 | 2,768    |
| <b>4</b>      | 6671598,970 | 25482460,973 | 10,772   | <b>4</b>      | 6671795,203 | 25483135,534 | 2,765    |
| <b>5</b>      | 6671598,975 | 25482460,974 | 10,779   | <b>5</b>      | 6671795,205 | 25483135,534 | 2,753    |
| <b>6</b>      | 6671598,974 | 25482460,968 | 10,771   | <b>6</b>      | 6671795,197 | 25483135,534 | 2,762    |
| <b>7</b>      | 6671598,976 | 25482460,971 | 10,759   | <b>7</b>      | 6671795,203 | 25483135,527 | 2,745    |
| <b>8</b>      | 6671598,974 | 25482460,969 | 10,768   | <b>8</b>      | 6671795,210 | 25483135,525 | 2,767    |
| <b>9</b>      | 6671598,962 | 25482460,977 | 10,797   | <b>9</b>      | 6671795,208 | 25483135,529 | 2,758    |
| <b>10</b>     | 6671598,961 | 25482460,974 | 10,794   | <b>10</b>     | 6671795,209 | 25483135,535 | 2,751    |
| <b>201402</b> | <b>x</b>    | <b>y</b>     | <b>z</b> | <b>201401</b> | <b>x</b>    | <b>y</b>     | <b>z</b> |
| <b>1</b>      | 6672024,721 | 25484055,998 | 6,091    | <b>1</b>      | 6672052,412 | 25484242,328 | 5,754    |
| <b>2</b>      | 6672024,721 | 25484055,010 | 6,084    | <b>2</b>      | 6672052,413 | 25484242,331 | 5,746    |
| <b>3</b>      | 6672024,714 | 25484055,004 | 6,089    | <b>3</b>      | 6672052,418 | 25484242,326 | 5,746    |
| <b>4</b>      | 6672024,706 | 25484054,014 | 6,089    | <b>4</b>      | 6672052,410 | 25484242,326 | 5,747    |
| <b>5</b>      | 6672024,697 | 25484055,008 | 6,080    | <b>5</b>      | 6672052,407 | 25484242,325 | 5,747    |
| <b>6</b>      | 6672024,708 | 25484054,000 | 6,088    | <b>6</b>      | 6672052,413 | 25484242,325 | 5,750    |
| <b>7</b>      | 6672024,720 | 25484055,994 | 6,093    | <b>7</b>      | 6672052,411 | 25484242,325 | 5,752    |
| <b>8</b>      | 6672024,722 | 25484054,000 | 6,093    | <b>8</b>      | 6672052,418 | 25484242,324 | 5,747    |
| <b>9</b>      | 6672024,706 | 25484055,004 | 6,088    | <b>9</b>      | 6672052,414 | 25484242,325 | 5,747    |
| <b>10</b>     | 6672024,711 | 25484055,000 | 6,108    | <b>10</b>     | 6672052,413 | 25484242,324 | 5,747    |

| 201420 | x           | y            | z      | 201422 | x           | y            | z      |
|--------|-------------|--------------|--------|--------|-------------|--------------|--------|
| 1      | 6672339,87  | 25485600,435 | 13,119 | 1      | 6672426,647 | 25485812,175 | 20,534 |
| 2      | 6672339,88  | 25485600,433 | 13,128 | 2      | 6672426,643 | 25485812,174 | 20,537 |
| 3      | 6672339,88  | 25485600,433 | 13,129 | 3      | 6672426,641 | 25485812,176 | 20,543 |
| 4      | 6672339,88  | 25485600,433 | 13,129 | 4      | 6672426,637 | 25485812,176 | 20,532 |
| 5      | 6672339,87  | 25485600,436 | 13,122 | 5      | 6672426,639 | 25485812,175 | 20,529 |
| 6      | 6672339,85  | 25485600,438 | 13,113 | 6      | 6672426,645 | 25485812,174 | 20,543 |
| 7      | 6672339,84  | 25485600,440 | 13,095 | 7      | 6672426,648 | 25485812,177 | 20,545 |
| 8      | 6672339,85  | 25485600,437 | 13,085 | 8      | 6672426,644 | 25485812,179 | 20,547 |
| 9      | 6672339,86  | 25485600,437 | 13,095 | 9      | 6672426,652 | 25485812,170 | 20,519 |
| 10     | 6672339,87  | 25485600,436 | 13,11  | 10     | 6672426,649 | 25485812,167 | 20,516 |
| 201423 | x           | y            | z      | 28221  | x           | y            | z      |
| 1      | 6672471,916 | 25485952,209 | 16,129 | 1      | 6672590,127 | 25486335,153 | 7,040  |
| 2      | 6672471,912 | 25485952,209 | 16,131 | 2      | 6672590,130 | 25486335,159 | 7,038  |
| 3      | 6672471,908 | 25485952,214 | 16,135 | 3      | 6672590,132 | 25486335,167 | 7,036  |
| 4      | 6672471,902 | 25485952,206 | 16,125 | 4      | 6672590,125 | 25486335,159 | 7,039  |
| 5      | 6672471,906 | 25485952,211 | 16,123 | 5      | 6672590,120 | 25486335,165 | 7,039  |
| 6      | 6672471,901 | 25485952,207 | 16,116 | 6      | 6672590,126 | 25486335,157 | 7,039  |
| 7      | 6672471,917 | 25485952,206 | 16,132 | 7      | 6672590,138 | 25486335,159 | 6,774  |
| 8      | 6672471,910 | 25485952,206 | 16,133 | 8      | 6672590,127 | 25486335,172 | 7,043  |
| 9      | 6672471,914 | 25485952,207 | 16,125 | 9      | 6672590,128 | 25486335,155 | 7,036  |
| 10     | 6672471,920 | 25485952,209 | 16,130 | 10     | 6672590,136 | 25486335,169 | 7,039  |
|        |             |              |        |        |             |              |        |