



Pekka Kariluoma

Rakennusmittaajan tehtävät työ- maalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinöörityö

22.2.2022

Tiivistelmä

Tekijä: Pekka Kariluoma
Otsikko: Rakennusmittaajan tehtävät työmaalla
Sivumäärä: 26 sivua
Aika: 22.2.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Maanmittaustekniikka
Ohjaaja: Lehtori Ilkka Partonen

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia betonielementeistä koostuvan kerrostalon talonrakennusta rakennusmittausten näkökulmasta. Työssä esitellään rakennusmittauksiin liittyviä työkaluja, työtehtäviä, vaatimuksia ja toleransseja. Tarkoituksena on ollut keskittyä rakennusmittauksien vaatimuksiin ja työtapoihin rakennuksen eri rakentamisvaiheissa.

Työn alussa esitellään rakennusmittaajan tavallisemmat mittaukseen tarvittavat työkalut ja mittausmenetelmät, joiden hallinta ja ymmärtäminen on mittauksien onnistumisen kannalta olennaista.

Tästä edetään rakennushankkeen alku vaiheessa suoritettaviin mittauksien valmisteluihin, kuten mittaperustan rakentamiseen työmaalla. Rakennusmittauksissa liikutaan usein toleransseissa, joissa takymetrin käyttö on välttämätöntä ja sen käyttö ennen varsinaisten mittauksien aloittamista vaatii mittaperustan rakennuskohteen ympäristöön. Alkuvaiheen mittauksien jälkeen käsitellään työn pääpainon eli betonielementtien asennusmittauksien vaatimuksia, työmenetelmiä ja toleransseja. Asennusmittaukset käydään läpi järjestyksessä perustuksista runkovaiheen mittauksiin ja esitellään niihin liittyvä tekijöitä kuten mittauskäytäntöjä ja toleransseja.

Työn loppupuolella esitellään, kuinka yllä mainittujen mittauskäytäntöjen, vaatimusten ja laitteiden käytön teoria osuuden soveltamista käytännössä toteutuneissa työmaissa. Lopussa yhteenveto rakennusmittauksien merkityksestä rakennushankkeen eri vaiheiden kannalta projektin edetessä ja asioista, joita mittaajan tulee huomioida.

Tämän opinnäytetyön aihe valittiin kirjoittajan mielenkiinnosta aiheeseen ja työkokemuksesta rakennusmittauksien parissa. Tuloksena voidaan ajatella syntyneen yhteenveto mitä rakennusmittaajan tarvitsee tietää ja tulee huomioida betonielementeistä koostuvan kerrostalon rakentamisen yhteydessä.

Avainsanat: rakennusmittaus, toleranssit, elementtirakennus

Abstract

Author: Pekka Kariluoma
Title: Surveyor's Tasks on Construction Site
Number of Pages: 26 pages
Date: 22 February 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Land Surveying
Supervisor: Ilkka Partonen, Senior Lecturer

The purpose of this bachelor's thesis was to study construction measurements of an apartment building consisting of concrete elements from construction surveyors' point of view. The focus of the thesis was on the demands, tolerance and working methods of construction measurements.

The thesis discussed the most common tools and measurement methods necessary for a surveyor conducting construction measurement. The requirements, work methods and tolerances set for both the measurements at the beginning of a construction project and for the measurements at the installation phase of the concrete elements were studied. The installation measurements were reviewed phase by phase, from foundation measurements to frame phase measurements. Furthermore, related factors such as measurement practices and tolerances were discussed.

The final year project studied how the theory was put to practice. As a result, the significance of building measurements for the different phases of a construction project were established, and the matters a surveyor should consider were highlighted. The thesis can be seen as a summary of what a building surveyor needs to know and should consider in a building project.

Keywords: construction measurements, tolerance, concrete building

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Mittauskalusto	2
2.1	Takymetri	2
2.2	Maastotallennin	5
2.3	Vaaituskoje	5
2.4	Tasolaser	7
3	Mittausmenetelmät	8
3.1	Merkintämittaus	8
3.2	Tarkemittaus	9
4	Betonielementtien asennusmittaukset	10
4.1	Toleranssit	10
4.2	Mittaperusta	11
4.3	Perustukset	12
4.4	Alapohjarakenteet	13
4.4.1	Sokkelielementit	13
4.4.2	Ontelolaatat	13
4.4.3	Peruspultit	15
4.5	Kantavat väliseinät, pilarit ja ulkoseinät	15
5	Työmaamittaukset	19
5.1	Anturat ja mittaperusta	19
5.2	Väestönsuojan seinälinjat	22
5.3	Tartunnat ja peruspultit	23
5.4	Elementit	24
6	Pohdinta	25
	Lähteet	26

Lyhenteet ja selitykset

ETRS-GK25: Koordinaattijärjestelmä.

Takymetri: Mittalaite, joka mittaa kulmia ja etäisyyksiä.

Toleranssi: Mitan tai mittauksen suurin sallittu poikkeama nimellisarvosta.

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee talonrakennusta, rakennusmittausten näkökulmasta. Tämän opinnäytetyön aihe valittiin kirjoittajan mielenkiinnosta aiheeseen ja työkokemuksesta rakennusmittausten parissa.

Rakennusmittauksiin sisältyy monia eri mittauksia mm. rungon mittaamista, korkeuden mittaamista, tasokoordinaattien mittausta, merkitsemistä, tarkkeiden ottamista ja jonkin verran kartoittamista. Mittaukset ovat tärkeä osa rakennusprojektia sen alusta loppuun. Ne nopeuttavat eri rakennusvaiheiden suorittamista ja helpottavat asennustyötä.

Työn pääpaino on betonielementeistä koostuvan kerrostalon elementtien ja perustusten mittausten vaatimuksissa, toleransseissa ja mittauskäytännöissä. Aluksi työssä käsitellään rakennustyömailla käytettävää mittauskalustoa ja niiden käyttöominaisuuksia. Viimeisimpänä tulevat mittaperustan luominen työmaalle ja betonielementtien asennusmittausten vaiheet, vaatimukset ja toleranssit.

2 Mittauskalusto

Rakennustyömailla vanhimpina käytettyinä mittalaitteina ovat toimineet mm. vesivaaka ja mittanauha. Näitä käytetään edelleen, mutta tekniikan kehittymisen myötä on tullut mahdolliseksi käyttää tarkempia mittalaitteita kustannustehokkaammin. Tarkempien mittalaitteiden kuten takymetrin käyttö on todettu käytännölliseksi niissä rakennusmittauksissa, joissa asennustoleranssit vaativat tarkkuutta, jota ei enää voida saavuttaa silmämääräisesti tai mittanauhalla. Tässä luvussa esitellään rakennusmittaajan yleisimmät mittalaitteet ja apuvälineet.

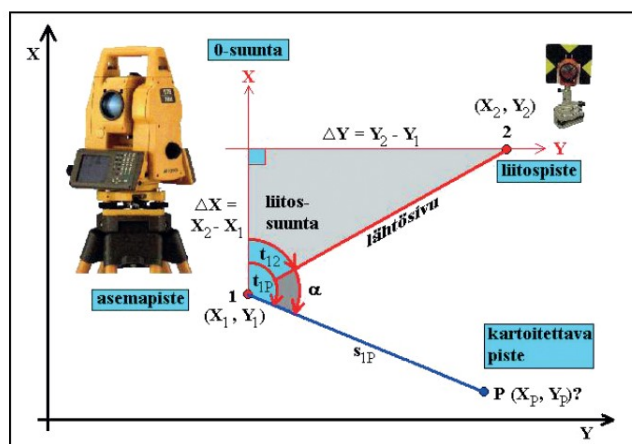
2.1 Takymetri

Takymetri on kartoituksen ja rakennusmittauksen yleistyökalu. Takymetri on kehittynyt teodoliitista, jonka perusrakennetta se edelleen vastaa. Mittalaitteena takymetri on pääasiassa kulmien ja etäisyyden mittauskoje, ja se toimii mittaamalla pisteiden sijainteja säteittäisesti eli polaarisesti kojeeseen nähden. Nykyaikaisemmat takymetrit sisältävät tietokoneen, joka mahdollistaa erittäin monipuoliset mittaukset. Tietojenkäsittelyominaisuuksiensa vuoksi takymetrilla voidaan jo mittaustilanteessa käsitellä sijaintitietoja ja tehdä muita välillisiä mittauksia [Laurila 2012: 19, 238–242.] Alla Kuvassa 1 on esitetty nykyaikainen takymetri.



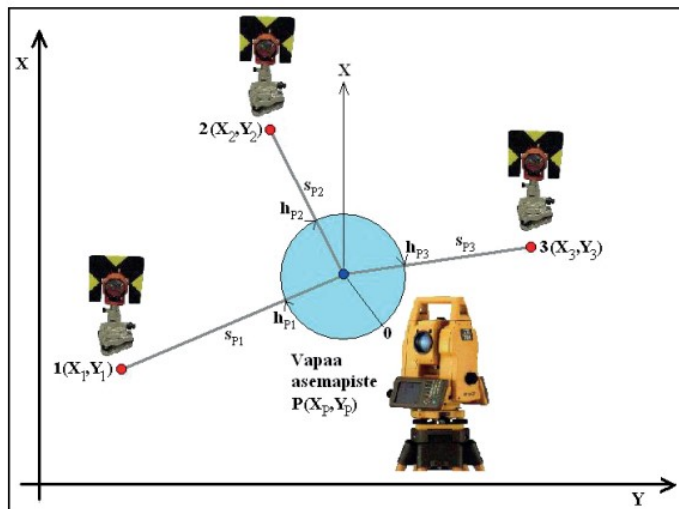
Kuva 1. Takymetri ja jalusta (Leica-Geosystems)

Ennen takymetrillä mittaamista täytyy koje orientoida. Takymetrin orientoinnilla tarkoitetaan laitteen oman sijainnin määrittämistä haluttuun koordinaatistoon ja korkeusjärjestelmään. Orientointi tapahtuu joko vapaalle pisteelle tai tunnetulle pisteelle orientoimalla. Tunnetulle pisteelle orientoidessa koje keskitetään ja tasataan tunnetun pisteen päälle. Tunnettu piste on tavallisesti merkitty ruuvilla tai pallopääpultilla. Koje kohdistetaan tunnetulle pisteelle laser- tai optista luotia käyttämällä. Keskityksen ja tasauksen jälkeen mitataan vähintään yksi suunta toiselle tunnetulle pisteelle. [Laurila: 252–256.] Kuvassa 2 on esimerkki tunnetulle pisteelle orientoinnista.



Kuva 2. Orientointi tunnetulle pisteelle [Laurila 2012].

Vapaalle pisteelle orientointi tapahtuu asettamalla koje sijainniltaan tuntemattomaan paikkaan, josta on näkymä tunnetuille liitospisteille. Kojeen sijainti voidaan määrittää, kun mitataan etäisyydet vähintään kahteen liitospisteeseen tai tähtäys suunnat vähintään kolmeen liitospisteeseen. [Laurila: 252–256.] Kuvassa 3 orientointi vapaalle pisteelle kolmella liitospisteellä.



Kuva 3. Orientointi vapaalle asemapisteelle [Laurila 2012].

Takymetrillä mitattaessa käytetään kojeen lisäksi mittaussivun toisessa päässä olevaa heijastinta eli prismaa. Prisma heijastaa takymetrin lähettämän signaalin takaisin tulosuuntaan. Näin signaali palaa takaisin etäisyydsmittariin. Prismaa käytetään yleensä kiinnitettynä kartoitussauvaan, sauvassa on tasain, jonka avulla sauva pidetään pystysuorassa. Prismaa käytettäessä on aina muistettava etäisyydenmittauksen korjaus, jota kutsutaan prismavakioksi. Prismavakiolla korjataan laitteiden epäkeskisyyttä. Vakio liittyy kumpaankin prismaan ja takymetriin. Väärä prismavakio voi aiheuttaa mittauksiin useiden senttien systemaattisen virheen. [Laurila 2012: 330–332.]

2.2 Maastotallennin

Maastotallennin on takymetrin etäkäyttönä toimiva säänkestävä tietokone. Tallennin sisältää mittausohjelmistot. Laitteeseen voidaan tallentaa mitattavan kohteen lähtötiedot, mittaushavainnot ja muut mittauksessa tarvittavat tiedot. Tallentimella voidaan tehdä myös mittauksiin tarvittavat tiedonsiirrot, joko kaapeilla, muistikortilla, langattomasti bluetooth-tekniikalla ja nykyisin myös langattomasti Internetin kautta. Trimblen maastotallennin on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Trimble TSC5 (Geotrim)

Maastotallennin on rakennusmittauksissa hyödyllinen koska se mahdollistaa takymetrin käyttämisen välimatkan päästä [Laurila 2012: 244].

2.3 Vaaituskoje

Vaaituskojetta käytetään rakennustyömailla korkeusasemien siirtoon ja merkitsemiseen. Kuvassa 5 on vaaituskoje Spectra Precision AL28A.

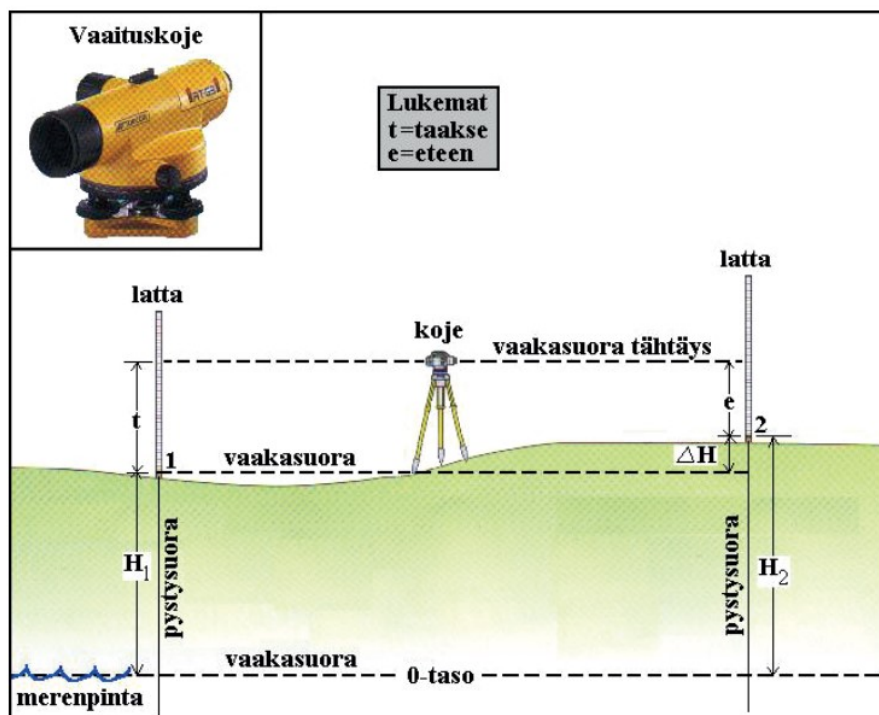


Kuva 5 Spectra Precision AL28A (Geotrim)

Korkeusasemat voidaan myös määrittää takymetrillä trigonometrisesti [Laurila Pasi 2012: 204], mikä onnistuu yhden työntekijän voimin toisin kuin vaaituskojella ja lattaa käytettäessä, mikä vaatii kaksi työntekijää. Tämä tekee takymetrin pääasiallisen työkalun korkeuden siirtoon ja merkitsemiseen. Pääosin vaaituskojella käytetään kunnan toimesta rakennuksen korkeusaseman merkitsemiseksi [JHS185. 7.22 2014].

Vaaituskojeen toimintaperiaate on pysynyt lähes samanlaisena satojen vuosien ajan. Vaaitus on edelleen tärkeimpiä mittausmenetelmiä hyvää korkeustarkkuutta vaativissa mittauksissa. Tarkkuutensa ja yksinkertaisuutensa vuoksi vaaitus sopii rakennusmittauksiin. [Laurila 2012: 18].

Vaaituskojella käytetään korkeuden määrittämiseen, korkeutta ei määritetä suoraan vaan se lasketaan korkeuseroja vertaamalla. Korkeusero lasketaan taakse- ja eteenlukemien erotuksena (kuva 6). Korkeuserot saadaan laskettua tähtäämällä vaaituskojeella pisteille vietyyn mittaan eli lattaan ja mittaamalla tähtäystason ja pisteiden pystysuorat etäisyydet. [Laurila 2012: 205].



Kuva 1. Vaaituksen periaate (Laurila 2012)

2.4 Tasolaser

Tasolaserin käyttö onnistuu yhden työntekijän voimin tehden siitä tehokkaamman työvälineen korkeuden siirrossa kuin vaaituskojeesta. Tasolaserilla pystytään tuottamaan vaakasuoran tai pystysuoran valonsäteen, joka pyöriessään muodostaa vaakatason ja laserin asentoa muuttamalla jalustalla myös pystytason. Tasolaser pystyy tuottamaan kahdenlaista valoa, joko ihmiselle näkymättömyä infrapunavaloa tai ihmisilmälle näkyvää valosädettä. Tason korkeusasema havaitaan lattaan kiinnitettävän ilmaisimen avulla. Ihmissilmälle näkyvää valosädettä käytettäessä taso on nähtävissä ilman ilmaisinta. [Viitanen 2012: 25].

Tasolaserin käyttö perustuu tämän lähettämään säteeseen. Tasolaser asetetaan jalustan päälle tai kiinnitetään johonkin rakenteeseen, minkä jälkeen laite tasaa itsensä vaakatasoon. Tasolaserin korkeusasema voidaan määrittää olemassa olevaa korkeuskiintopistettä hyödyntämällä. Koneen korkeusaseman ollessa tiedossa voidaan tasolaserilla alkaa määrittämään korkeuksia ja korkeuseroja. Korkeudet pystytään määrittämään laitteen lattaan kiinnitettävällä vastaanottimella, joka ilmoittaa äänimerkein ja nuolisymbolein sijaintinsa tasolaserin lähettämään korkeustasoon. [Väisänen 2012: 12].

3 Mittausmenetelmät

Tässä luvussa käsitellään eri mittausmenetelmiä ja niiden toteuttamista. Rakennusmittauksissa liikutaan muutamien millimetrin toleransseissa ja niiden ylittyminen saattaa aiheuttaa ongelmia seuraavissa asennusvaiheissa. Tarkan mitaustuloksen saavuttaminen vaatii mittaajalta paitsi käytettävän laitteiston ja toleranssien tuntemusta myös mittausmenetelmien hallintaa. Tämän työn pääpaino on betonielementeistä koostuvan kerrostalon elementtien mittauksissa, joissa yleisimmin käytettäviä mittausmenetelmiä ovat merkintä- ja tarkemittaus.

3.1 Merkintämittaus

Merkintämittauksella tarkoitetaan jonkin kohteen tasokoordinaatistollisen sijainnin tai korkeusaseman merkitsemistä. Rakennusmittauksien kannalta tämä tarkoittaa rakennussuunnitelmassa kuvattujen rakenteiden sijainnin tai korkeusaseman merkitsemistä maastoon tai muihin rakenteisiin. Kohteina voivat olla rakennuksen kulmat, anturat, valmiit betonielementit tai pilarit [Laurila 2012: 266].

Merkintämittaus suoritetaan nykyään lähes poikkeuksetta takymetrillä [Koikkalainen 2015: 15] tai satelliittimittauksena RTK-mittausmenetelmällä kohteissa, joissa muutaman senttimetrin tarkkuus katsotaan riittäväksi. Ennen mittauksen aloittamista täytyy merkittävän kohteen sijainti katsoa rakennussuunnitelman piirustuksista. Nykyään suurin osa niin merkintämittauksista kuin muutkin mitaukset tehdään tietokoneavusteisesti jostain laskentaohjelmaa hyödyntäen, esimerkiksi näistä mm. CAD-ohjelmistot tai 3D-Win. Ohjelmistojen avulla saadaan merkittävät pisteet piirrettyä digitaaliseen kuvaan ja sitä kautta siirrettyä takymetriin pistetiedostona. Merkittävien pisteiden luonti laskentaohjelmistolla pelkästään paperista rakennussuunnitelmapiirustusta käyttäen on työlästä, joten yleensä suunnittelija toimittaa rakennussuunnitelmasta DWG-muotoisen vektoritiedoston, josta kohteen koordinaatit voidaan poimia pistetiedostona takymetriin [Alanen 2013] laskentaohjelmaa käyttämällä. [Mäkinen 2012: 7]. DWG-

muotoiset rakennussuunnitelman vektoritiedostot on yleensä tehty suunnitelman mitoituskuvien perusteella, jolloin ne eivät ole ei ole suorakulmaisessa tasokoordinaattijärjestelmässä tai korkeusjärjestelmässä. Tällöin ne joudutaan laskemaan hankkeessa käytössä olevaan koordinaatistoon Helmert-muunnoksella hyödyntämällä esimerkiksi moduulilinjoja tai rajapyykkeitä. [Jaatinen: 2019: 6]. Laskennan jälkeen poimitaan DWG-tiedostosta merkittävänä olevan kohteen kulmien, linjojen tai keskikohtien koordinaatit ja syötetään nämä tiedot pistetiedostona mittalaitteeseen. Merkintämittaus takymetria käytettäessä vaatii kohteen orientoinnin. Merkitsemismittauksissa käytetään lähes aina vapaalle pisteelle orientointia. [Koikkalainen 2012: 5] Kyseisellä orientoinnilla voidaan kohteen paikka valita vapaasti mittauksen kannalta tarkoituksenmukaiseen paikkaan, josta on näkymä sekä työkohteelle että tähyksiin [Mäkinen 2012: 13].

3.2 Tarkemittaus

Tarkemittauksella tarkoitetaan jonkin kohteen tasokoordinaatistollisen ja korkeusaseman tarkastamista mittaamalla. Tarkemittauksessa mitataan kohteen todellinen sijainti, jota sitten verrataan teoreettiseen suunnitelmatietoon. Näiden arvojen poikkeamaa tarkastelemalla saadaan tietää, onko mitattu kohde tasokoordinaatistollisen ja korkeusasemansa sijainnin puolesta toleransseissa. Tarkemittauksen kohteina voi olla esimerkiksi betonirakenne, putki, maanpohja tai kaapeli. [Jaatinen 2019: 2]

Tarkemittauksia tehdään työn laadun tarkkailemiseksi ja työvaiheiden yhteensovittamiseksi. Tarkemittauksia tehdään myös sopimuksellisista syistä. Rakennusalalla eri kohteille on laadittu erillinen työselostus, jossa määritetään tarkemittauksen tarve. Tarkemittauksen vaatimuksissa on määritelty toleranssit ja mitaustapa. Itse mittaus voidaan suorittaa takymetrillä tai satelliittimittauksena, joko GNSS RTK -menetelmällä tai kaivinkoneen koneohjausjärjestelmällä. [Jaatinen 2019: 2]

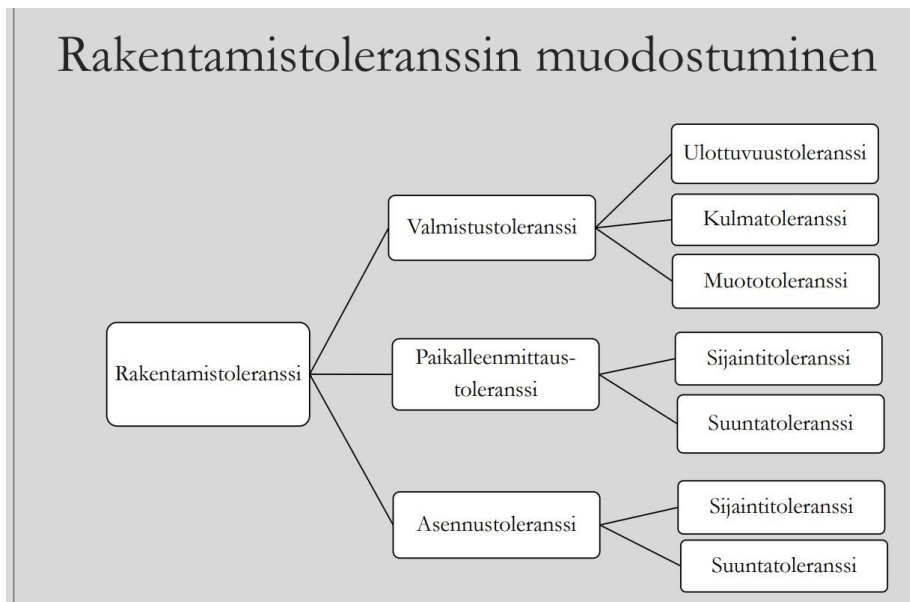
4 Betonielementtien asennusmittaukset

Tässä luvussa käsitellään mittaperustan luomista työmaalle ja betonielementtien asennusmittauksia, toleransseja ja niiden vaatimuksia aikajärjestyksessä.

4.1 Toleranssit

Toleranssilla tarkoitetaan jonkin kohteen mitan tai ominaisuuden maksimi poikkeamaa. Rakennustyömailla toleranssit koskevat yleensä mitta-, sijainti- ja muototarkkuutta. Toleransseja käytetään ehdottomina raja-arvoina. Käytännössä toleranssien raja-arvojen ylityksiä kuitenkin hyväksytään rakennustyömailla. Tämä ei välttämättä aiheuta ylimääräisiä toimenpiteitä, mutta osa asennustöistä voi osoittautua mahdottomaksi, mikäli mittatarkkuus ei ole parempi kuin määritetyt toleranssit. [Ekman 2010: 22]

Rakennustoleranssi muodostuu valmistustoleranssista, paikalleenmittaustoleranssista ja asennustoleranssista (kuva 7). Nämä muodostuvat taas edelleen kulma-, muoto-, ulottuvuus- ja suuntatoleransseihin.



Kuva 2. Rakentamistoleranssien muodostuminen (BY 71/RIL 149 2019)

Betonirakenteiden kannalta valmistustoleranssi tarkoittaa elementtien valmistuksessa olevia tehtaan toleransseja, jotka kertovat kuinka paljon voidaan poiketa nimellimitasta. Seuraavana oleva toleranssi, josta rakentamistoleranssi muodostuu, on paikalleenmittaustoleranssi. Paikalleenmittaustoleranssi on rakennusmittauksien kannalta tärkein, koska se määrittelee mittauksien tarkkuuden. Viimeinen käytettävä toleranssi on asennustoleranssi. Näistä kolmesta muodostuvat raja-arvot, joiden sisällä valmiin rakenteen on oltava. Betonielementtien toleranssien yhteisvaikutuksia käydään läpi tarkemmin seuraavissa alajaksoissa.

4.2 Mittaperusta

Mittaperustalla tarkoitetaan hankkeen alueelle rakennettuja kiintopisteitä ja niille geodeettisin menetelmin mitattuja tasokoordinaatteja ja korkeuksia. Mittaperustaa käytetään sitomaan hankkeeseen tehtävät mittaukset projektissa käytössä olevaan tasokoordinaatistoon ja korkeusjärjestelmään. Mittaperustan pisteet toimivat takymetrin orientoinnin liitospisteinä. [Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot 2017: 8–9.]

Talonrakennus- ja infrahankkeissa käytetään erillistä mittaperustaa. Ennen rakentamisen aloittamista kunnan viranomaiset tuovat työmaalle rakennuksen kulmapisteet. Rakennuksen kulmapisteiden maastoon merkinnän yhteydessä tuovat kunnanviranomaiset rakennuspaikalle myös koron. [Ekman 2010: 13.]

Rakennusten sijainnit merkitään takymetrilla tai satelliittimittauksena runkopisteisiin tukeutuen kunnan mittausosaston toimesta, sijainti määräytyy pääpiirustusten mukaan. Korkeus tuodaan työmaalle jonovaahtuksella lähtien tunnetusta korkeuskiintopisteestä ja sulkemalla mittaus toiseen tunnettuun pisteeseen. [JHS185 2014: 7.2.2–7.2.1.]

Viranomaismittauksena tuotuja tai olemassa olevia kiintopisteitä hyödyntämällä mitataan työmaalle tähyksistä koostuva runkopisteverkko hankkeessa käytettävään koordinaatistoon takymetrin asemoimista varten. Talonrakennustyömailla

runkopisteverkon kiintopisteet kannattaa rakentaa seinäpisteiksi mahdollisimman ylös, jotta ne eivät peity lumen alle ja jotta niihin olisi mahdollisimman hyvä näkyvyys kaikissa olosuhteissa. Rakennusmittauksissa seinäpisteiden tapaan käytetään yleisimmin yksinkertaisia tarraheijastimia, mutta niiden avulla ei voida tehdä pitkäaikaiseen käyttöön tarkoitettuja kiintopisteitä [Laurila 2012: 8–10, Ekman 2010: 17.]

Mittaperustana toimivaa runkopisteverkko kannatta yleisesti mitata, rakennuksen perustusten pohjatöiden valmistumisen jälkeen, koska silloin näkyvyys työmaan ympäristössä on vielä hyvä. Runkopisteverkon kiintopisteet tulee sijoittaa siten, että takymetrin voi asemoida paikkaan, josta on näkyvyys riittävälle määrälle kiintopisteitä ja työkohteelle koko rakennusprojektin ajan. [Ekman 2010: 14.]

4.3 Perustukset

Perustuksilla tarkoitetaan tässä luvussa anturoiden mittaamista valmiin anturapohjan päälle. Rakennuksen anturat mitataan merkintämittauksena. Merkitsemismittauksissa, jotta anturalinjat olisi mahdollista mitata takymetrillä, tarvitsee kojeeseen syöttää merkittävien pisteiden, tässä tapauksessa anturan kulmien, koordinaatit. Kulmien koordinaatit poimitaan rakennesuunnittelijan toimittamasta suunnitelman DWG-muotoisesta vektoritiedostosta ja lasketaan hankkeessa käytettävään koordinaatistoon AutoCAD- tai 3D-Win-ohjelmistojä käyttämällä. Käytettävä koordinaatisto voi olla UTM-projektioon perustuva suorakulmainen tasokoordinaatisto tai hankkeessa oleva oma erilliskoordinaatisto, joka on sidottu esimerkiksi moduulilinjoihin. Lisää moduulilinjojen hyödyntämisestä myöhemmissä kappaleissa.

Vektoritiedoston laskennan jälkeen viedään saadut anturoiden kulmien koordinaatit takymetriin. Merkintämittaus tehdään takymetrillä ja maastoon merkitään anturoiden kulmat tai linjat. Merkitsemisessä on hyvä käyttää merkitsemismaalia, puutikkuja tai harjateräksiä [Viitanen 2012: 13.]

Anturassa sallitut mittavirheet (Ratu S-1198):

- Päämitat, pituus ja leveys (L, b) ± 30 mm
- Yläpinnan korkeusasema (K) ± 20 mm
- Sivusijainti (s) ± 30 mm

4.4 Alapohjarakenteet

4.4.1 Sokkelielementit

Sokkelielementtien mittausta tapahtuu merkintämittauksena samoin kuin anturoiden. Ensin elementtien kulmat lasketaan rakennushankkeessa käytettävään koordinaatistoon helmert muunnoksella moduulilinjoja tai rajapyykkeitä hyödyntämällä. Saadut kulmien koordinaatit viedään laskennan jälkeen pistetiedostona takymetriin. Kulmien avulla mitataan ja merkitään sokkelilinjat tai sen kulmat. Merkit kannattaa tehdä anturan päälle naula ankkuria tai merkitsemisnaulaa käyttäen merkkien häviämisen estämiseksi [Viitanen: 2012:14].

Mikäli sokkelielementit toteutetaan paikallavaluna anturoiden valamisen yhteydessä, on mittajan parempi merkitä sokkelilinjat tietyn etäisyyden päähän varsinaisesta linjasta, jotta asentajat pystyvät rakentamaan muotin paikallavalusokkelia varten. [Viitanen 2012: 14].

4.4.2 Ontelolaatat

Ontelolaatat mitataan merkintämittauksena sokkelielementtien päälle. Jotta ontelot saadaan suoraan kannattaa kartoittaa sokkelin ja seinän korkeuserot ennen ontelolaatan asennusta. Kaikkia ontelolaattoja ei tarvitse mitata paikalleen erikseen, vaan mittaus tehdään n. 5–6 elementin ryhmissä. Näin pystytään tarkkailemaan ontelolaataston etenemistä ja tukipintojen riittävyttä sekä tekemään tarvittavat korjaukset, jotta viimeinen ontelo saadaan asennettua ilman sen muovaamista. [Viitanen 2012: 14; Ekman 2010: 18.]

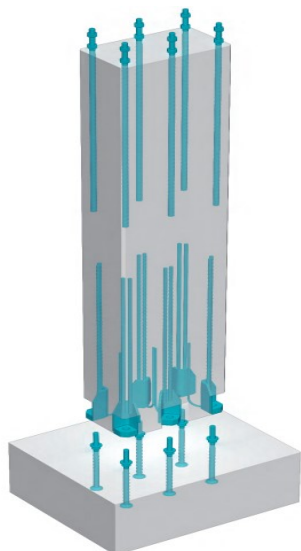
Ontelolaattojen suoruutta voidaan tarkastella laserkeilaimella, jolloin laattojen pinnasta tehdään 3d-pintamalli [Ekman 2010: 18–19]. Kuvan 8 taulukkoon on listattu ontelolaattojen toleranssit RT-kortin 02-10102 mukaan.

mittauksen kohde	Normaaliluokka mm
sivusijainti	+/- 20
sauman leveys	+/- 15--5
sauman hammastus alapinnassa	
- tuella	5
- keskellä	8 tai L/1000
korkeusasema tuella	+/- 15
tukipituus	- 25
yläpinnan poikkeama vaakasuorasta tai nimelliskaltevuudesta 2m matkalla	+/- 15

Kuva 3. Ontelolaattojen toleranssit (Betonirakenteiden toleranssit RT 02-10102).

4.4.3 Peruspulttit

Peruspulttit asennetaan yleensä anturan valun tai raudoituksen yhteydessä ja niitä käytetään betonirakenteiden tai teräspilarien kiinnittämisessä betonirakenteisiin (kuva 9).



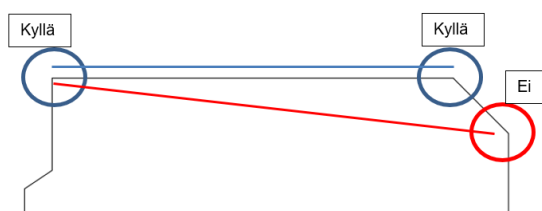
Kuva 4. Betonielementtipilarin kiinnittäminen anturaan (HPM®-harjateräspulttit ETA, tekninen käyttöohje)

Peruspulttien merkintä vaihtelee tapauskohtaisesti. Joissain tapauksissa mittaaja asentaa pulttikehät ja niiden muotit itse takymetria avuksi käyttäen. Peruspulttien merkintä voidaan toteuttaa myös mittaamalla ja merkitsemällä ensiksi pulttiryhmän keskikohta linjamerkeillä anturamuottiin, jonka avulla asentajat pystyvät rakentamaan pulttiryhmälle anturamuottiin tuetun muotin. Muotin rakentamisen jälkeen mittaajan tehtävänä on mitata pultit oikeille paikoilleen ja oikeaan korkoon pultin yläpään suhteessa. [Jaatinen 2019: 5, 6–10; Viitanen 2012: 32.]

4.5 Kantavat väliseinät, pilarit ja ulkoseinät

Seinien mittaus aloitetaan myös poimimalla elementtien kulmat DWG-muodossa olevasta rakennussuunnitelmasta ja laskemalla ne rakennushankkeessa

käytössä olevaan koordinaatistoon ja viemällä saadut kulmien koordinaatit takymetriin. Valmiiden betonielementtien kulmien laskennassa mittajaan on hyvä ottaa huomioon elementin muoto ja poimia suunnitelmakuvista kulmat siten, että mitattavat merkit muodostavat suoran linjan, jottei elementtiä asennettaisi vinoon (kuva 10).



Kuva 5. Betonielementin laskennan esimerkki

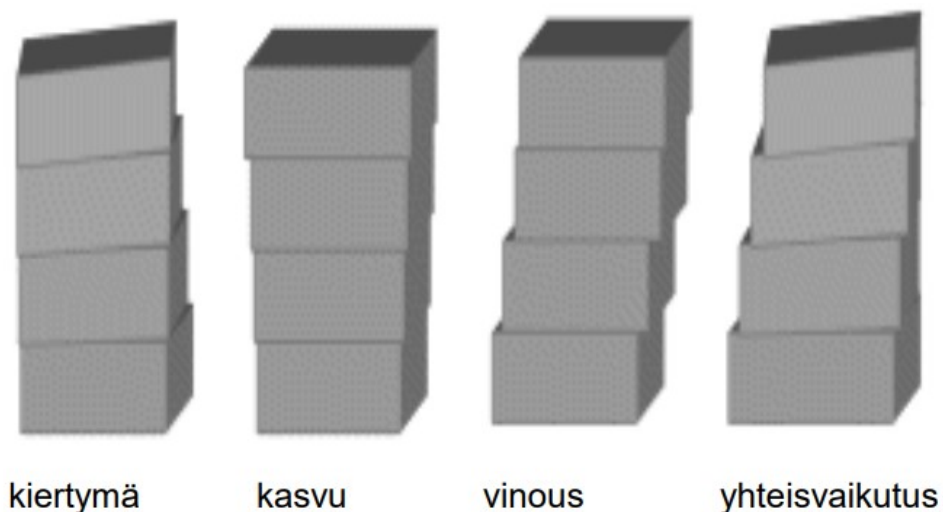
Seinät mitataan paikalleen merkintämittauksena takymetrillä. Seinistä merkitään niiden kulmat tai seinälinja olemassa olevaan rakenteeseen ja merkkien kohdalle porataan naula-ankkurit merkkien häviämisen ehkäisemiseksi ja maalataan merkintämaalilla suunnat asentamisen helpottamiseksi (kuva 11).



Kuva 6. Betonielementin seinälinjan merkintä naula-ankkuria käyttämällä

Seinien ylä- ja alapään korkeuksien määrittämiseksi voidaan käyttää takymetriä tai vaaituskojetta, mutta myös tasolaser riittää. Seiniä mitattaessa on oltava

tarkkana, sillä toleranssien raja-arvotkin voivat aiheuttaa kertautuvaa virhettä ylempiä kerroksia kohti rakennettaessa, kun asennetaan useampi elementti peräkkäin tai päällekkäin, johonkin saumaan kertyy virheiden summa. [Ekman 2010:19–20] (kuva 12).



Kuva 7. Erialaisten mittausvirheiden vaikutus rakenteeseen (Ekman 2010)

Pilarien paikalleen mittaus tapahtuu samalla periaatteella kuin seinien. Mittaajan tehtävänä on laskea ja mitata takymetrillä pilarin keskilinja, johon pilari keskitehtään. Kuvassa 13 on betonipilarien rakentamistoleranssien taulukko.

Mitattava suure	suurin sallittu poikkeama mm		
	luokka 1	luokka 2	luokka3
sivusijainti perussuorasta	15	20	30
sivusijainti ylä- tai alapuolisesta pilarista	10	15	20
pilarianturan sivusijainti perussuorasta	15	20	30
vapaa väli	+/-15	+/-20	+/-30
pilarin ja ulokkeen yläreuna korkeusasema	+/-10	+/-15	+/-20
käyryys L= 6000	E, +/-5	F, +/-10	G, +/-15
poikkeama pystysuorasta	E, +/-5	F, +/-10	G, +/-15

Kuva 8. Betonipilarien rakentamistoleranssit (Betonirakenteiden toleranssit)

Mikäli pilarit ankkuroidaan rakenteeseen peruspulteilla ja ne on tarkemittattu ja todettu olevan oikeilla paikoillaan oikeissa koroissa, ei mittajaa välttämättä tarvita pilarien asennusvaiheessa, muuta kuin tarkistamassa niiden suoruus. [Ekman 2010: 20, Viitanen 2012: 16–17]

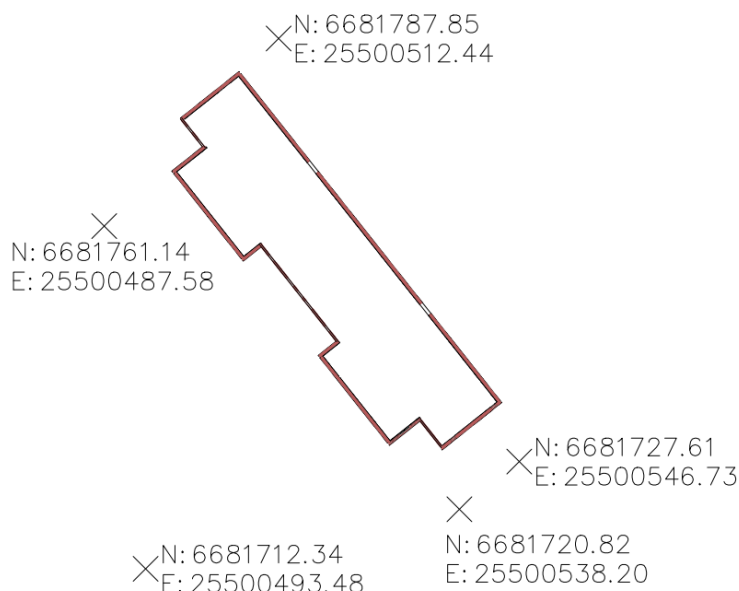
5 Työmaamittaukset

Tässä luvussa käydään läpi toteutuneiden työmaiden mittauksia, jotka tehtiin Neotri Oy:n palveluksessa. Aluksi esitellään työmaiden alkuvaiheen mittauksia eli mittaperustaa ja alapohjarakenteiden laskentaa ja mittausta. Tästä liikutaan sitten väestönsuojan seiniin ja kerrosten seinäelementteihin.

Mittauksissa käytettiin Leica ts16-takymetria ja laskennassa AutoCad Civil -3D-ohjelmaa. Hankkeen koordinaatistona käytettiin ETRS-GK25 N2000:ta.

5.1 Anturat ja mittaperusta

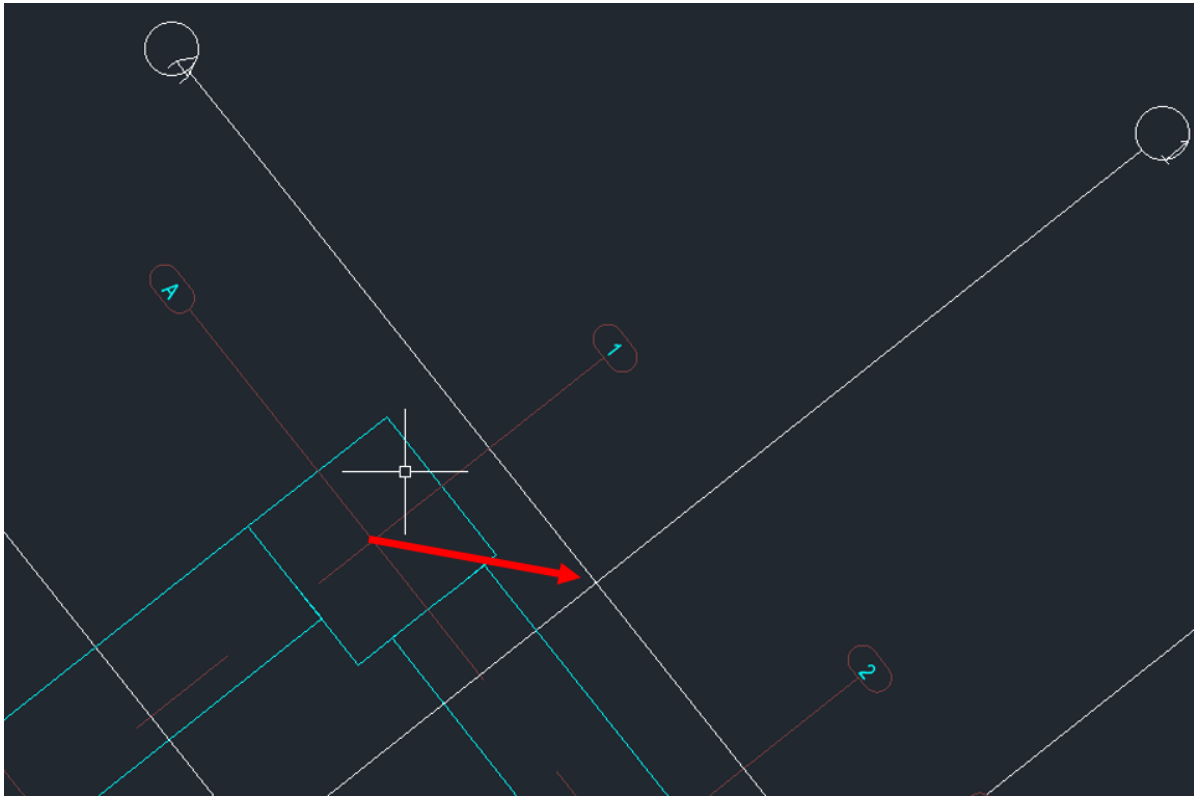
Työmaalla käytettävän mittaperustan kiintopisteet olivat ETRS-GK25 N2000 -koordinaatistossa. Kiintopisteet rakennettiin kunnan koron ja rakennuksien kulmien tuonnin yhteydessä tekemistä pisteistä. Pisteissä käytettiin tarraheijastimia ja ne sijoitettiin työmaan ympärille läheisyydessä oleviin rakennusten seiniin ja valaisin pylväisiin. Kuvassa 14 on esitetty kiintopisteiden sijainti ja ETRS-GK25-tasokoordinaatit suhteessa rakennukseen.



Kuva 9. Mittaperustan kiintopisteiden sijainti

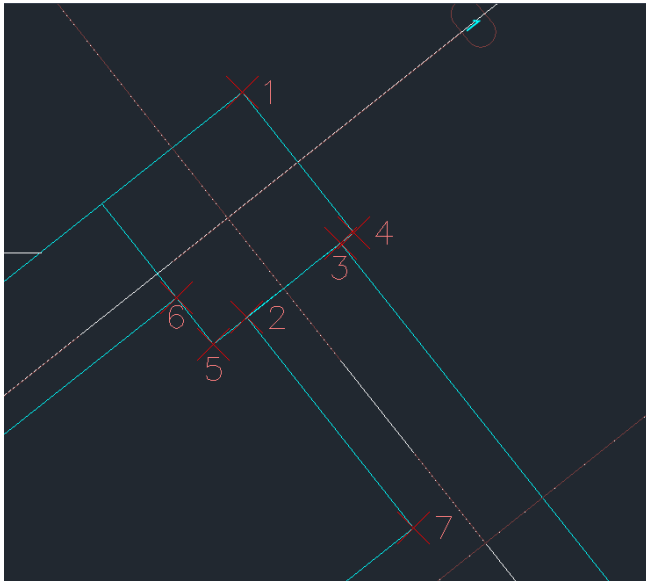
Kiintopisteiden sijainti ja näkyvyys työkohteelle tulee rakentamisen edetessä huonontumaan näiden kohteen läheisen sijainnin takia etenkin rakennuksen ylempien kerrosten valmistuessa, joten mittaperustaan tarvitsee mitata uusia kiintopisteitä projektin edetessä.

Ennen anturoiden mittausta laskettiin perustusten suunnitelmakuvan DWG-tiedosto ETRS-GK25-koordinaatistoon AutoCAD Civil 3D -ohjelmistolla. Civil 3D -ohjelmistolla ei ole suoraa komentoa koordinaattimuutoksen laskemiseksi, joten koordinaatti muutoksen laskenta tapahtuu suunnitelmakuvan moduulilinjoja hyödyntämällä. Kuva siirretään ja kierretään koordinaatistoon asettelemalla tämän moduulilinjojen risteyskohta ETRS-GK25-koordinaatistossa olevan erillisen moduulilinja kuvan mukaiseen moduulien risteyskohtaan (kuva 15).



Kuva 10. Moduulilinjojen risteyskohdat. Punaiset linjat ovat suunnitelmakuvan moduulilinjat ja valkoiset ETRS-GK25-koordinaatistossa olevan moduulikuvan linjat.

Perustuskuvan ollessa oikeassa koordinaatistossa poimitaan anturoiden kulmien koordinaatit pistetiedostoksi takymetria varten (kuva 16).



Kuva 11. Anturan kulmat poimituna

Kulmien koordinaatit viedään takymetriin, minkä jälkeen anturoiden merkintämitaus voidaan aloittaa. Merkinnät tehtiin harjateräksiä ja merkintämaalilla käyttämällä. Harjateräs lyötiin anturan kulmapisteeseen ja merkintämaalilla piirrettiin maahan anturan kulmien linjat (kuva 17).

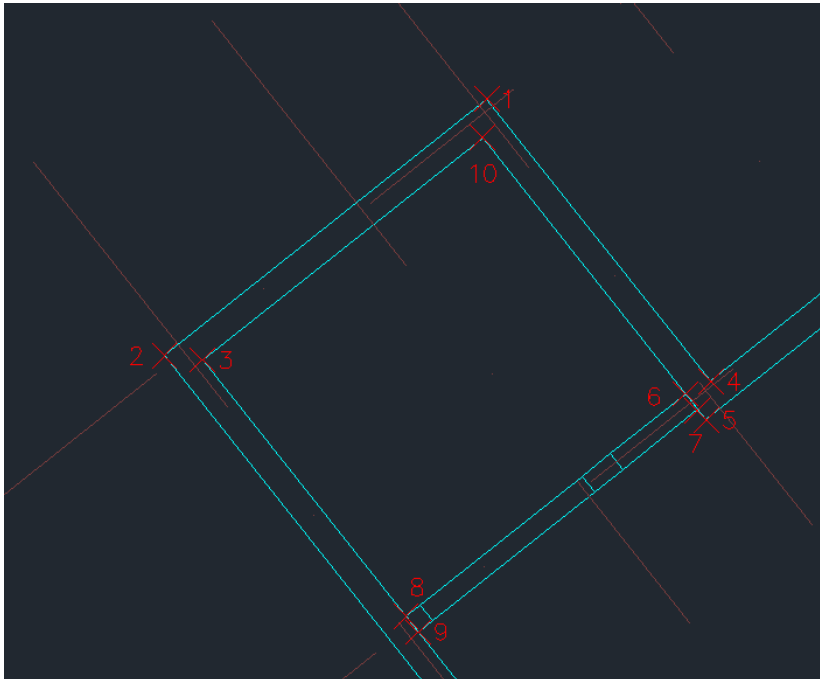


Kuva 12. Anturoiden merkintä

5.2 Väestönsuojan seinälinjat

Väestönsuojan laskettiin seinälinjat DWG-tiedostosta ETRS-GK25-koordinaatioon moduulilinjoja hyödyntämällä samaan tyyliin kuin anturat.

Seinälinjoista poimittiin näiden kulmien koordinaatit (kuva 18), jotka merkittiin anturan päälle naula-ankkuriä käyttämällä. Kulman koordinaattien osuessa paikkaan, johon naula-ankkuriä ei ole mahdollista porata, on merkki tehty esimerkiksi kahden senttimetrin päähän kulmasta, johon on merkitty linja ja etäisyys todellisesta kulman paikasta.



Kuva 13. Väestönsuojan seinälinjojen kulmat poimittuna Civil 3D -ohjelmassa

Seinälinjojen kulma merkeistä asennusryhmä saa tehtyä linjat anturan päälle värilankaa käyttämällä ja rakennettua muotin tulevaa seinää varten.

5.3 Tartunnat ja peruspultit

Peruspultit asennettiin muottiin raudoituksen yhteydessä. Tämä tehtiin yhdessä asentajan kanssa, joka rakensi anturoihin tuetun muotin (kuva 19) sille mitattuun paikkaan.



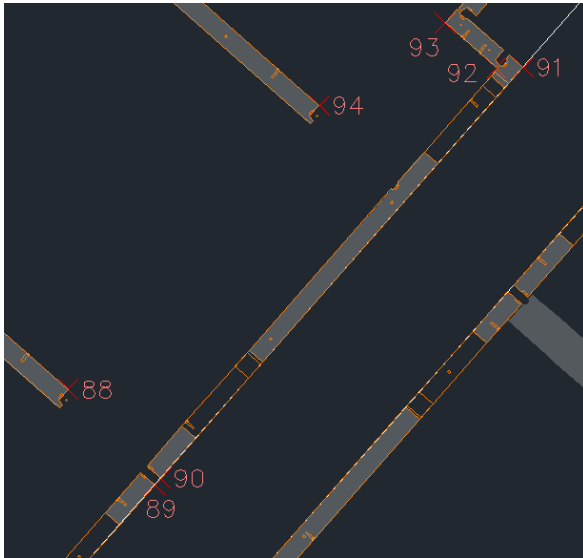
Kuva 14. Pulttimuotti vasta valetussa anturassa

Tartunnoista poimittiin tartuntatapin keskikohdat DWG-tartuntakuvasta. Digitaalinen DWG-kuva laskettiin oikeaan koordinaatistoon Civil 3D -ohjelmistolla moduulilinjoja hyödyntäen.

Tartunnat merkintämitattiin anturavalun yhteydessä. Valettuun anturaan merkittiin merkintämaalia käyttämällä tapin keskikohta, ennen kuin betoni alkoi saavuttaa viimeistä muotoaan ja kovettumaan. Tartuntojen merkinnän jälkeen tarkemmitattiin peruspultit. Peruspulttien tarkemmitauksella valun jälkeen tarkistettiin, onko pulttiryhmä liikahtanut valun aikana. Peruspulttien sijainnin korjaus on vielä mahdollista valun jälkeenkin.

5.4 Elementit

Seinäelementtien DWG-suunnitelma-kuva laskettiin GK25-koordinaatistoon samalla tavalla kuin edelliset rakenteet moduulilinjoja hyödyntämällä. Kuvasta poimittiin jokaisesta elementistä kaksi samanpuoleista kulmaa (kuva 20).



Kuva 15. Elementtien kulmat poimittuna

Elementeistä voidaan myös laskea ja merkitä kaikki kulmat asentajien toiveiden mukaan. Tässä esimerkkitapauksessa riitti kaksi samanpuoleista merkkiä elementtiä kohden. Kulmat merkittiin takymetrillä holvin pintaan naula-ankkureilla ja merkintämaalilla (kuva 21).



Kuva 16. Elementtien kulmat merkittynä holvin pintaan

6 Pohdinta

Mittaajan näkökulmasta rakennusprojektin eri rakennusvaiheiden huomioitavia asioita ovat toleranssit ja mittauslaitteiden hallinta ja laskentaohjelmien käyttö sekä perusgeodeettisen matematiikan tuntemus. Mittausta voidaan hyödyntää koko rakennusprojektin ajan. Betonielementeistä koostuvan kerrostalon rakentamisessa mittauksen tarve korostuu eniten perustusten ja runkovaiheen rakentustöiden aikana. Runkovaiheen rakennustöiden toleranssien pienuus ja ker-
tautuvan virheen todennäköisyys monikerroksisessa talossa käytännössä vaatii takymetrillä tehtäviä merkintämittauksia ja laadunvarmistuksia sekä näiden dokumentointia. Perustusten kannalta tarvitaan mittauksia pulttien asennusvaiheessa ja jälkeinpäin niiden tarkastamisessa. Vaikka perustusten anturat eivät ole toleransseiltaan vaativimpia, niiden merkintä mitaajan toimesta nopeuttaa perustusten rakennusvaihetta ja helpottaa asennustyötä.

Rakennusmittauksissa takymetri on tarkkuutensa puolesta ideaali. Sitä hyödynnetään yleisesti isommissa rakennusprojekteissa, ja sen käyttö vaatii työmaalle rakennetun mittaperustan.

Lähteet

Alanen, Ville. 2013. Rakennustyömaan mittausten kehittäminen. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Betonirakenteiden toleranssit. 2010. RT-kortti 02-10102. Rakennustieto Oy.

Ekman, Veikko. 2010. Rakennusmittaukset, niiden laatu ja dokumentointi. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Trimble TSC5 -maastotietokone. Verkkoaineisto. Geotrim. <https://geotrim.fi/tuotteet/maastotietokoneet/trimble-tsc5-maastotietokone/>. Luettu 16.1.2022.

Verkkoaineisto Geotrim. <https://geotrim.fi/shop/vaaituskojeet/vaaituskoje-spectra-precision-al28a/>. Luettu 6.1.2022.

HPM®-harjateräspultit ETA, tekninen käyttöohje, 01/2017 (fi). Verkkoaineisto. Peikko Finland Oy. https://d76yt12idvq5b.cloudfront.net/file/dl/i/qsnQaQ/XEJ7_tCEbcT-K2oT2w6j3g/HPM-ankkurointipultitFI01-2017.pdf. Luettu 18.1.2022.

Jaatinen, Jaakko. 2019. Mittausohje peruspulttien asentamiseen. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

JHS 185 Asemakaavan pohjakartan laatiminen. 2014. Versio: 1.0 / 20.3.2013. Verkkoaineisto. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta (JUHTA). <https://www.suomidigi.fi/ohjeet-ja-tuki/jhs-suositukset/jhs-185-asebakaavan-pohjakartan-laatiminen>. Luettu 5.11.2021

Koikkalainen, Kari. 2012. Rakennustyömaan mittaustyöt takymetrillä. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Laurila, Pasi. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. 4. uudistettu painos. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3. Rovaniemi.

Verkkoaineisto Leica-Geosystems. <https://leica-geosystems.com/fi-fi/products/construction-tps-and-gnss/robotic-total-stations/leica-icon-icr-80>. Luettu 6.1.2022.

Mäkinen, Panu. 2012. Mittamies-ohjelman käyttöönotto maanrakennusyhtiössä. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta

Perustukset. Tehtäväsuunnittelu - aliurakat, työkaupat. 2012. Ratu S-1198. Rakennustietosäätiö; Rakennustieto Oy.

Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot. 2017. Mittausohje. Liikenneviraston ohje LiVi 18/2017. Liikennevirasto.

Viitanen, Ville. 2012. Rakennusmittaukset ja laadunvarmistus. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Väisänen, Matti. 2012. Mittauspalvelujen käyttö kerrostalotyömaalla. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.