



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Kai Laaksonen

Rakennusmestarin mittaustyöt ja väli- neet infratöissä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

1.11.2022

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Kai Laaksonen Rakennusmestarin mittaustyöt ja välineet infratöissä 22 sivua 1.11.2022
Tutkinto	Rakennusmestari
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine	Infra rakentaminen
Ohjaajat	Lehtori, Anu Ilander Työpäällikkö, Timo Rönkä
<p>Opinnäytetyössä käsitellään työnjohtajan vaatimuksia, taitoja ja osaamista infra rakennusmittauksien osalta. Tutkimuksessa on selvitetty niitä vaatimuksia, joita jokaisen työnjohtajan olisi syytä ymmärtää rakennusmittauksesta. Mittausvälineistö, paikannus, tietotekniikka, tiedonsiirto, -tallennus ja mallinnus kehittyvät jatkuvasti. Uudistuvan mittaustekniikan ajassa on hyvä ymmärtää rakennusmittaukseen liittyvä teknologia. Välineistön käyttö, ohjelmat, tiedonsiirto ja formaatit on myös työnjohtajan hyvä tietää ja tuntea. Yhtenä esimerkkikohteena työssä on käytetty koulun pihankorjausrakka Porvoossa.</p> <p>Tavoitteena on muodostaa kokonaiskäsitys mittausmenetelmistä ja välineistä, mitkä liittyvät infrarakentamisen mittauksiin ja koneohjaukseen. Opinnäytetyön johtopäätösoiosiossa pohditaan, miten rakennusmittausta infratyömaalla voidaan kehittää ja näin vähentää turhia mittauksia ja mittavirheitä. Huipputeknologiasta huolimatta infratyömaalla tehdään vieläkin mittausvirheitä ja jopa turhia mittauksia.</p>	
Avainsanat	Työnohjaus ja mittaustyöt

Author Title	Kai Laaksonen Construction master's measurement work.
Number of Pages Date	22 pages 1 November 2022
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	Infra Construction
Instructors	Anu Ilander, Principal Lecturer Timo Rönkä, UnisportInfra Oy
<p>The thesis discusses the foreman's requirements, skills and competence in infrastructure construction measurements. The research has clarified the requirements that every foreman should understand about construction measurement. Measuring equipment, positioning, information technology, data transfer, storage and modeling are constantly developing. In the time of renewed measurement technology, it is good to understand the technology related to building measurement. The use of the equipment, programs, data transfer and formats are also good for the foreman to know and feel. A school yard maintenance contractor in Porvoo has been used as an example site in the work.</p> <p>The goal is to form an overall understanding of measurement methods and tools related to infrastructure construction measurements and machine control. In the conclusion section of the thesis, we consider how construction measurement at the infrastructure site can be developed and thus reduce unnecessary measurements and measurement errors. Despite the cutting-edge technology, measurement errors and even pointless measurements are still made at the infrastructure site.</p>	
Keywords	Work supervision and measurement work.

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Esimerkki rakennushanke	3
2.1	Yleistä hankkeesta	3
2.2	Suunnitelmat ja työselosteet	6
2.3	Rakennustyöselostus	7
3	Mittaustyöt infrarakentamisessa	8
3.1	Mittaustyön perusteita	8
3.2	Kiinto- ja korkopisteet	9
3.3	Mittauksen suunnittelu ja työmaalle merkitseminen	10
3.4	Virhemittaukset	11
3.4.1	Virheiden tasot	11
4	Mittausvälineet	12
4.1	Lasermittalaitteet	12
4.2	Tasolaser	12
4.3	Putkilaser	14
4.4	GNSS-järjestelmät	15
4.5	Takymetri	17
4.6	3D-koneohjaus	20
4.7	Työkoneen paikannus	20
5	Työmaalla mittaaminen	23
5.1	Yleistä kohteesta	23
5.2	Alustavat mittaustyöt	23
6	Yhteenveto ja pohdinta	25
	Lähteet	28

Lyhenteet ja nimikkeistöä

GNSS	Global Navigation Satellite Systems paikannusjärjestelmien yhteisnimitys.
GPS	Global Positioning System satelliittipaikannusjärjestelmä, Yhdysvaltojen kehittämä ja ylläpitämä.
DWG	Piirroksesta patentoitu binääritiedostomuoto .jota käytetään kaksi- ja kolmiulotteisten suunnittelutietojen ja metatietojen tallentamiseen. Se on useiden CAD pakettien alkuperäinen muoto,
RTK	Reaaliaikainen kinemaattinen mittaus (Real Time Kinematic). Satelliittipaikannusmenetelmä, jossa mittatarkkuutta parannetaan tukiasemalta saatavalla korjaussignaalilla. Mallipohjainen Tiedonkäsittelytapa, jossa kohteita kuvataan tietokonesovelluksin luettavina malleina.
InfraRYL	Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset.
Koneohjaus	Satelliittipaikannukseen ja erilaisiin antureihin perustuva järjestelmä, joka näyttää työkoneen kuljettajalle koneen ja sen varusteiden sijainnit suhteessa suunnitelmaan.
Novatron Oy	Suomalainen koneohjausjärjestelmien valmistaja
LandNova	Ohjelma, joka on käytössä Novatronin koneohjausjärjestelmissä
Xsite PAD	Novatronin valmistama mittaajille ja työnjohdolle suunniteltu työmaahallintatyökalu, sisältää samat ominaisuudet kuin koneohjausjärjestelmätkin.
Takymetri	Mittauslaite, jolla mitataan pisteiden sijainteja kojeeseen nähden

- LandXML XML-pohjainen tiedonsiirtoformaatti, joka sisältää määrittelyt infra- ja mitaustiedolle (InfraBim-sanasto, versio_0.7).
- Tietomalli Infrakohteen tai tietyn rakenteen kolmiulotteinen esittäminen digitaalisessa muodossa ominaisuustietoineen

1 Johdanto

Ennen kuin varsinaista rakennushanketta päästään suunnittelemaan, tehdään rakennuspaikalla kartoitusmitoitus ja tarkistetaan asemapiirustus. Rakennuspaikka, tontti tai väylä kartoitetaan, maastossa mitataan sijainti- ja korkotiedot, sekä tehdään maaperätutkimuksia kairaamalla tai koekuopilla. Kartoituksen perusteella laaditaan perustamistapalausunto. Näiden tietojen pohjalta pystytään laatimaan alustavat suunnitelmat, kustannusarvio ja tekemään päätös rakennushankkeen toteuttamisesta. Rakennetussa ympäristössä voidaan alustavia suunnitelmia tehdä jo olemassa olevien dokumenttien ja rakenteiden tarkemmittausten perusteella. Koulun pihan perusparannus Porvoossa, hankkeen suunnittelu ja tarkemmittaukset aloitettiin 2019.

Opinnäytetyössä käsitellään rakennusmestarin työtä infrahankkeessa rakennetussa ympäristössä. Esimerkkityönä on Porvoon Huhtisen koulun ja päiväkodin pihan perusparannus. Työssä käsitellään myös infrarakennus hankkeen mittaustöitä, -välineitä ja -menetelmiä, joita rakennusmestari tarvitsee rakennushankkeen onnistumiseksi. Onnistunut hanke pysyy aikataulussa, taloudelliset tavoitteet saavutetaan ja työmaa on kaikin osin mahdollisimman turvallinen.

Miten vähentää turhia mittauksia ja mittavirheitä. Jo itse suunnitelmissa saattaa olla puutteita ja mittavirheitä tai jopa väärä korkomaailma. Rakennusvaiheessa saattaa tulla törmäyksiä jo olemassa oleviin rakenteisiin, kaivoihin tai putkistoihin. Mestariilta tarvitaan hyviä vuorovaikutus taitoja ja kykyä tulkita suunnitelmia. Kokonaiskuvan hahmottaminen ja oikean tiedon jakaminen tuotantoon, itse rakentajille on yksi työnjohtajan vaativa haaste.

Tavoitteena oli selvittää nykytilanne mittausaineistojen sisällöstä, laadusta ja käytetyistä tiedonsiirtoformaateista sekä alan yleisestä ohjeistuksesta. Työstä muodostuu kokonais käsitys ohjeista, välineistä ja mittaustehtävistä, mitkä liittyvät infrarakentamisen. Näissä hankkeissa päästiin tutustumaan eri yritysten ja urakoitsijoiden mittaustapoihin ja tiedonsiirtoon, suunnittelusta toteutukseen.

Tavoitteena oli myös selvittää nykytilanne mittausaineistojen sisällöstä, laadusta ja käytetyistä tiedonsiirtoformaateista. Ja miten näiden pohjalta voidaan tehdä riittävän tarkkaa mittausta itse työmaalla edesauttaen rakennushankkeen onnistumista, niin laadullisesti kuin taloudellisestikin. Kuinka hyvin suunnitelmat ja toteumat saadaan vastaamaan toisiaan. Miten ymmärretään alalla käytettävät toleranssit ja miksi suunnitelmia joudutaan ihmettelemään ja korjaamaan turhan usein. Alla oleva teksti on suora lainaus eräästä pihanrakennussuunnitelmasta.

”Kaikki mitat asetetaan siten, että ne ovat helposti niitä tarvitsevien käytettävissä. Työmaalla säilytettäviin piirustuksiin merkitään tärkeimpien mittapisteiden sijainti ja niiden asema virallisiin mittapisteisiin nähden. Kaikki mitat ja korkeusasemat on tarkistettava maastossa. Ellei merkityille paikoille voida rakentaa suunnitelman mukaisesti jonkin esteen takia tai jos suunnitelma ja maasto eivät ole yhdenmukaiset, ilmoitetaan asiasta heti valvojalle.” [15].

Työnjohdon avuksi on tullut ja tulee paljon uutta teknologiaa, enemmän tiedonhallintaan kuin varsinaiseen mittaustyöhön. Projektipankista saa kuvat ja työselosteet suoraan älypuhelimien. Kuvienkäsittely ja kuvasta mittaaminen, skaalaus on helpottunut. Paperiset rakennuspiirustukset alkavat pikkuhiljaa kadota, koska kaikki aineisto löytyy digimuodossa. Työmaalla mittaamiseen ja merkitsemiseen tarvittava data löytyy pääosin PDF muodossa. Tarvitaanko enää skaalatikkua vai onko PDF-Xchange Editor ohjelmisto jo korvannut sen?

Uusien teknologioiden ja toimintamallien käyttöönotto lisääntyy jatkuvasti myös infra-hankkeissa, niin väylärakentamisessa kuin talonpohjien ja pihojen rakentamisessa. Mittausta tarvitaan useassa vaiheessa hankkeen suunnittelusta rakentamisen aloitukseen ja tarkemittauksiin. Dokumenttipohjaisesta suunnittelusta siirrytään tietomallipohjaiseen suunnitteluun ja rakentamisessa siirrytään mallipohjaiseen tuotantoon. Tietomallipohjaisista toimintamallia ei vielä ole otettu käyttöön kunnolla ja kokonaisvaltaisesti, mutta se tekee tuloaan. Vielä tämän vuosikymmenen aikana pitäisi rakentajilla ja suunnittelijoilla pitäisi olla riittävästi dataa oikeassa muodossa

2 Esimerkki rakennushanke

2.1 Yleistä hankkeesta

Huhtisen koulun ja Kuutamopolun päiväkodin pihan peruskorjaus. Hankkeen rakennuttaja on Porvoon Kaupunki toimitilajohto. Pääurakoitsijana hankkeessa toimi Unisport Infra Oy. Geosuunnittelusta vastasi Sipti Oy, Pihasuunnittelusta WSP Oy ja LVI- ja Sähkösuunnitelmista Dupoint Oy. Rakennusvalvonnan hoiti HTJ Oy. Kuvassa 1 on esitetty urakkarajat.



Kuva 1. Esimerkki kohteen urakkarajat ilmakuvassa [15].

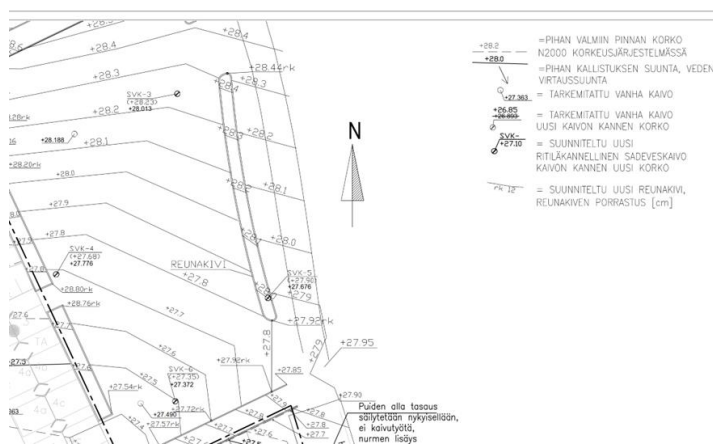
Hanke aloitettiin 2019 kartoittamalla piha-alue. Piha-alue ja rakenteet, sijainti ja korot tarkemittattiin Takymetrilla. Koulun pihalle kaivettiin koekuoppia ja tarkistettiin olemassa

olevat rakennekerrokset sekä sokkelin kunto koko suunnittelun pohjaksi. Suunnitelmat valmistuivat 2020 loppuvuodesta ja urakan aloituskokous pidettiin 4.5.202. Samalla viikolla aloitettiin työt aitaamalla ensimmäinen lohko koulun pihalla.

Koulu ja päiväkoti sijaitsevat samassa rakennuksessa n. 1,5 ha tontilla. Urakkarajauksen ulkopuolelle jäivät aikaisemmin toteutetut henkilökunnan parkkialueet. Koulurakennuksen rakennusala on n. 3 500 m². Varsinainen työmaa-alue oli hehtaarin kokoinen.

Noin 10 000m² kokoinen piha-alue korjattiin rakenteellisesti sekä kaikki pinnat, leikkivälineet ja kalusteet uusittiin. Alustavaa aikataulua jouduttiin korjaamaan hankkeen aikana suunnitelmien tarkentuessa ja niistä aiheutuneista lisätöistä. Asiat sovittiin tilaajan kanssa hyvässä yhteisymmärryksessä ja työ saatiin luovutettua lähes ajallaan 22.9.2021.

Varsinaiset infratyöt mitattiin ja toteutettiin ennen pihatöitä pohjarakennussuunnitelmien perusteella. Salaojitusta rakennettiin kenttien kuivatukseen ja sokkelin vierustalle n. 400 m ja tarkastuskaivoja 20 kpl. Hulevesi järjestelmää uusittiin LVI-suunnitelmien mukaisesti n. 300 m ja 16 kpl kaivoja. Nämä putkistot kuvattiin ja kaikki sijainnit, korot ja kaadot tarkemittattiin Takymetrilla. Uusittavaa sähkön suojaputkitusta oli yhteensä n. 300 m ja kaksi kaapelikaivoa, kaivojen sijainnit tarkemittattiin. Rakennusosat/ rakennekerrokset mitattiin ja asennettiin virallisten korko- ja sijaintipisteiden mukaisesti. Kuvassa 2 on esimerkki kohteen pinnantasaus suunnitelmasta.



Kuva 2. Pinnantasaus suunnitelma [15].

Leikkivälineitä ja pihakalusteita tuli useita erilaisia. Monissa leikkivälineissä, kuten keinuissa, kiipeilytelineissä ja motoriikkaradoissa perustamissyvyys on 600 mm + arina. Samassa korossa on myös kenttien ja leikkialueiden salaojitus, sekä sähköjen suojaputket. Tässä vaiheessa alkoivat haasteet suunnitelmien sovittamisessa. Kuvassa 3 on esitelty pihasuunnitelma. Mittaustyöt tehtiin pääosin mittamiehen tuomista kiinto- ja korkopisteistä sekä olemassa olevista seinälinjoista. Kaarevat reunakivilinjat asemointiin mittamiehen tuomien R-pisteiden avulla. Urheilukentän kulmat sekä kaadot kepitettiin konehöylän avuksi. Sama mittauspäällikkö hoiti kaiken mittauksen kartoituksesta lopputarkkeisiin.



Kuva 3. Hankkeen pihasuunnitelma sisältäen määräluettelon [15].

Pintamateriaalit, kasvu- ja nurmialueet tehtiin kuvassa 3 esitetyn pihasuunnitelman mukaisesti. Määräluettelo tosin muuttui vähän rakennusaikana, asfaltoinnin osuus kasvoi 3500 m² yli 5000 m², mikä osaltaan vaikutti rakennekerroksiin ja hulevesijärjestelmään. Leikki- ja pelialueita tehtiin n. 2 000 m² tarvittavine turvajoustoineen, pääosin tekonurmi-päällysteisiä. Kaksi isoa motoriikkarataa asennettiin standardien mukaiselle ja riittävän paksulle turvasorapatjalle Viher- ja kasvualueita istutuksille ja puille n. 1500 m² ja nurmialueita n. 1000 m². Betoni- ja kenttäkiviä asennettiin n. 500 m², reunakiviä n. 500 m².

verkkoaitaa n. 400 jm ja tarkastettavia leikkivälinettä lähes 20 kpl + pihakalusteet. Kuvassa 4 on ilmakehu valmiista kohteesta.



Kuva 4. Googlen Ilmakehu piha-alueesta vuonna 2021.

2.2 Suunnitelmat ja työselosteet

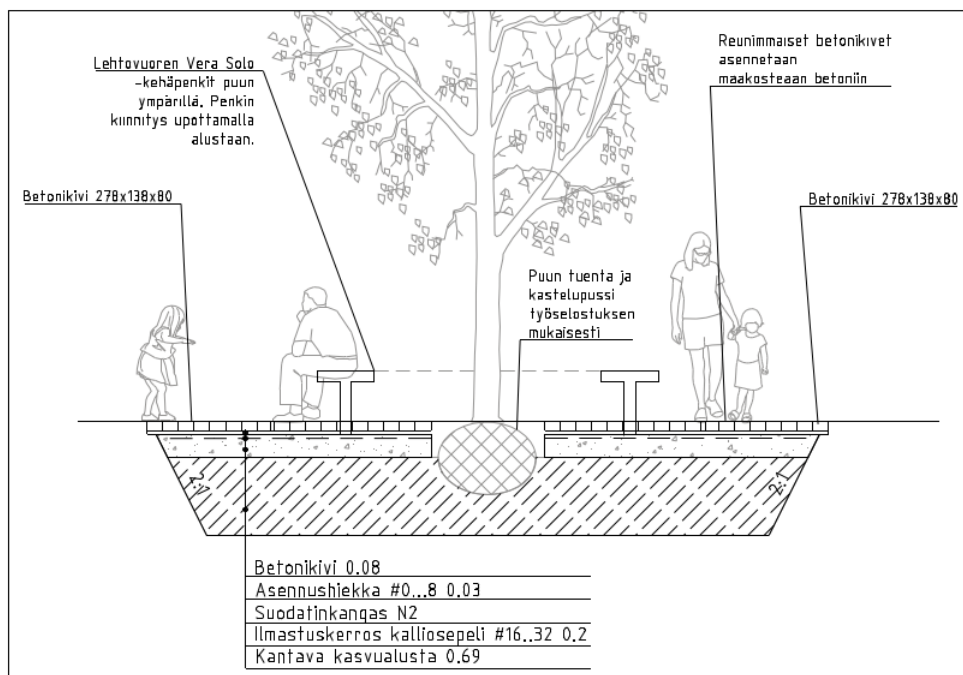
Tässä hankkeessa oli huomioitava useampi suunnitelma ja varsinaisia työselosteuksia oli kaksi. Geoteknisten suunnitelmien pohjaksi oli oma työkohtainen työselostus sekä viher- ja pihatöitä koskeva omakohtainen työselostus. Pihatöselostus koskee Huhtisen koulun piha-alueen maisemointia kasvillisuuden, pihan kalusteiden ja varusteiden ja pintamateriaalien osalta. [15]

Pihatöiden laajuudet ja vastuut määräytyvät Porvoon kaupungin laatiman urakkaohjelman ja urakkarajaliitteen mukaan. Pihatöselostus ei koske pintamateriaalien alaisia rakennekerroksia ja perustuksia, pinnantasausta, valaistusta eikä kuivatusta. Ne toteutettiin rakennustyöselostuksen mukaisesti.

2.3 Rakennustyöselostus

Huhtisen pihan rakennushankkeessa noudatetaan hankekohtaista Rakennustyöselostusta, piha-alueen maisemoinnin ja pintamateriaalien osalta. Piharakentamisen laatuvaatimukset on esitetty Rakennustieto Oy:n julkaisussa Infra RYL 2018/1. Rakennusosien ja tuotanto-osien sisällöt on kuvattu Rakennustieto Oy:n julkaisussa Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö, Määrämittausohje. [15]. Kuvassa 5 on esitetty periaatepoikkileikkaus piha-alueesta.

PERIAATEPOIKKILEIKKAUS A-A, 1:50



Kuva 5. Laatuvaatimukset kasvualustasta [15].

Hankekohtaisessa työselostuksessa tarkennetaan ja täydennetään em. julkaisuissa esitettyjä teknisiä vaatimuksia ja ohjeita. Selostuksessa esitetyt vaatimukset tulevat pätemisjärjestyksessä ennen InfraRYL 2020 ja muiden yleisten ohjeiden vaatimuksia. Yksityiskohtainen asiakirjojen pätemisjärjestys esitetään urakkasopimuksessa. Kuvassa 6 on esitetty laatuvaatimuksia maarakenteiden tiiveyden osalta.

Rakennushankkeessa noudatetaan InfraRYL:ssä annettuja toleransseja, teknisiä vaatimuksia ja ohjeita, mikäli työselostuksessa ei muuta sanota. Viherrakenteiden osalta noudatetaan VRT'17 yleistä työselostusta. Lisäksi noudatetaan Viheralueiden hoidon laatuvaatimuksia VHT 2014. [15]

Maarakenne	E₁	Dr %	E₂	E_{max}/E₁
Viheralueen maapenger		≥ 87 %		≤ 2,1
Putkikaivannon arina		≥ 90 %		≤ 2,0
Pengertäyte	≥ 40 MN/m ²	≥ 90 %		≤ 2,0
Jakava kerros	≥ 50 MN/m ²		≥ 100 MN/m ²	≤ 2,2
Kantava kerros	≥ 50 MN/m ²		≥ 143 MN/m ²	≤ 2,2
Asfaltin päältä			≥ 200 MN/m ²	≤ 1,7

Kuva 6. Rakennuskohteen maarakenteiden tiivistysvaatimukset [15].

3 Mittaustyöt infrarakentamisessa

3.1 Mittaustyön perusteita

Viimeisen vuosikymmenen aikana mittaamiseen tarvittava tekniikka on kehittynyt todella nopeasti. Nykyaikaisen mittaustekniikan ominaispiirteinä on globaalien, maailmanlaajuisesti toimivien lähinnä satelliittipaikannukseen perustuvan teknologian käyttö sekä niiden hyödyntäminen paikantamisessa ja mittaamisessa. Vanhat pitkään käytössä olleet mittalaitteet on yleisesti ottaen päivitetty uudenaikaisiin mittalaitteisiin ja -järjestelmiin jo 2000-luvun alkupuolella. [8 s.3]

Tämän päivän rakennushankkeissa suunnitelmat tehdään lähes poikkeuksetta suunnitteluohjelman avulla. Mittaus- ja kartoitustyöt alkavat työmaalla jo suunnitteluvaiheessa, ja mittaustehtävien tavoitteena on saada riittävät lähtötiedot suunnitteluohjelman pohjätiedoksi. [4 s.7]

Rakennushankkeen kaikissa eri vaiheissa tarvitaan mittaustekniikkaa ja mittausvälineitä, suunnittelusta lopputarkkeisiin. Mitä vaativammasta työkohteesta on kyse, tarvitaan sitä tarkemmat ja varmemmat mittausvälineet ja ammattitaitoisen mittamiehen. Rakennustyömaalla rakentamisen aikana rakennuskohteen perusmittaukset ja rakenteen sijainnin kartoittavat maastonmerkinnät voidaan tehdä perinteisimmillä menetelmillä olosuhteiden niin salliessa. Työmaalla tehtävät merkinnät voidaan tehdä mittanauhalla ja spray maalilla maanrakentajan toimesta, koska ne ovat riittävän tarkkoja menetelmiä pienimuotoisten rakenteiden mittauksessa. Mittanauhalla ja tasolaserilla mitatessa työmaalla tarvitaan riittävästi kiintopisteitä ja virallisia korkopisteitä, joiden avulla mittaukset onnistuvat riittäväällä tarkkuudella. Suuremmilla työmailla, jossa on isoja ja tarkkuutta vaativia rakenteita, on syytä käyttää takymetria ja mittamiestä, sekä GPS/GNSS-pohjaisia mittavälineitä voidaan käyttää olosuhteiden niin salliessa. [4 s.7]

3.2 Kiinto- ja korkopisteet

Rakennushankkeen mittaustöiden lähtökohtana on mittamiehen viralliset korko- ja kiintopisteet. Vaikkapa talonrakennushankkeissa kunta tai kaupunki tuo tontille virallisen korkopisteen ja rakennuksen nurkkapisteet. Nurkkapisteet siirretään ennen hankkeen aloitusta ja kaivuutöitä. Puhutaan usein linjapukeista tai -tikuista ja näiden muodostamasta siirto-/ mittalinjoista. Kuvassa 7 on esimerkki virallisesta korkopisteestä. Virallisesta korkopisteestä otetaan päivittäin oikea korko omaan mittausvälineeseen. Infra-hankkeissa ja perustusvaiheessa käytetään usein tasolaseria.



Kuva 7. Kunnan toimittama virallinen korkomerkintä maastossa [15].

3.3 Mittauksen suunnittelu ja työmaalle merkitseminen

Työmaalla tehtävä mittaustyö on suunniteltava huolellisesti etukäteen. Ennen mittaustyön aloittamista mittaajan on selvitettävä, mitä aikoo mitata ja millaisilla välineillä mittaustyö kannattaa suorittaa parhaiten. Toteutuksen näkökulmasta on tarpeen tarkastella suunnitelmia ja selvittää, mitkä maastoon merkkeiden osat ovat tärkeimmät työn sujuvuuden kannalta. Hyvällä suunnittelulla pyritään minimoimaan riskit turhien tai tarpeettomien mittauksien tekemiselle, jotka vievät aikaa turhaan. [7 s.9]

Mittaustehtävien suunnitteluun sisältyvät kaikki tarvittavat tiedot mitattavista rakenteista rakennustyömaalla. Suunnitteluvaiheessa päätetään käytettävistä mittaus- ja merkintävälineistä, suoritustavasta sekä tarvittavista ennalta laskettavista laskutoimituksista. Mittaustehtävän sujuvuuden varmistamiseksi on hyvä ottaa huomioon seuraavat seikat. [4 s.48; 7 s.9]

- Jokaisen työvaiheen mittaustehtävät on hyvä tietää
- käyttäjän on syytä ymmärtää mittaustehtävän tarkoitus sekä pystyä suorittamaan se sujuvasti ja tarkasti
- laitteiden akut pidettävä ladattuina
- huolehtia tarvikkeiden kunnosta säännöllisesti
- mittausvälineiden pitää olla työmaalla käyttöetäisyydellä tai ainakin tiedettävä mistä ne löytyvät
- varmistaa työvaiheiden oikea etenemisjärjestys.

[4 s.24]

Infrarakentamisessa on siirrytty digitaaliseen aikakauteen, kun sekä suunnittelu että rakentaminen toteutetaan tietomallipohjaisesti. Myös rakennushankkeen luovutusaineisto digitalisoidaan tulevaisuudessa. Avainsana on tiedonhallinta: miten tieto saadaan siirtämään seuraavaan hankevaiheeseen mahdollisimman tehokkaasti.

Eletään siirtymäkautta, eikä ilman paperilla olevia suunnitelmia ja laatudokumentteja tulla vielä toimeen, koska tilaaja on veloitettu arkistoimaan hankkeen luovutusaineiston arkistolaissa säädetyllä tavalla. [8 s.3]

Lisäksi on tärkeää tutustua uusiin tietomallipohjaisen suunnittelun ja rakentamisen ohjeisiin ja vaatimuksiin, jotka ohjaavat nykyaikaista suunnittelua ja rakentamista. Perinteinen takymetrimittaus on vähentynyt merkittävästi, koska satelliittipaikannusta hyödyntävien koneohjausjärjestelmien käyttö on yleistynyt. Maanmittarin työnkuva infratyömaalla sisältää nykyään myös mallintamisen ja mallipohjaisen laadunvarmistuksen. [7 s.8]

3.4 Virhemittaukset

Kaikissa käytännön mittaustehtävissä esiintyy virheitä, ja saadut mittaustulokset eivät ole täysin virheettömiä. Riippumatta tehtävästä tai käytetystä välineestä, absoluuttisen tarkkuuden saavuttaminen mittaustehtävissä ei ole mahdollista. Kuitenkin mittaustuloksia ei aina tarvitse pitää virheellisinä mittaustehtävien suorittamisen yhteydessä. Tarkasti suoritettujen mittaustehtävien pienet mittausvirheet eivät yleensä aiheuta merkittäviä haittoja käytännön rakentamiselle. Mittausvirheet voivat johtua mittauksen suorittajasta tai käytetystä mittausvälineestä aiheutuvista virheistä. Toisinaan virhe voi johtua myös virheellisestä suunnitelmasta tai suunnitelman tulkinnasta. [4 s.33; 7 s.10]

3.4.1 Virheiden tasot

Mittavirheet voidaan jaotella kolmeen eri luokkaan [4 s.33].

- Karkea virhe
- systemaattinen virhe
- satunnainen virhe.

Huolimattomuus, virheellinen kohteen havainnointi tai tulkinta- ja kirjausvirheet voivat aiheuttaa karkeita virheitä mittauksissa. On tärkeää verrata tehtyjä mittauksia ja niiden tuloksia keskenään. Samalla mittauskerralla voidaan tehdä myös ylimääräisiä riippumattomia havaintoja, joiden avulla aiempien mittaustulosten vertaaminen niihin on mahdollista. [7 s.10]

Systemaattinen virhe johtuu mittausvälineestä, mittauksen suorittajasta, ympäristötekijöistä tai mittaustoimien laskennasta. Jos havaitsee systemaattisen virheen ja tunnistaa sen aiheuttajan, mittausvirheeseen vaikuttavaa tekijää voi korjata. Kun tehdään mittaus-tehtäviä rakennustyön yhteydessä, alueelle tuodut mittatiedot ovat paikallisen mittauksen perustana, kuten esimerkiksi oikeelliset korkomerkinnot työmaalla. [7 s.10]

Satunnaiset virheet saattavat johtua osittain samoista tekijöistä kuin systemaattiset virheet, ja niissä voi olla samankaltaisia piirteitä. Kuitenkin satunnaiset virheet ovat usein vaikeita, jopa mahdottomia, havaita. Käytännössä yksittäiset satunnaiset mittausvirheet havaitaan usein visuaalisesti tai käytännön toteutuksen aikana. [7 s.10]

4 Mittausvälineet

4.1 Lasermittalaitteet

Lasertekniikkaan ja paikantamiseen (GPS, GNSS) perustuva mittalaitteiden käyttö on arkipäivää kaikessa rakennusmittauksessa, niin talo kuin infra puolella. Mitattaessa kor-koa on hyvä tietää korkeusjärjestelmä ja tarkistaa, että sama korkojärjestelmä on käytössä sekä suunnittelijoilla että rakennuttajalla.

Lasersäteen (tasolaser, putkilaser) avulla suoritettava mittaustapa yleisin ja päivittäinen mittaustapa infratyömaalla. Lasereiden avulla tapahtuvassa korkeudenmittausmenetelmässä tärkein on näkyvä tai näkymätön infrapunasäde ja tunnettu korkeusasema. Lasersäde voi olla pysty- tai vaakasuorassa tai lasersäteen voi säätää osoittamaan haluttua kaltevuutta (putkilaser). [4 s.61–63]

4.2 Tasolaser

Tasolaser on mittalaite, joka käyttää pyörivää infrapunasädettä korkeusaseman määrittämiseen. Sitä yleensä käytetään pystysuunnassa säätyvällä kolmijalalla, ja se tasataan aluksi silmämääräisesti vaakasuoraan. Nykyaikaiset tasolasereissa on itsetasaava toiminto, joka tasaa laitteen automaattisesti karkean vaakasuoran tasauksen jälkeen.

Käyttämällä pystysuunnassa säädettävää jalkaa, laitteen korkeus voidaan säätää haluttuun tasoon. Kuvassa 8 näkyy perinteinen tasolaserjärjestelmä. Tasolaserin avulla yhden henkilön on mahdollista suorittaa korkeuden mittauksia rakennustyömaalla. Jos tasolaserin ja tiedetyn korkeusaseman välillä on suuri etäisyys, korkeuden säätö vaatii yleensä kahden henkilön yhteistyötä. Tasolasereiden lasersäde ulottuu yleensä satojen metrien päähän, ja mittatarkkuus riippuu käytetyn laitteen ominaisuuksista ja vastaanottimen asetuksista. [4 s.61–63; 7 s.12]



Kuva 8. Tasolaser kokonaisuus [3].

Tasolaserin avulla voidaan yksinkertaisemmissa mittauksissa mitata korkeuksia käyttämällä perinteistä mittanauhaa ja esimerkiksi puurimaa apuna. Kuitenkin yleisemmin korkeuksien mittaamiseen käytetään vastaanotinta, joka lukee tasolaserin lähettämän lasersäteen korkeuden. Vastaanottimissa on mahdollista säätää haluttu toleranssi, joka määrittää mittatuloksen tarkkuuden. Riippuen rakennuskohteen vaativuudesta ja toleransseista, vastaanottimen tarkkuussäätö kannattaa asettaa siten, että vaadittu tarkkuus saavutetaan. [4 s.61–63; 7 s.12]

4.3 Putkilaser

Putkilaser on toinen lasermittalaitetyyppi, jota käytetään rakentamisen aikana tasolaserin lisäksi. Putkilaseria voi käyttää yhden henkilön voimin, samoin kuin tasolaseria. Putkilaser lähettää pistemäistä sädekehää, jonka avulla voidaan suorittaa mittauksia. Putkilaseria käytetään erityisesti putkien asennustöiden aikana, jolloin se mahdollistaa putkien asennuskaltevuuden säätämisen suunnitelmien mukaisiksi. Putkilaserin avulla kaltevuus voidaan määrittää suoraan prosentuaalisesti. [4 s.24; 7 s.13]

Putkilaserin ollessa huolellisesti asennettuna tukevalle alustalle työmaalla, sitä voidaan käyttää seuraamaan putken yläpinnan korkeutta yksinkertaisimmillaan sopivan mittanauhan tai puuriman avulla. Kuvassa 9 esitetään esimerkki putkilaserista. Uudemmissa ja kehittyneemmissä menetelmissä putkilaser voidaan asettaa jalustan avulla suoraan putken sisälle, ja säde osoittaa tarkasti putken keskilinjaa. Tässä edistyneemmässä menetelmässä asennettavaan putkeen sijoitetaan jalustan avulla asennettava vastaanotin, joka on myös asennettu putken keskelle. [7 s.13]



Kuva 9. Putkilaser on infrarakentajan perustyökalu [3].

4.4 GNSS-järjestelmät

Työssä käsittelen Trimblen järjestelmää, joka on ollut paikannusteknologian edelläkävijä jo yli 30 v. Trimblen laitteistojen ja integroitujen GNSS-ratkaisujen avulla saavutetaan enemmän tehokkuutta ja tarkkuutta maastossa mittaamiseen, tehtävästä ja vaatimustasosta riippumatta. Patentoidut menetelmät, kestävä rakenne ja helppokäyttöiset ohjelmistot takaavat, että mittaukset onnistuvat vaatimusten mukaisesti. Trimblen luotettavat ja innovatiiviset GNSS järjestelmät perustuvat pitkään asiantuntemukseen ja kehitystyöhön GNSS-teknologiasta ja maanmittauksesta. Kuvassa 10 on mallikuva GNSS-vastaanottimesta. Trimblen laitteistot ja järjestelmät täyttävät maanrakennusmittauksen tiukimmatkin vaatimukset.



Kuva 10. Trimble GNSS-vastaanotin [3].

Trimble R2 on GNSS-vastaanotin. Monikäyttöinen ja joustava ammattilaisratkaisu useille eri paikkatietosovelluksille ja maanmittaukseen. On yleisesti käytössä maanrakennus- ja tietyömailla. Siihen voidaan liittää monipuolisesti erilaisia tiedonkeruutallentimia, -ohjelmia ja tarkkuustasoja. Paikkatieto- ja maanmittausalan ammattilaisille tehty Trimble R2 -vastaanotin takaa sujuvan ja tarkan mittauksen maastossa ja työmailla. Tarkkuus ja GNSS suorituskyky on valittavissa työtehtävien mukaan. Trimnet VRS -palvelun kautta tarkkuusvaihtoehtoja on kolme, alle metrin tarkkuudesta cm-

tarkkuuteen, riippuen mittaustyön vaatimus- ja tarkkuustasosta. Kuvassa 11 on esimerkki haastavan maaston mittauksesta.

Tuki useille satelliittikonstellaatioille. R2 tukee GPS:ää, GLONASSia, Galileoa, BeiDouta ja QZSS-satelliittisignaaleja sekä SBAS:aa. R2 on myös yhteensopiva eri älylaitteiden ja ohjelmistojen kanssa. Se soveltuu käytettäväksi Yuma Tablet PC:n, tablettien ja älypuhelimien sekä kolmannen osapuolen laitteiden kanssa. R2:een voi liittää Trimblen kämmenlaitteita, iOS-, Android- ja Windows®-älypuhelimia ja tabletteja. Maastossa se on nopeasti käyttöön otettavissa ja kevyt kuljettaa joko sauvaan kiinnitettynä tai repussa.

Trimble R 2:n hyvinä ominaisuuksina voidaan mainita sen keveys, vastaanotin painaa vain 1,08 kg ja kestää pudotuksen jopa 2 metristä. Käyttölämpötila -20...+55°C. Akun kesto on noin 5 tuntia käyttöolosuhteitten mukaan. Integroitu GNSS vastaanotin ja antenni RTX yhteensopiva sekä bluetooth toiminto.



Kuva 11. Maastomittaja työssään [3].

Tehokas TSC7 maastotietokone sisältää uusimman version Trimble Access -maasto-ohjelmistosta, tehokkaan Intel Pentium CPU 4200 2.0 GHz -prosessorin ja paljon tallennustilaa (8GB RAM/ 64GB), jota voi myös laajentaa SDXC-kortilla. Kuvassa 12 on järjestelmään kuuluva käsivastaanotin.



Kuva 12. Vastaanotin [3].

Laite hoitaa nopeasti isot projektit ja käsittelee 3D-dataa samalla kun olet maastossa. Prosessointinopeus ja yhteensopivuus riittävät mihin tahansa tehtävään. Se mahdollistaa salamannopean päätöksenteon, töiden tarkistamisen ennen konttorille paluuta ja lopputuotteiden toimittamisen asiakkaille entistä nopeammin.

Windows 10 -yhteensopivuus merkitsee saumatonta integraatiota olemassa olevaan taustajärjestelmään, joten voit käyttää mitä tahansa Trimblen tai kolmannen osapuolen ohjelmistoa, mukaan lukien Microsoft Officen sovelluksia, samalla kun teet maastossa töitä.

TSC7 on Verizon ja AT&T-sertifioitu, joten se tarjoaa täyden pääsyn Microsoftin Windows-kauppaan, lataa turvallisuuspäivitykset pitämään laitteet ja tiedot turvassa. Koska Windows on laajasti ja yleisesti käytetty, ei edellytetä juurikaan ylimääräistä käyttökoulutusta. Prosessointinopeus ja yhteensopivuus riittävät mihin tahansa tehtävään.

4.5 Takymetri

Takymetri on mittalaite, jota käytetään rakennusmittauksessa ja erityisesti maanmittauksessa. Kuvassa 13 näkyy nykyaikainen takymetri. Takymetrillä mitataan pisteiden sijain- teja suhteessa laitteeseen säteittäisesti, eli polaarisesti. Laitteen toimintaperiaate

perustuu napakoordinaatistoon, mutta erilaisten ohjelmien avulla mittaustiedosta voidaan laskea pisteiden tarkat sijainnit suorakulmaisissa koordinaatistoissa. Termi "takymetri" tulee kreikan kielestä, joka tarkoittaa nopeaa mittausta. [16]



Kuva 13. Takymetri [16].

Elektro-optinen etäisyysmittari korvasi optisen etäisyysmittarin kehittyneen puolijohde- ja laseritekniikan ansiosta. Aluksi takymetrin elektro-optinen etäisyysmittari oli erillinen laite, joka sijaitsi kaukoputken päällä tai sivulla. Nykyään etäisyysmittari on osa takymetrin koneistoa ja mittaa etäisyyden lasersäteen avulla kaukoputken objektiivin läpi. Mittauksen kohteena voi olla heijastava prisma tai mikä tahansa sileä ja valoa heijastava pinta. Näin matka voidaan laskea heijastuneen säteen kulkuajan perusteella. [16]

Takymetri on alun perin suunniteltu kulmien ja etäisyyksien mittaamiseen, mutta nykyään siihen on integroitu olennaisesti tietokone, joka mahdollistaa monipuolisemmat mitaukset. Kun halutaan mitata tietyn pisteen sijainti kartalla tai maastossa, takymetrillä mitataan vinomittaus etäisyydelle sekä vaaka- ja pystykulmat laitteeseen nähden. Näiden mitattujen tietojen avulla takymetrin sisäänrakennetulla ohjelmistolla voidaan laskea seuraavat tiedot.

- Vaakaetäisyys kojeesta mittauspisteeseen
- korkeusero kojeen ja pisteen välillä

- suorakulmaiset koordinaatit halutuissa koordinaatistoissa
- tielinjaelementtien sijainteja [4 s.5; 7 s.14;16]

Takymetrin muistiin tallennetaan tarvittavat lähtötiedot mittauksia varten, ja se kerää myös mitattujen pisteiden sijaintitiedot. Lähtötietoina voi olla esimerkiksi seuraavat tiedot:

- maastoon merkittävien pisteiden koordinaatit
- kojeen sijoituspaikan määrittämisessä käytettävien liitospisteiden koordinaatit (kts. takymetrin orientointi)
- olosuhteista ja käytettävien välineiden yksilöllisistä ominaisuuksista johtuen tarpeelliset mittaustulosten korjaukset

Takymetri on laajasti käytetty työkalu kartoituksessa ja rakennusmittauksessa. Sen pääasiainen kilpailija on satelliittipaikannustekniikka. On kuitenkin tilanteita, joissa satelliittipaikannus ei korvaa takymetrimittauksia. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi:

- Satelliittisignaalien vastaanottoantennia ei voida viedä mitattavaan pisteeseen (esim. asennettavana olevan rakennuselementin kulma)
- mitattavasta pisteestä ei ole vapaata näköyhteyttä taivaalle riittävän laajalti ylös ja sivuille
- suurin sallittu virhe on alle 1 cm.

Suomessa 2020-luvulla takymetrit ovat pääosin robottitakymetrejä, jotka ohjataan kauko-ohjauksella. Robottitakymetri pystyy automaattisesti seuraamaan heijastinprisman liikkeitä ilman erillistä suuntaajaa. Käyttäjä voi suorittaa mittauksen yksinään siirtämällä heijastinta mitattaviin kohteisiin ja antamalla mittauskäskyt kauko-ohjaimella. Myös ennalta tallennettujen pisteiden merkitseminen maastoon on mahdollista kojeen ohjajana. Joillakin edistyksellisillä takymetreillä, kuten Leica ja Trimble, voi suorittaa myös keilauksia, skannauksia ja valokuvauksia mittaushetkenä sekä maastossa että rakennusten sisällä. [16; 7 s.15]

4.6 3D-koneohjaus

Koneohjausmalli on muokattu versio suunnitelmamallista, joka on tarkoitettu käytettäväksi rakennustyökoneiden työskentelyssä työmaalla. Suunnittelijoiden tuottama aineisto ei yleensä ole suoraan yhteensopiva koneohjausjärjestelmien kanssa, joten koneohjausmalliin lisätään taso- ja poikkileikkauskuvia sekä x-, y- ja z-koordinaatit. Koneohjausjärjestelmien malleissa tiedot voivat olla mallinnettuna pinta-, viiva- tai pistemallina riippuen kohteen tai rakenteen ominaisuuksista. Vuoden 2015 yleisissä inframallivaatimuksissa esitetään vähimmäisvaatimukset, joita mallilta edellytetään. [1]

Koneohjausmallin tärkeä vaatimus on, että kaikki rakennettavan kohteen rakennusosat, jotka hyödyntävät koneohjausta, tulee mallintaa. Toteutusmallissa rakennepinnat ja taiteviivat nimetään InfraBIM-nimikkeistön numerointi- ja nimeämiskäytäntöjen mukaisesti. [5 s.32]

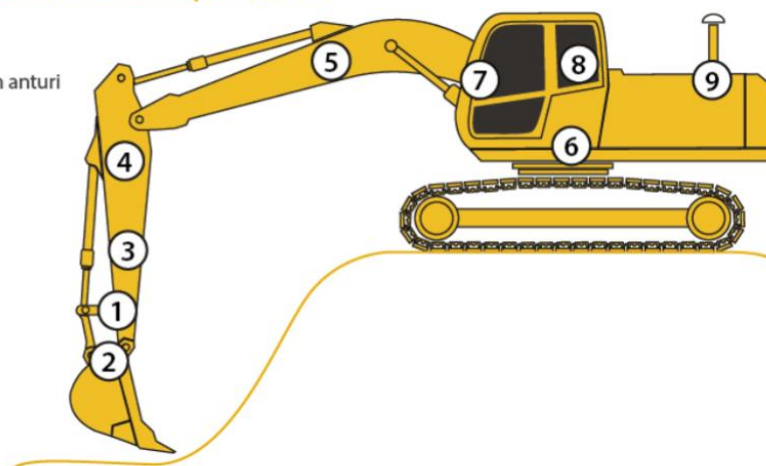
Koneohjausmallissa jokaiselle yksittäin rakennettavalle rakennepinnalle luodaan oma koneohjausmalli. Koneohjausmallissa mallinnetaan vain ne viivat, joilla rakenteen pinnassa on merkittäviä taite- tai viivakohtia. Taiteviivalla tarkoitetaan jatkuvaa suoraa tai suorien ketjua, jolla on samat x-, y- ja z-koordinaatit. [4 s.42]

4.7 Työkoneen paikannus

Koneohjauksessa oleva työkone voidaan työmaalla paikantaa jatkuvalla robottitakymetrisuurannalla tai satelliittien avulla. Satelliittipaikannuksella työkoneen sijainti työmaalla määrittyy maapallon ympärillä kulkevien satelliittien ja niiden lähettämän paikannussignaalin avulla, joita työkoneen kartoitusyksikkö eli satelliitivastaanotin ottaa vastaan. Satelliitivastaanotin määrittää sijainnin kolmiulotteisessa koordinaatistossa, minkä jälkeen koneohjausjärjestelmä yhdistää paikkatiedon ja antureiden tuottaman tiedon yhteen, ja esimerkiksi kaivinkoneen kauhan sijainti selviää. Kuvassa 14 on esitetty koneohjauksen tarvittavat komponentit. Paikannussignaali on altis erilaisille häiriötekijöille, joiden aiheuttajana voivat olla puusto, korkeat rakennukset tai lähetyvillä olevat suuret heijastavat pinnat. Etenkin infra-alalla työmaat sijaitsevat usein alueilla, joissa paikannussignaali heikentyy esteiden takia. [5 s.35—37; 6]

Koneohjausjärjestelmän komponentit

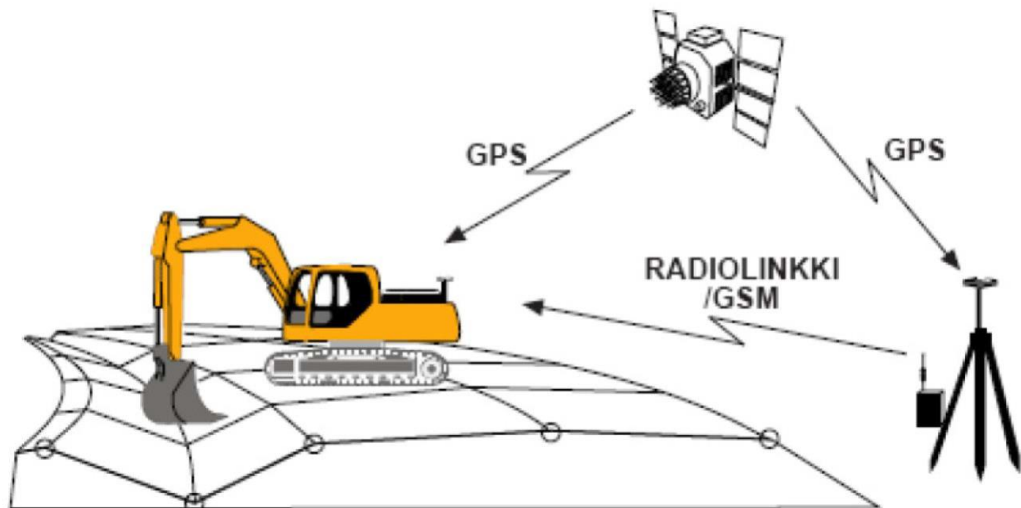
- 1 Kauha-anturi
- 2 Kauhan sivuttaiskallistuksen anturi
- 3 Laservastaanotin
- 4 Kaivuvarren anturi
- 5 Pääpuomin anturi
- 6 Runkoanturi
- 7 Näyttö-/tietokoneyksikkö
- 8 GNSS-vastaanottimet
- 9 GNSS-antennit



Kuva 14. Koneohjausjärjestelmän komponentit [10].

Työmaalla käytetään tukiasemaa paikannussignaalien häiriötekijöiden minimointiin ja mittaustarkeyden parantamiseen. Tukiasemana käytetään satelliittivastaanotinta, joka sijoitetaan tarkasti tunnetulla pisteellä oleva satelliittivastaanotin, josta se tunnettujen satelliittien GPS:n avulla mittaa koordinaattien eroa. Tukiasema lähettää koordinaatti eroista mitatun korjaussignaalin työkoneen kartoitusyksikköön radiolinkin/ GSM:n avulla, joka puolestaan korjaa paikkatiedon todellisuutta vastaavaksi. Tukiaseman avulla mitattua tarkennettua GPS-mittausta kutsutaan RTK-GPS-mittaukseksi. Kuvassa 15 on esitetty periaate GPS-mittauksesta.

Tukiaseman voi sijoittaa esimerkiksi työmaakonttiin tai -kopin katolle. Mikäli tukiasemaa ei voida sijoittaa työmaalle, voi se myös olla riittävän kantomatkan päässä useista työkohteista, koska korjausdatan lähettäminen onnistuu jopa 30 km:n etäisyydellä. Toinen mahdollisuus on käyttää palveluntarjoajilta saatavaa lisenssiä, jonka avulla virtuaalitukiasema laskee korjaussignaalin ja lähettää sen tiedon puhelinyhteyden avulla työkoneen kartoitusyksikköön. [5 s. 35—36; 6]



Kuva 15. RTK-GPS mittauksen toimintaperiaate [10].

Vaihtoehtoisena menetelmänä satelliittipaikannukselle työkoneneen paikantamiseen voidaan käyttää robottitakymetriä. Takymetrin toimintaa on käsitelty tässä työssä omassa osiossa. Koneohjauksen takymetripaikannuksessa kiinnitetään vastaanotin, prisma työkoneseen. Tällöin takymetri mittaa prisman sijaintia koordinaatistossa ja lähettää kolmiulotteista sijaintitietoa koneohjausjärjestelmään. Robottitakymetri seuraa prismaa automaattisesti ja se edellyttää, että näköyhteys työkoneneen ja takymetrin välillä pitää olla esteetön. [5 s.37; 6]. Kuvassa 16 on eri mittatarkkuuksia.

Tie- ja katurakenteet				
Rakennekerros	InfraRYL mittavaatimukset		Koneohjausjärjestelmältä vaadittu tarkkuus	
	XY (mm)	Z (mm)	XY (mm)	Z (mm)
Kantava kerros	-0...+150	+20...-20	+50...-50	+20...-20
Jakava kerros	-0...+150	+30...-30	+100...-100	+30...-30
Suodatinkerros	-0...+150	+40...-40	+100...-100	+30...-30
Väylärakenteen alapinta	-0...+200	+0...-100 Louhepatjan alla +0...-200	+100...-100	+30...-30

Kuva 16. InfraRYL mittavaatimukset ja koneohjausjärjestelmältä vaadittu tarkkuus väyläkoh-teissa [17 s.119]

5 Työmaalla mittaaminen

5.1 Yleistä kohteesta

Pihan perusparannuksen mittaustöiden lähtökohtana oli mittamiehen takymetrilla tuomat viralliset korko- ja kiintopisteet. Korkopisteitä oli useampi ympäri tonttia juuri urakkarajan ulkopuolella. Pikanaulat, pöllönsilmät porattiin ja lyötiin asfalttiin ja reunakiviin. Kiintopisteitä tarvittiin lähinnä kaarevien reunakivilinjojen mitoituksessa. Mittamiehen tuomista R-pisteistä saatiin piirrettyä riittävän tarkat kaarevat linjat kiviasennusten onnistumiseksi. Välineiden sijoitusmitoituksessa käytettiin hyväksi rakennuksen seinälinjoja, vanhan aidan nurkkapisteitä ja olemassa olevia kaivoja. Siirto- ja mittalinjat saatiin mitattua riittävän tarkasti pdf kuvista ja tarkistettua työmaalla rulla- ja kelamitan avulla.

5.2 Alustavat mittaustyöt

Urakoinnin osalta ensimmäiset mitoitustyöt olivat aluesuunnitelman ja liikennejärjestelyiden laatiminen ja toteutus. Aitojen ja porttien määrät mitattiin PDF-kuvasta. Kuvassa 17 on ajo- ja jalankulkuväylän asemointia oikeille paikoille rullamitalla.



Kuva 17. Jalankulun mitoitus rullamitan avulla. [15]

Mittaustehtävien tarkka suorittaminen työmaalla on tärkeä perusta onnistuneelle rakennushankkeelle. Alla on listattu eri mittaustoimenpiteitä piharakentamisessa rakentamisessa.

- Alkukartoitus
- Kaivuu alueen rajaus
- Kiinteä korkopiste
- Kaivojen ja putkilinjojen sijainnit
- Kalusteiden ja pihavälineiden sijoitus
- Pinnantasaus
- Reunakivilinjat
- Loppu tarkkeet

Rakennushankkeessa on useita työtehtäviä, jotka vaativat aina mittaustyötä. Kaikki eri työvaiheet limittyvät keskenään toisiinsa, ja seuraavaksi alkavien työvaiheiden toteutuminen edellytyksenä on edellisten työvaiheiden onnistuminen, myös mittauksen osalta. Kuvassa 18 on esimerkki tasolaserin käytöstä työmaalla. Työmaamittaaminen on erityistä tarkkuutta ja huolellisuutta vaativa työvaihe, joten käytössä olevien mittavälineiden olisi syytä olla helppokäyttöisiä sekä riittävän tarkkoja. [7 s.8].



Kuva 18. Työmaalla mittaamista ja jätevesipumppaamon asennus. [15]

Laadukkaiden mittausvälineiden lisäksi mittaustyötä tekevien on ymmärrettävä ja osattava tehtävänsä riittävän hyvin. Mittaustyötä suorittavan täytyy tietää tehtävään tarvittava aika, jotta mittausvirheitä tulisi kiireestä huolimatta mahdollisimman vähän. Jos mittaustyötä yritetään suorittaa liian nopeasti ja mittaja ylikuormittuu, todennäköisyys virheiden tekemiseen suurenee. [7 s.8]

Mittalaitteiden käyttöedellytysten tärkeän osan muodostavat olosuhteet, välineiden kunto ja viimeisimmistä kalibroinnista kulunut aika. Rakennustyömaan koko toiminnan ja tehtävien onnistumisen kannalta tärkeää on, että mittausvälineet ja -laitteet toimivat luotettavasti. Huolletuilla ja toimivilla mittausvälineillä saadaan kustannustehokkuutta, koska toimintakuntoiset välineet nopeuttavat työn sujuvuutta ja parantavat työn laatua. Rakennushankkeen aikana käytettäviä mittavälineitä ovat lasermittalaitteet, takymetrit, GPS/GNSS-pohjaiset laitteet sekä perinteiset käsikäyttöiset mittakelat ja rullamitat. [7 s.15]

6 Yhteenveto ja pohdinta

Mittaustyöt ja mittaaminen on laaja kokonaisuus. Rakennusmestarin on hyvä tuntea erilaiset mittausmenetelmät, -välineet ja -tavat. Mittatarkkuus ja toleranssit poikkeavat vähän toimialan mukaan. Opinnäytetyössä tavoitteena on antaa käsitys siitä, mitä mittaustaitoja ja tietämystä mittauksesta rakennusmestarilta edellytetään infra työmaalla. Mittaustyöhön valittavat menetelmät ja välineet riippuvat vaadittavista tarkkuuksista ja toleransseista. Tavoitteena on antaa tämän työn lukijalle käsitys myös siitä, mitä tietomallinnus ja koneohjaus pääpiirteittäin tarkoittaa ja mitä niiden käyttö tarvitsevat onnistuakseen.

Opinnäytetyön pohjaksi on haastatellut rakennusmestareita ja mittamiehiä useassa eri infrahankkeessa vuodesta 2018 lähtien mm. siltatyömaalla Vuosaarella, pihan perusparannus hankkeissa Porvoossa sekä kadunrakennus työmaa Helsingissä. Varastohallin pohja- ja perustustöiden mittauksista ja työtavoista sain vähän hajanaista tietoa. Mittaustavat ja -menetelmät on niin yrityskohtaisia pienempien urakoitsijoiden osalta ja siellä alan yhteinen käytäntö vähän ontuu. Viimeisimmät tutkimukset ja haastattelut olen

saanut tehdä Kasin katutöissä Helsingin Runeberginkadulla. Rakennushankkeen projektijohtoista urakkaa vetää keskisuuri infratoimija Louhintahiekka Oy.

Suuri osa vastaajista oli sitä mieltä, että sujuvan työskentelyn ja työmaan etenemisen kannalta olisi syytä olla riittävästi mittausresursseja, isommissa infrahankkeissa vähintäänkin yksi oma mittamies, yleensä myös mittauspäällikkö. Mittamiehen poissaolotapauksessa tai mittamiehen kokonaan puuttumisen koettiin hankaloittavan työskentelyä merkittävästi, varsinkin yllättävissä tilanteissa. Kadunrakentamisessa varsinkin suunnitelmia joudutaan korjaamaan ja lisätarkkeita ottamaan joka viikko. joten kahden mittamiehen avulla voidaan lomia porrastettua ja vältettyä turhalta ylikuormitukselta. Vähänkin isompi työmaa, on uuden mittamiehen perehdyttäminen aikaa vievää puuhaa, joten tietotaidoista pitää myös maksaa.

Infra-alalle tarvitaan lisää itse tekijöitä, jotka hallitsevat mittaamisen perustaidot. Mittamiehen poissaolon takia, voisi koko työmaa pysähtyä, jollei ole riittävän mittautaitoisia työnjohtajia ja maanrakentajia. Aina löytyy työmaan viralliset korot sekä siirtomittapisteet tai rakennusten nurkat. Tasolaserilla, mittakelalla, rullamitalla ja vatupassilla voi tehdä ainakin jotain töitä edistäviä mittauksia. Mittamiehen lisäksi pitäisi työryhmässä olla joku, joka hallitsee GNSS järjestelmän ja teknologian perusteet sekä pystyy vastaanottimen avulla mittaamaan rakenteita oikeille paikoilleen, jolloin poissaolotapauksissa pystytään töitä jatkamaan ainakin osin. Tosin GNSS järjestelmä ei toimi joka olosuhteissa. Kaupunkien keskustat, tunnelit sekä tiheät metsät haittaavat merkittävästi mittaustyötä.

Pyrkimyksenä tehokkaassa rakentamisessa on se, että työmaalla työt eivät keskeytyisi ainakaan mittausresurssien puuttumisen takia. Työmaan käynnissä pysymisen kannalta tällaisen yllättävän tilanteen sattuessa tulisi olla varasuunnitelma ja löytyä vaihtoehtoinen ratkaisu esimerkiksi toisen työryhmän mittamiehen käyttämisestä tai ostopalvelusta.

Rakennusteollisuuden digiloikan takia tiedon määrä on merkittävästi lisääntynyt ja tiedonsiirto nopeutunut. Rakennushankkeen mukaan, sen oikean ja päivitetyn dokumentin, työpiirustuksen löytäminen projektipankeista tai tiedon saaminen suunnittelijalta saattaa olla yllättävän työlästä. Kuvien lukeminen digilaitteilla on nykypäivää myös infrarakentamisessa ja paperiset, isot ja selkeät työpiirustukset ovat jäämässä historiaan. Oman

näkemykseni mukaan niitä vielä tarvitaan työmailla operatiiviseen johdon ja työryhmien keskinäiseen kommunikointiin.

Oleellisen tiedon, mitä rakennetaan ja minne rakennetaan, kertominen varsinaisille tekijöille, maanrakentajille on huomattavasti selkeämpää ja sujuvampaa suuren paperisen kuvan avulla kuin älylaitteilla. Läppäriin näytöllä kuvaa joudutaan jatkuvasti siirtämään ja suurentamaan, älypuhelimista puhumattakaan. Sähköiset kuvat ja älylaitteet ovat toki tärkeitä ja niitä tarvitaan. Mutta työmaan aloittaminen ja kokonaiskuvan hahmottaminen mestarille ja työryhmälle, maanrakentajille on selkeämpää paperiversioista. Piirustusmerkinnät, detaljit ja nimiölehti (mittakaava) yms. voidaan lukea suoraan kuvasta. On myös huomattavasti helpompi selvittää päivän työt ja tavoite työryhmälle ison paperisen kuvan avulla, koska samaa kuvaa voi tarkastella useampi henkilö yhtä aikaan olematta nenät kiinni toisissaan.

Yhteenvedona haluan mainita, että skaalatikku ja paperilakanat ovat infra-alalla kuin Aapinen lukutaidossa. On hyvä opetella tavaaman ennen lukemista. Muutos on jo tapahtunut ja koulutuksessakin keskitytään enemmän digitaitoihin kuin perusosaamiseen. Työmaalla mittaamista, suunnitelmien tulkitsemista ja niiden toteutuskelpoisuuden arviointia ei digitaidoilla helpoteta. Ne taidot opitaan ajan kanssa työmaalla. Mutta miksi suunnitelmien korjausten ja uusien suunnitelmien määrä oli lisääntynyt merkittävästi tällä vuosituhatluvulla. Tehdäänkö suunnitelmat pöydän ääressä, ilman jalkautumista kohteeseen, maastoon? Olisiko koko rakennusteollisuuden etu, että suunnitelmat olisivat riittävän perusteellisia, selkeitä ja toteutuksen kannaltakin realistisia.

Mestari tarvitsee myös hyviä vuorovaikutustaitoja. Päivittäin pitää ohjeistaa työryhmiä ja viikoittaista yhteydenpitoa suunnittelijoihin, aina ilmenee muuttujia hyvistä suunnitelmista huolimatta. Oikea-aikaisen suunnitelman, tiedon tai mitan metsästäminen on toisinaan kuin puhelinmyyjän työtä. Sosiaalinen kanssakäyminen on tärkeä taito mestarille myös onnistuneen mittaustyön kannalta.

Lähteet

- 1 3dkoppi.fi [verkkoaineisto]. Saatavissa: <http://www.3dkoppi.fi/koneohjausmalli/> 1.11.2022
- 2 AUMALA, O. 2006. Mittaustekniikan perusteet. 13. muuttumaton painos. Helsinki: Hakapaino Oy.
- 3 Geotrim.fi [verkkoaineisto]. Saatavissa: <https://geotrim.fi/product-category/tasolaserit/>, <https://geotrim.fi/tuotteet/gnss/gnss-jarjestelmat/> 1.11.2022
- 4 ESKOLA, R ja PELTONIEMI, H 2011. Viherympäristön mittaustekniikka ja paikakatieto. Helsinki: Tammerprint.
- 5 HANNUKSELA, M 2017. 3D-koneohjauksen käyttöönotto Jyväskylän kaupungilla. Savonia ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen ala. Opinnäytetyö.
- 6 KIVINEN, T 2016. Tietomallit ja koneohjaus kuntatekniikan rakentamisessa. Aalto-yliopisto. Insinööritieteiden korkeakoulu. Diplomityö.
- 7 Kleemola, HR 2018. Infrarakentamisen mittaustyöt ja tietomallinnus. Savonia ammattikorkeakoulu. Tekniikan ala. Opinnäytetyö.
- 8 LAURILA, P. 2008. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemi: Tornion kirjapaino.
- 9 Maanmittauslaitos.fi [verkkoaineisto]. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/satelliittipaikannus> 1.11.2022
- 10 Nettikone.fi [verkkoaineisto]. https://www.nettikone.com/artikkeli/3d_koneohjaus_alkaa_olla_arkea_maansiirtokoneis_ 4.5.2021.
- 11 Novatron.fi [verkkoaineisto]. <http://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>. 3.4.2020.
- 12 RANTANEN, P. 2001. Maastomittauksen perusteet. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.
- 13 SOINI, T. 2009. Viherrakentajan käsikirja. Tampere: Esa Print Oy.
- 14 Urakka-asiakirjat ja valokuvat. Kai Laaksonen

- 15 pdf-exchange.com [verkkoaineisto]. <https://pdf-xchange.eu/pdf-xchange-editor/> 2.11.2022
- 16 wikipedia.org [verkkoaineisto]. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Takymetri> 1.11.2022
5.11.2022
- 18 Yleiset inframallivaatimukset 2019. [verkkoaineisto]. Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/> Luettu 1.11.2022

