

Viitanen Ville

# Rakennusmittaukset ja laadunvarmistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työjohto

Mestarityö

8.11.2012

Tekijä(t) Otsikko	Ville Viitanen Rakennusmittaukset ja laadunvarmistus
Sivumäärä Aika	37 sivua 8.11.2012
Tutkinto	rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Talonrakennustekniikka
Ohjaaja(t)	Tapani Järvenpää: Lehtori Hannu Pihlajaniemi: Mittamies
<p>Rakennusmittaukset ja niiden laatu ovat merkittävä tekijä rakennusprojektin onnistumisen kannalta. Erilaiset mittaukset ja niistä saatavan tiedon käyttö ovat olennainen osa työtä rakennusprojektin eri vaiheissa. Myös mittausten laadunvarmistus ja dokumentointi on tärkeää ja siihen tulisi panostaa entistä enemmän rakennusteollisuudessa.</p> <p>Rakennusmittauksiin käytetään kysessä olevasta mittauksesta riippuen erilaisia mittausvälineitä, joiden oikeaoppinen käyttäminen ja toimintaperiaatteiden tunteminen on olennaista mittausten onnistumisen ja laadun kannalta.</p> <p>Rakennusmittausten laadunvarmistus on tärkeää ja mittausten laadun analysoinnista saadun tiedon ja sen käsittelyn kautta voidaan luoda syklinen oppimisprosessi tulevia työmaita ja yrityksen tulevaisuuden toimintaa ja sen laatua ajatellen. Laadukkaat mittaukset ja niistä raportoiminen on myös tärkeää rakennusprojektien eri sidosryhmille.</p> <p>Tässä mestarityössä käsiteltiin rakennusmittauksia ja laadunvarmistusta Lujatalon rakennustyömaalla. Mestarityön tarkoituksena oli päivittää mittamiehen laadunvarmistukseen ja dokumentointiin liittyvät työt. Tätä työtä tehdessä havaittiin nopeasti, että ennen tätä työtä ei mittauksia ole dokumentoitu ja laadunvarmistus on ollut puutteellista. Mittaukset ja laadunvarmistus tehtiin yhdessä mittamiehen kanssa jolloin uusi tyyli saatiin heti käyttöön, niin laadunvarmistuksessa, kuin dokumentoinnissa. Tämän työn jälkeen työmaalta tulee löytymään mittaustulokset kansioista, joita ennen ei ole ollut. Työn aikana kävi nopeasti selväksi, että mestarityön vaatimus tuli täytettyä. Laadunvarmistusta ja dokumentointia aletaan käyttää seuraavilla työmailla säännöllisesti ja sitä pyritään kehittämään edelleen.</p>	
Avainsanat	Rakennusmittaukset, laadunvarmistus

Author(s) Title	Ville Viitanen Construction Measurements and Quality Control
Number of Pages Date	37. 8. December. 2012
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	Building Construction
Instructor(s)	Tapani järvenpää: Senior Lecturer Hannu Pihlajaniemi: Measurer
<p>Construction measurements and their quality are among the key factors concerning success of construction projects. Different measurements and the use of information gained through them are a crucial part of the work at different stages of construction project. Also the quality control and the documentation of measurements is important and more resources should be allocated to them in the future.</p> <p>Construction measurements are carried out using specific measuring tools for the task in question. The proper use of these tools and equipment in different situations is crucial for the success of the measurements and their quality.</p> <p>The quality control of construction measurements is important and analysis of the data gained through measurements can be used to create cyclic learning process to be used in quality management of future construction projects and the future development of the company itself. Measurements of high quality and the reports given out based them can also be important for different stakeholder groups of construction projects.</p> <p>The subject of this master thesis is building measurements and quality assurance at a Lujatalo Ltd construction site. The purpose was to update the quality assurance and documentation work of the measurer. It was soon discovered that, prior to this work, the measurements have not been documented, and quality assurance has been lacking. The measurements and quality assurance were made with a measurer, so the new style was immediately implemented in quality assurance as well as the documentation. After the work this documentation can be found in the site measurements folder which in the past has not existed. It became quickly clear that the requirements for a bachelor's thesis were met. The quality assurance and documentation will be used on future sites on a regular basis and will be developed further.</p>	
Keywords	Costruction Measurements, Quality Control

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Työn tausta ja käytetyt mittalaitteet	2
2.1	Inventointimittaukset	4
2.2	Viranomaismittaukset	5
2.3	Sijaintimittaukset	8
2.3.1	Runkopisteet	8
2.3.2	Runkoverkko ja runkoverkkomittaukset	10
2.3.3	Moduulimitoitus	10
2.4	Merkintämittaukset	13
2.4.1	Salaojat ja viemärit	13
2.4.2	Anturat	13
2.4.3	Sokkelielementit	14
2.4.4	Ontelolaatat	14
2.4.5	Sisäkuorielementit	15
2.4.6	Pilarit	16
2.4.7	Delta-palkit	17
2.4.8	Vesikatto	18
2.4.9	Sisävaiheen mittaukset	18
2.5	Rakennuksissa käytettävät mittalaitteet	19
2.5.1	Takymetri	19
2.5.2	Maastotallennin	24
2.5.3	Tasolaser	25
2.5.4	Ristiviivalaser	25
2.5.5	Laseretäisyysmittari	26
3	Mittaukset Lujatalon työmaalla	27
4	Johtopäätökset	36
5	Yhteenveto	37
	Lähteet	38

## **ALKUSANAT**

Tämä mestarityö tehtiin Lujatalojen Pohjanmaan alueyksikölle. Tässä työssä käsitellään yhtiön rakennusmittaustöistä ja niiden laadunvarmistamisesta kerättyä tietoa. Työssä käsiteltävä rakennuskohde sijaitsi Seinäjoella.

Omasta puolestani haluan kiittää kaikkia työni tekemisessä mukana olleita, erityisesti Lujatalojen henkilökuntaa ja työkavereitani.

## 1 Johdanto

Tämä mestarityö käsittelee Lujatalon Pohjanmaan yksikön elementtirakennustyömaalla tehtäviä rakennusmittauksia. Työssä analysoidaan rakennusurakan aikana eri merkintämittausvaiheissa tehtyjen mittausten toteutusta ja laadunvarmistusta. Työn tarkoituksena oli seurata mittamiehen toimintaa työmaalla ja siitä kerätyn tiedon perusteella pohtia, mitä kehitettävää mittaustyössä olisi. Mittamies teki työssä kuvattavat mittaukset käyttäen kulloinkin tarkoitukseen suunniteltua mittalaitetta.

Rakennusmittaukset ovat rakennusprojektin onnistumisen kannalta tärkeä työn osa-alue. Mittaukset alkavat jo huomattavasti ennemmin kuin varsinainen rakentaminen tai sen suunnittelu, joten niiden tekemisessä tulisi nuodattaa huomattavaa tarkkuutta alusta asti voimakkaasta polkuriippuvuudesta johtuen. Rakennusprojektin aikana myöhemmät mittaukset perustuvat enemmän tai vähemmän niitä edeltäneille mittauksille ja aikaisessa vaiheessa tehdyt virheet kertautuvat projektin edetessä. Mestarityöntekijän perusteella rakennusmittauksiin tulisi rakennusprojektin aikana kiinnittää enemmän huomiota kuin nykyisin on tapana.

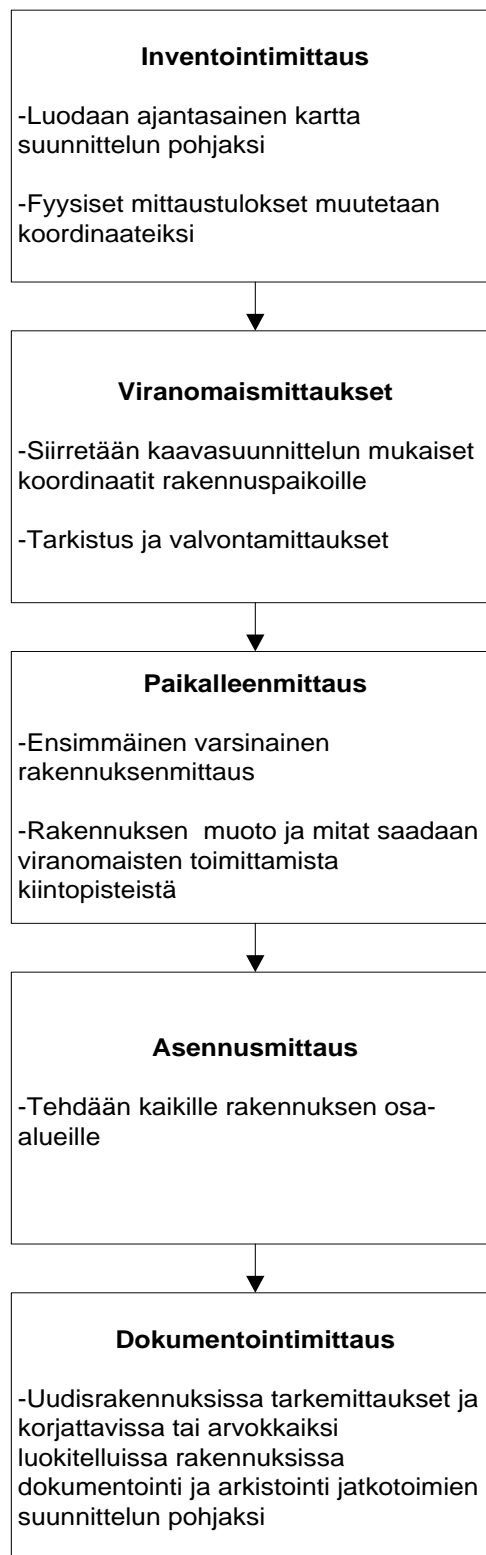
Pääpaino tässä työssä on laadunvarmistuksen dokumentoinnilla, missä on yrityksessä ennen tämän työn tekemistä koettu olevan kehittämistä. Työn päätarkoituksena on käydä yksityiskohtaisesti läpi, miten mittamiehen tulisi varmistaa työnsä laatu ja dokumentoida siitä edelleen työnjohdolle.

Vaikka rakennusmittaukset ovat rakennusprojektin onnistumisen kannalta erittäin tärkeitä on allekirjoittaneen mielestä jopa kummallista, että kyseisestä aiheesta löytyy todella vähän kirjallisuutta tai muuta tutkimustietoa.

## **2 Työn tausta ja käytetyt mittalaitteet**

Rakennusmittaukset ovat olennainen osa rakennusprojektia alusta loppuun saakka. Tästä huolimatta niiden laadunvarmistukseen käytetään nykyisin usein riittämättömästi resursseja. Tässä luvussa kuvataan rakennusmittaukset yleisellä tasolla sekä esitellään työssä käytetyt mittausvälineet.

Rakennusmittauksilla pystytään käsittelemään maan kokoa, muotoa ja maanpinnalla olevien rakenteiden tai jonkin muun esineen kuvaamista. Tätä tiedettä kutsutaan geodesiaksi. Geodesilla saadaan perusta tieteisen kartoittamisen, maan- ja mittaamistekniikan näkökulmasta. Rakennuksilla ja maastossa tehtäviä mittauksia kutsutaan mittaus- ja kartoitustekniikaksi. Mittaus- ja kartoitustehtävät koostuvat kartoitus-, maastomalli- ja merkintämittauksista. Edellä mainitut asiat tuodaan paremmin selville tässä työssä myöhemmässä luvussa 2. Rakennusprojektin eri vaiheissa on tarvetta erilaisille mittauksille. Nämä mittaukset ja niiden pääpiirteet on esitetty niiden aikajärjestyksessä kuvassa 1. seuraavalla sivulla.



( V. Ekman 2010: 8).

**Kuva 1.** Rakennusmittaukset niiden keskinäisessä aikajärjestyksessä



## 2.1 Inventointimittaukset

Inventointi, eli kartoitus- ja maastomallinnusmittaukset tehdään rakennesuunnittelun tarpeisiin ja ne alkavat huomattavasti aiemmin kuin varsinainen rakentaminen. Niiden perusteella laaditaan maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999) määritelty maankäytön suunnitelma, eli kaava. Rakennusprojektien kannalta merkityksellisimmät kaavat, Yleis- ja asemakaava, määritellään edellä mainitussa laissa seuraavasti: (Laurila 2008: 11).

Kunnan alueiden käytön järjestämiseksi ja ohjaamiseksi laaditaan yleiskaavoja ja asemakaavoja. Yleiskaavassa osoitetaan alueiden käytön pääpiirteet kunnassa. Asemakaavassa osoitetaan kunnan osa-alueen käytön ja rakentamisen järjestäminen. (Laurila 2008: 11).

Inventointimittausten yhteydessä muodostetaan runkopisteverkko, jota hyödynnetään myöhemmin rakennusalueiden ja rakennusten mittaamisessa. Rakennettavien alueiden ja niiden käyttötarkoituksen määrittelemisen jälkeen mitataan alueen rakennuspaikat eli tontit ja tonteille mitataan rakennusten paikat. Edellä kuvatut mittaukset ovat viranomaisten tekemiä, ja niiden dokumentointi kuuluu niistä vastaavalle viranomaiselle. (Laurila 2008: 11).

Sijaintimittauksilla haetaan maastolle ja rakennuskohteelle niille kuuluvat korkeus- ja tasosijainnit maanpinnasta. Tasosijainnit ilmoitetaan kahden koordinaatin avulla. Korkeussijainti esitetään korkeuden avulla. Korkeus on kohteen kohtisuora etäisyys sovitusta vertailutasosta. Yleensä vertailutasona on merenpinnan korkeus. Korkeus on siis kohteen pystysuora etäisyys merenpinnasta. (Laurila 2008: 12).

Koordinaatisto tuodaan maastoon runkomittausta käyttäen. Tällä mittauksella rakennuspaikalle tuodaan runkopisteitä, joilla on omat koordinaatit ja korkeudet korkeusjärjestelmässä. Kartoitusmittausten tavoitteena on ylläpitää maaston mallia ja karttakuvaa paikkatietojen esittämistä, maankäytön suunnittelua ja rakentamisen tarpeita varten. Kartoitusmittausten tulokset voidaan esittää numeerisina ja graafisena karttana. (Laurila 2008: 12).

## 2.2 Viranomaismittaukset

Ennen rakennuksen paikalleenmittauksen aloittamista on alueelle tehty paikkakunnan viranomaisten puolesta kaavoitus ja kiinteistönmuodostus, jotka sisältävät eriasteisia määräyksiä. Asemakaavassa alueen graafinen esitys on muutettu koordinaattimuotoon ja sen pohjalta tehdään suunnitelma koordinaattitulkinnasta ennen rakennuksen paikalleenmittausta. Paikkakunnan Rakennusvalvonnasta saadaan luvat rakennukselle, ja asema-kaavan avulla tiedetään rakennuksen paikka, josta rakentaminen alkaa. (Salmenperä 2004: 5).

Uusi maankäyttö- ja rakennuslaki on ollut käytössä vuoden 2000 alusta. Nykyään maakuntakaava, yleiskaava ja asemakaava määritellään uudessa maankäyttö- ja rakennuslaissa. Nyt kyseiset asema-, rakennus- ja rantakaava tunnetaan pelkkänä asemakaavana, koska ne on yhdistetty ja samalla ne sisältää eri asteisia määräyksiä tarpeen mukaan. (Salmenperä 2004: 5).

Kiinteistöt ovat alunperin olleet maakirjassa, mutta sittemmin ne ovat ottaneet paikan maarekisteristä, joka on luettelo lääneittäin, mitä valtion viranomaistet ovat ylläpitäneet. Uusia kiinteistöjä muodostetaan halkomalla tai lohkoamalla vanhoja tiloja tai tontteja. Tästä huolimatta ne ovat edelleen rekisteröity samaiseen rekisteriin. (Salmenperä 2004: 5).

Asemakaavat ovat vahvistuessaan vieläkin usein oleellisilta osiltaan graafisia esityksiä. Ennen toteutumista ja maastoonmerkintää graafinen esitys on tulkittava koordinaattimuotoon. Tonttijaossa asemakaavan kortteleiden rajat ja tonttien välirajat saavat täsmälleen matemaattisen muodon. Korttelin ulkorajat muodustuvat suorista ja ympyränkaarista. Tonttien välirajat koostuvat yleensä suoraviivaisista osista. (Salmenperä: 8).

Ennen paikallemittausta on suoritettava suunnitelman koordinaattitulkinta. Tilanteesta riippuen tämä merkitsee erilaisia asioita. Esimerkiksi graafisessa muodossa oleva asemakaava tulkitaan suorien ja ympyränkaarien yhdistelmäksi. Graafisen esityksen maksimimittatarkkuutena pidetään +/- 0,2 mm. Suorakulmaisessa rakennuksessa on sisäisen koordinaattitulkinnan tarve vähäistä. Esimerkiksi peruslinjamitoitus antaa suoraan asennuksessa käytettävät mitat. CAD-järjestelmien käytön yleistyessä suunnittelussa on rakennuskohteen geometria automaattisesti numeerisessa

muodossa. On tärkeää huolehtia siitä, että toteuttaminen perustuu tähän tietoon eikä esim. graafisilta tulosteilta tehtyyn tulkintaan. Kuitenkin kaikenlaisessa rakentamisessa esiintyy jonkin asteista koordinaattitulkintaa. (Salmenperä 2004: 8).

Päälinjojen suunnan määrittely on usein riippuvainen aikaisemmasta koordinaattitulkinnasta tai aikaisemmasta rakentamisesta. Esimerkiksi seinälinjan suunta halutaan samaksi kuin katulinjan suunta tai naapuritalon seinän suuntaan. Muulloin suunta määräytyy annettujen mittojen tai näiden puuttuessa graafisesta esityksestä saatavien mittojen tai koordinaatin avulla. (Salmenperä 2004: 8).

Sijainnin määrittely voi määräytyä aikaisemman koordinaattitulkinnan tai rakentamisen perusteella. Rakennus voidaan mitoittaa esimerkiksi tontin rajalle tai kiinni naapurirakennukseen. Muutoin sijainti määräytyy annettujen tai graafisesta esityksestä saatavien mittojen, ehtojen tai koordinaatin avulla. (Salmenperä 2004: 8).

Siirtyminen koordinaattijärjestelmästä toiseen joudutaan käyttämään erillisiä suorakulmaisia koordinaatistoja, joten yhteys näiden välillä on hoidettava yhdenmuotoisuusmuunnoksen avulla. (Salmenperä 2004: 8).

Rakentamisen koordinaatistot on jaettu seuraaviin osiin: Yleinen valtakunnallinen tai kunnallinen XY-koordinaatisto. Rakennusyksikkökohtainen ab-koordinaatisto. Rakennusosakohtainen st-koordinaatisto (esim. asennusalusta). Valtion virallinen korkeusjärjestelmä (N60) tai paikallinen korkeusjärjestelmä. (Salmenperä 2004: 27).

Ennen rakennuksen paikan mittaamista on asemapiirros oltava valmis, koska se edellytetään rakennuslupaa hakiessa. Asemapiirrustuksesta käy ilmi rakennuksen paikka ja korkeus, jotka merkitään maastoon. Kunnan viranomaisten tulee rakennus- ja maankäyttöasetuksen mukaan merkitä rakennuksen paikka ja korkeusasema suunnitelmien mukaan. Nämä määräykset sisältyvät rakennusaetukseen ja paikalliseen rakennusjärjestykseen. Rakennusvalvonta on velvollinen suorittamaan perustustyön yhteydessä sijaintikatselmuksen, missä suoritetaan sijainnin ja korkeuden merkintä maastoon. Rakennuksen paikan ja korkeuden tarkastaa paikallinen rakennusvalvonta apunaan kunnan mittaustekninen henkilö. Sijaintikatseluksessa ei ole tarkkuusvaatimuksia viranomaisen suorittamalle rakennuksen sijainnin ja korkeuden määrittämiseen. Sijainnin määrittäminen perustuu kiintopisteverkostoon tai luotettaviin rajamerkkeihin. (Salmenperä 2004: 27).

Mittaukset jaetaan kolmeen luokkaan taulukko 1 mukaisesti: 1 kaupunkien asemakaava-alueet, 2 maalaiskuntien taajamien kaava-alueet ja 3 ranta-asemakaava-alueet. Sijaintitarkkuusvaatimus ilmoitetaan pistekeskivirheenä eli X- ja Y-keskivirheen resultanttina. Esimerkiksi rajamerkeille on allaolevissa taulukoissa esitetty mittausvirheiden maksimimäärät. (Salmenperä 2004: 8).

**Taulukko 1.** Mittaustoleranssi (Salmenperä 2004)

mittausluokka 1	0,12m
mittausluokka 2	0,18m
mittausluokka 3	0,25m

Satunnaisotoksessa saa esiintyä yli 2,5 kertaisia virheitä korkeintaan 5 %. Erikoisluokkaa 1e käytetään, jos tietoa on tarkoitus hyödyntää suurta tarkkuutta edellyttävässä teknisessä suunnittelussa. Esimerkiksi rakennuksen seinälinjan määrityksen keskivirheeksi annetaan lukemat taulukko 2 mukaisesti. (Salmenperä 2004: 9).

**Taulukko 2.** Mittaustoleranssi (Salmenperä 2004)

mittausluokka 1e	0,15m
mittausluokka 1	0,3m
mittausluokka 2	0,5m
mittausluokka 3	1,5...3,0m

On erityisesti huomattava, että nämä tarkkuusrajat eivät tarkoita rakentamisen tarkkuutta vaan kartoitusmittauksen tarkkuutta. (Salmenperä 2004: 9).

### 2.3 Sijaintimittaukset

Mittauksissa tarvittavat tasoperuspisteet pyritään sijoittamaan työmaan ulkopuolelle, koska niiden säilyminen työmaalla ei ole varmaa. Tasopisteiden sijainti määritellään siten, että niiden avulla on helppo mitata, eikä ole uhkaa, että niiden asema työmaan aikana muuttuisi. Vapaata koeasemaa käyttäessä, kiintopisteet varustetaan pysyvin näkyvöitymismerkein, tämä helpottaa niiden löytämistä ilman pisteytyskorttia. (Laurila 2008: 8).

#### 2.3.1 Runkopisteet

Sijaintimittauksissa mittauspaikan koordinaatisto ja korkeusjärjestelmä määritellään runkopisteiden (kiintopisteiden, lähtöpisteiden tai liittospisteiden) avulla. Runkopisteet on tarkoitettu pitkäaikaiseen käyttöön, joten ne pyritään rakentamaan liikkumattomiksi kallioon, maaperäkiviin, rakennuksiin ja katujen ja teiden rakenteisiin. Niiden pitää myös sijaita mahdollisemman näkyvällä paikalla, sillä vasta hyvä näkyvyys mahdollistaa pisteiden tehokkaan käytön. (Laurila 2008: 8).

Runkopisteet ovat tasorunkopisteitä, korkeusrunkopisteitä tai yhdistettyjä runkopisteitä. Tasorunkopisteistä tunnetaan niiden koordinaatit ja korkeusrunkopisteistä niiden korkeusasema. Yhdistetyistä runkopisteistä tunnetaan molemmat. Runkopisteiden koordinaatit ja korkeudet mitataan runkomittauksella. Runkomittausten menetelmät ovat melko vaativia, koska niitä tehtäessä kiinnitetään erityistä huomiota mittausten tarkkuuteen. (Laurila 2008: 8).

Tasorunkopisteellä tulee olla selvästi nähtävä keskusmerkki. Tämän vuoksi tasorunkopisteet ovat usein metalliputkia, -tankoja tai mittapistenauvoja. Korkeusrunkopisteellä puolestaan tulee olla selvästi havaittava ylin kohta, jonka vuoksi varsinaiset korkeusrunkopisteet ovat pyöristettyjä pultteja. Yhdistetyt runkopisteet ovat yleensä tasorunkopisteiksi rakennettuja pisteitä. Kun tällaiselle pisteelle on määritetty korkeus, niin se on yleensä epätarkempi kuin varsinaisen korkeusrunkopisteen korkeus. (Laurila 2008: 9).

Runkopisteiden tulee olla helposti löydettävissä. Tätä varten niistä laaditaan runkomittausten yhteydessä pisteytyskortit. Pisteytyskortilla esitettäviä asioita on listattuna alla:

- pisteen nimi tai numero
- koordinaatit ja/tai korkeus, niiden tarkkuusluokka sekä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmätiedot
- kuvaus pisteen rakenteesta ja sijainnista, sidontapisteet ja niiden sidemitat
- mittaus- ja laskentamenetelmä, mittausajankohta ja viittaus havainto- ja laskenta-asiakirjoihin
- mitaajan ja laskijan nimet ja mitannut organisaatio.

Pisteytyskortilla esitettävät sidemitat ovat tärkeitä pisteen löytämisen kannalta. Ne mahdollistavat pisteen löytämisen myös lumen tai maan pinnan alta. Sidemitat tulee ottaa vähintään kolmeen selvästi näkyvään ja hyvin säilyvään kohteeseen. Nykyisin runkopisteiden etsinnässä käytetään paljon satelliittipaikannusta, mikä usein

mahdollistaa pisteiden löytämisen suoraan koordinaattien avulla. Tämä vähentää pisteselityskorttien tarvetta ja käyttöä. (Laurila 2008: 9).

### 2.3.2 Runkoverkko ja runkoverkkomittaukset

Runkopisteitä ei yleensä mitata yksittäisinä pisteinä vaan suurempina kokonaisuuksina, joita kutsutaan runkoverkoiksi. Runkoverkon rakenne ja tehdyt mittaukset voidaan esittää verkkopiirroksen avulla. Esimerkiksi tasorunkoverkot ovat usein muodoltaan kolmioverkoja tai monikulmiojonoja. Mittaustapansa perusteella runkopisteitä voidaan kutsua esimerkiksi kolmiopisteiksi tai monikulmiopisteiksi.

Runkopisteiden tarkkuus vaihtelee ja tätä vaihtelua kuvaa mm. runkopisteiden luokittelu. Mittausohjeissa valtakunnalliset ja kunnalliset taso- ja korkeusrunkomittaukset jaetaan hierarkkisiin luokkiin. Runkopisteet ja niiden sijainnin määrittämiseksi tehdyt mittaukset voidaan esittää havainnollisesti verkkopiirroksen avulla. Hyvin laaditusta verkkopiirroksista ilmenee, minkä tarkkuusluokan pisteitä alueella on, ja miten ne on mitattu. Tätä tarkoitusta varten verkkopiirroksessa voidaan käyttää määrättyjä symboleja, jotka kertovat mittauspisteiden luokan ja tehdyt havainnot. (Laurila 2008: 10).

### 2.3.3 Moduulimitoitus

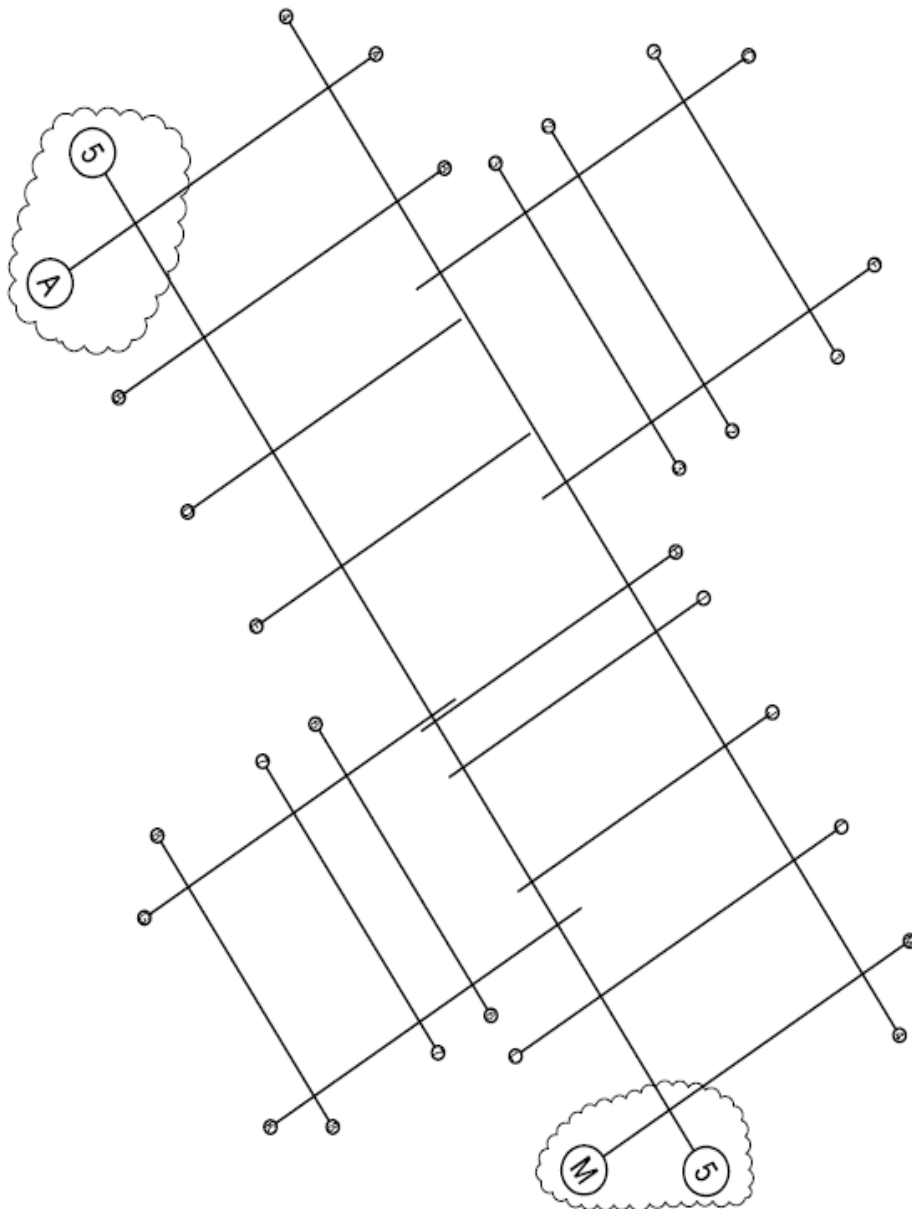
Rakennuksen osien paikantamisen helpottamiseksi laaditaan moduulijärjestelmä. Moduulilinjat laatii ja nimeää ensisijaisesti pääsuunnittelija, toissijaisesti rakenteiden pääsuunnittelija. Muut rakennesuunnittelijat voivat täydentää moduulijärjestelmää suunnittelun edetessä. Moduulilinjat sijoitetaan kaikkien kantavien rakenteiden kohdille siten, että rakenteet ovat kohdennettavissa ja paikannettavissa. Moduulilinjat esitetään pohja-, leikkaus- ja detaljipiirroksissa, joissa mitoitus sidotaan poikkeuksetta linjoihin. Mittoja ei tule ketjuttaa, vaan rakenteiden sijainti sidotaan aina lähimpään moduulinjaan. Mitoituksessa otetaan huomioon katon ja ulkoseinien rakenne. Yleensä pääkannattajien keskeltä keskelle jaon tulisi olla noin 6–8 m rakenteen jännevälistä, pääkannattajan tyypistä ja perusratkaisusta johtuen. Kattoelementtien ja -orsien tulisi olla kolmiaukkoisia, jotta rakenteen käyttöaste saataisiin mahdollisimman suureksi. Kaksiaukkoisia kannattajia tulee välttää, koska keskituella pääkannattajan kuormitus suurenee silloin 25 % verrattuna tasaisesti jakautuneeseen kuormitukseen.

Myös yksiaukkoisia kannattajia tulisi välttää niiden moniaukkoisia rakenteita suuremman materiaalimenekin vuoksi. (Evianet 2012)

Moduulilinjat nimetään rakennuksen pohjapiirroksen poikkisuunnassa (tavallisesti lyhyemmässä suunnassa) aakkosin ja pituus suunnassa numeerisesti. Nimeäminen aloitetaan rakennuksen pohjapiirroksen vasemmasta yläkulmasta. Moduulimitoituksessa noudatetaan rakennuksen ulkoseinillä viereisperiaatetta ja muualla keskeisperiaatetta. Rakennuksen ulkoseinillä käytetään viereisperiaatetta. Viereisperiaatteen etuna on se, että päätypalkkien ja pilareiden kokoa ei tarvitse päättää eikä tietää vielä pää-piirustuksia laadittaessa. Moduuliviivat sijoitetaan elementtirungon ulkopintaan. (Evianet 2012)

Etuna on myös, että perustusten, sokkelielementtien, vaipparakenteen ja puurungon suunnittelu voidaan aloittaa toisistaan riippumatta ja erikseen, koska mittamaailma on kaikille suunnittelijaosapuolille selvä. Näin säästetään aikaa, kun suunnittelu voi edetä monella taholla samanaikaisesti. Keskeisperiaatteen käyttö ulkoseinillä johtaa helposti hankaliin mittoihin (esimerkiksi 82,5 mm) ja toisaalta myös mahdollisesti epäloogisuuteen päädyn osalta, mikäli keskeiseksi oletettu moduulilinjan sijoitus ei olekaan keskellä päädyn palkkia (päätypalkin /-pilarin paksuus on eri kuin pääpilarin paksuus) tai nurkkapilaria, tai jos nurkkapilarin paksuus poikkeaa päätypalkin paksuudesta. Pääpilareiden ja päätyjen tuulipilareiden kohdilla moduulilinjat sijoitetaan keskisesti. Yksittäisten, muista moduulilinjoista vähäisesti poikkeavien kantavien rakenteiden kohdalla moduulilinja voidaan merkitä viereisen linjan tunnuksella ja heittomerkillä (esimerkiksi 1' tai A'). Kuvassa 4. on esimerkki moduulipiirroksesta. (Evianet 2012)





**Kuva 4.** Moduuliverkkopiirros joka on käännetty rakennuksen koordinaatteihin.

## 2.4 Merkintämittaukset

Merkintämittaukset tehdään joko maastossa tai työmaalla takymetriä apuna käyttäen ja samalla selvitetään, miten mitat tuodaan työmaalle, sekä miten ne olisi hyvä merkitä. Eri työvaiheet merkitään eri tavalla ja niillä on erilaiset mittaustoleranssit.

### 2.4.1 Salaojat ja viemärit

Rakennuksen salaojat ja viemäriinjat merkitään maastoon tikuttamalla, jolloin ne havaitaan mittauksen jälkeen. Merkinnän selkeys helpottaa rakennusvaiheessa tehtäviä töitä huomattavasti.

### 2.4.2 Anturat

Rakennuksen anturat mitoitetaan siten, että anturoista piirretään mittalaitteelle oma kuva rautalankamallina, jossa on pelkät anturaviivat. Tämän jälkeen piirretty kuva käännetään mittaussuunnitelman mukaiseen koordinaatistoon. Kuvankäsittelyn kannalta on suotavaa, että kaikki anturat piirretään samalle kuvatasolle.

Piirtämisen ja kuvan viennin jälkeen mittalaitteelle mitat viedään työmaalle. Mittaus tapahtuu takymetriä käyttäen ja anturalinjat merkataan. Linjoja merkattaessa on hyvä käyttää puutikkuja, merkintämaalia ja niihin on hyvä merkitä paljonko siitä on anturalinjaan. Merkit on hyvä laittaa anturasta kauemmas, niin työvaiheen aikana ei niitä kaada.

Anturassa sallitut mittavirheet (Ratu S-1198):

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

### 2.4.3 Sokkelielementit

Sokkelielementeistä tehdään samanlainen rautalankamalli kuin anturoista ja sekin viedään mittalaitteelle.

Sokkelielementin paikalleen mittaaminen tapahtuu siten, että anturaan mitataan ja merkitään sokkelilinja, tietyn etäisyyden päähän sokkelielementistä. Nämä linjat on hyvä merkitä ruuveilla tai lyöntiniiteillä, että asennusporukka saa itse mitan siitä, eikä mittamiestä tarvitse kutsua sen takia. Linjaa uudelleen merkittäessä on hyvä käyttää värilankaa, jolla saa helposti suoran linjan. Myös laserilla saa helposti suoran linjan merkkien väliin, mutta sitä käyttäessä on oltava varovainen, ettei sitä liikuta asennuksen aikana.

### 2.4.4 Ontelolaatat

Ontelolaatoista piirretään myös erillinen kuva ja se viedään mittalaitteelle. Kyseiseen kuvaan on helppoa lisätä ontelolaattojen asennusjärjestys, mikä helpottaa asennusta.

Mittojen vienti työmaalle tapahtuu niin, että sokkelin tai seinän päälle merkitään ontelolaattojen lähtöpaikat. Sokkelin ja seinän korkeuserot kannattaa kartoittaa ennen ontelolaatan asennusta, jotta ontelot saadaan asennettua suoraan. Jokaista ontelolaattaa ei erikseen tarvitse mitata paikalleen vaan se tehdään noin 5 - 6 elementin ryhmissä. Tätä tyyliä käyttäen pystytään tarkkailemaan ontelolaatatason etenemistä ja pystytään tekemään tarvitsevat korjaukset, että viimeinen ontelo saadaan asennettua ilman sen muokkaamista. Taulukkoon 3 on listattu betonilaattojen toleranssit RT-kortin 02-10102 mukaan.

**Taulukko 3.** Ontelolaatastojen toleranssit. (RT-kortti 02-10102)

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

#### 2.4.5 Sisäkuorielementit

Sisäkuorielementtejä paikalleen mitattaessa mitat tuodaan sokkelielementin päälle mittalaitteella. Sokkeliin merkitään tietyn poikkeaman päähän viiva tulevasta sisäkuorielementtilinjasta. Merkityn viivan kohdalle porataan joko ruuvit tai lyöntiniitit joita, hyväksilukien asennusryhmä tietää linjan ilman, että mittamiestä tarvitaan työmaalla koko elementtiasenuksen ajan. Sisäkuorielementin yläpää saadaan paikalleen vatupassia tai ristiviivalaseria käyttäen, ja ennen elementin asennusta alapää on vaaittava suoraan. Mittamiehen ja asentajien on oltava tarkkana sisäkuorielementtien mitoittamisessa ja asennuksessa, koska rakennuksessa on kolme eri detaljikuvaa. Taulukossa 4. on esitetty betoniseinien rakentamistoleranssit.

**Taulukko 4.** Betoniseinien rakentamistoleranssit. (RT-kortti 02-10102)

mittauksen kohde	Normaaliluokka	Erikoisluokka
	mm	mm
sivusijainti	+/- 15	+/- 10
sivusijainti ylä- tai alapuolisesta seinästä	+/- 10	+/- 5
vapaa väli	+/- 15	+/- 10
sauman leveys Sandwich	+/- 8	+/- 5
sauman leveys väliseinä	+/- 10	—
hammastus, kaikki suunnat	8	5
yläreunan korkeusasema	+/- 10	+/- 5
poikkeama pystysuunnasta	h/ 600	h/ 600

#### 2.4.6 Pilarit

Ennen pilareiden asennusta on niitä varten laitettu pulttikehät, joihin pilari asennetaan. Pilarien suoruus vaikuttaa moneen eri asennukseen, joten tässä työvaiheessa on oltava hyvin tarkka. Jos pilari on kallellaan, se vaikuttaa heti paljon delta-palkin paikkaan, jonka on oltava paikallaan, että ontelolaatta on tarpeeksi delta-palkin huulen päällä.

**Taulukko 5.** Betonipilarien rakentamistoleranssit (RT-kortti 02-10102)

Mittattava 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

Pilari pystytään asentamaan monella eri tavoin pystyyn. Tarkin mittaustyylillä on merkata pilarin ylä- ja alapäähän merkki jota käytetään hyväksi takymetrillä mittauksessa, näin ollen pilari saadaan tarkasti suoraan. Linjalankaa ja luotia käyttäen saadaan pilari pystyyn, mutta sää vaikuttaa paljon tässä asennustyyliässä. Myös ristiviiva- tai pistelaserilla saadaan pilareita asennettua, mutta tarkkuuden takia takymetri on oikea työväline tähän asennukseen.

#### 2.4.7 Delta-palkit

Delta-palkkien asennus on mitoituksen kannalta kärsivällisyyttä vaativa työvaihe. Ennen delta-palkkien asennusta on niitä varten asennettava pulttikehät tai konsolit, joihin delta-palkit voidaan kiinnittää. Kehien ja konsolien paikalleen mittaaminen on tarkkaa työtä, koska delta-palkkien reiät eivät ole paljon suurempia kuin pultit, joihin se kiinnitetään. Mittatarkkuutta on myös huomioitava siksi, että ontelaatan tulee olla vähintään 60 mm delta-palkin huulen päällä, muuten liitos ei ole hyvän rakentamistavan mukainen ja liitos ei ole turvallinen. Delta-palkit yleisesti mitoitetaan paikalleen metrimittalla ulkoseinäistä, mutta myös takymetrillä niitä mitataan paikoilleen.

#### 2.4.8 Vesikatto

Vesikattoja voidaan tehdä kolmella erityyppillä. Ensimmäinen pitkästä tavarasta paikan päällä, jolloin mitoitetetaan alajuoksujen paikat pukeille ja tietysti pukkien korkeudet. Toinen tyyli on melko perinteinen tapa asentaa kattoristikot niille mitoitetuille paikoille. Kolmas tyyli on tehdä katto elementteinä maassa. Tämä on vasta yleistymässä, mutta tehokuudeltaan todella hyvä tapa ratkaista vesikaton tekeminen. Työmaalla on vain oltava tarpeeksi tilaa, että tämän työsuorituksen pystyy tekemään. Työmaalle on tehtävä tasolaseria käyttäen tasainen alusta jossa ristikot voidaan kasata elementeiksi. Alusta on oltava tasainen siksi, ettei rakentamisen aikana ole jäänyt mitään nitkahduksia elementtirunkoon, jolloin nostaminen ei ole turvallista. Alusta voidaan mitoittaa joko rullamitalalla tai takymetrillä. Suunnittelija tekee aina erilliset kuvat elementeistä ja nostosuunnitelman.

#### 2.4.9 Sisävaiheen mittaukset

Rakennuksen sisävaiheen mittaustyössä on suositeltavaa käyttää takymetriä, koska sillä saadaan aina rakennusosat oikealle paikalle. Käsien mittaamalla virhemarginaali kasvaa, eikä sitä saada helposti kiinni ja esimerkiksi huoneiden pinta-aloissa voi olla heittoa.

Viemäreiden nousut lattian pintaan mitoitetetaan aina ennen pintalattiaa ja seiniä. Näin ollen on hyvin tärkeää, että ne ovat oikeassa paikassa. Mittalaitetta käyttäessä nähdään sähköisestä kuvasta aina oikeat paikat ja merkintä on hyvä tehdä neljää ruuvia käyttäen, että reiän tekijä saa keskitettyä reiän oikealle kohdalle. Vessanpönttöjen ja käsienpesualtaiden paikat saadaan kerralla asennettua oikeaan kohtaan, eikä lisäosia tarvita.

Väliseinien mitoituksessa vääränlaisen mittalaitteen käyttäminen ei ole kannattavaa, koska seinien paikat voidaan asentaa väärään paikkaan. Takymetriä käyttäessä ne saadaan juuri siihen mihin ne on piirretty, eikä huoneiden pinta-aloissa ole huomauttamista. Mittamiehen tärkein tehtävä on piirtää merkintäviivat mittalaitetta apuna käyttäen, sekä merkitä kummalle puolen seinälinjaa alajuoksu tulee. Yläjuoksun kirvesmies saa kattoon ristiviivalaseria käyttämällä.

Alakattokorkeudet kartoitetaan, kun isoimmat putket, sähkökourut ja läpiviennit ovat valmiina. Alakattojen korkeudet eivät juuri koskaan ole sitä, mitä suunnittelijat ovat paperille saaneet. Alakatot mitoitetaan korkeuteen huone kerralla ja hyvä sääntö on, että alimman putken alareunasta 100 mm alaspäin alakatto asennetaan.

## 2.5 Rakennuksissa käytettävät mittalaitteet

Rakennusmittauksissa käytettävät mittalaitteet ovat aikojen saatossa kehittyneet huomattavasti ja ovat nykyään useimmiten korkeaa teknologiaa sisältäviä laitteita. Seuraavassa on esitelty niistä tämän työn kannalta tärkeimmät.

### 2.5.1 Takymetri

Jo yli 30 vuotta on takymetri ollut yleisesti käytössä monissa mittaustehtävissä ja vuosien varrella sen ominaisuudet ovat vain lisääntyneet. Nykyisin onkin tarjolla monenlaisia takymetrejä erilaisiin käyttötarkoituksiin. Teknisiä uudistuksia on takymetreihin tullut jatkuvasti lisää.

Takymetri on ensisijaisesti kulman ja etäisyyden mittauskoje, mutta tietoteknisenä laitteena sillä voidaan tehdä erittäin monipuolisia mittauksia. Se on satelliittimittauksen kojeiden ohella tärkein mittaus ja kartoitustekniikassa nykyisin käytettävistä kojeista. Takymetri on mittaajan yleistyökalu. (Laurila 2008: 230). Kuvassa 11. on nykyaikainen takymetri.



**Kuva 11.** Takymetri ja jalusta. (Geotrim1 2012)



Takymetri on kulman- ja etäisyydenmittauskoje, jolla mitataan vaakakulmia sekä etäisyyksiä. Näistä perushavainnoista voidaan laskea koordinaatteja, korkeuksia ja muita suureita sekä tallennettua mittaustulokset sähköisesti. (Laurila 2008: 231)

Reilut 10 vuotta sitten takymetreihin tuli lisäksi prismaton etäisyydenmittaus, ja lähes kaikki tänä päivänä toimitetut takymetrit ovat tällaisella tekniikalla varustettu. Joissakin takymetreissä on itse asiassa kaksi etäisyyssmittaria, toinen prismattomaan mittaukseen ja toinen prismaan mittaukseen varten. (Wikman 2010: 19).

Prismaton etäisyydenmittaus voidaan toteuttaa lähtökohtaisesti kahdella eri teknologialla: ensimmäinen niistä perustuu etäisyydenmittaussignaalin vaihe-eroon, jossa mitataan lähtevän ja palaavan signaalin vaihe-eroa ja toinen perustuu pulssilaseriin, jossa mitataan signaalin kulkuaikaa takymetrinä kohteeseen ja takaisin. Ensin mainitussa käytetään näkyvän valon aallonpituudella toimivaa punaista laseria, jota käytetään myös mittaustuloksen osoittamiseen. Jälkimmäisessä mittaus suoritetaan näkymättömällä lasersäteellä ja mittauskohde osoitetaan erillisellä punaisella osoitinlaserilla. Kummassakin menetelmässä on omat hyvät ja huonot puolensa: vaihe-eroon perustuvassa teknologiassa mittaussäteen koko on pienempi, se on tarkempi menetelmä, näkyvä säde on myös mittaussäde, mutta sillä on vaikea mitata yli 400 m:n etäisyydelle ja se on vähän hitaampi. (Wikman 2010: 19).

Pulssilaserteknologiassa mittaussäteen koko on suurempi, se on vähän epätarkempi, mittaussäde ei ole näkyvä, mutta sillä on helppo mitata yli 400 m:n etäisyydelle ja se on nopeampi. Pulssilaserilla voidaan mitata selvästi pitemmälle kuin pelkään vaihe-eroon perustuvalla laserilla, jopa 2 km:iin asti, kunhan muistetaan, että mittaussäteen koko kasvaa etäisyyden suhteessa ja on jo merkittävän suuri maksimimatkoilla. (Wikman 2010: 19).

Prismaton mittaus on jatkuvasti kehittynyt ja muutama vuosi sitten tuli markkinoille ensimmäiset prismattomat etäisyyssmittarit, jossa edellä mainitut tekniikat on yhdistetty samaan prismattomaan etäisyyssmittariin, ja nyt on jo saatavilla etäisyyssmittari, jossa samaa lasersädettä käytetään sekä prismattomassa, että prismaan mittauksessa, jolloin etäisyyssmittaussäteiden suuntauksissa olleet poikkeamat eivät enää ole mahdollisia. Prismattoman mittauksen käyttökohteet ovat moninaiset, tyypillisesti erilaiset kartoitukset varsinkin kohteista, joihin on vaikeaa tai jopa vaarallista mennä, ovat tällaisia. (Wikman 2010: 19).

Seuraava kojetyyppi saadaan, kun edellisiin lisätään servomoottorit, jolloin koje voi olla moottoroitu koje normaalilla etäisyysmittarilla tai lisättynä prismattomalla mittauksella. Servomoottoritekniikoita on erilaisia, perinteinen ja jo pitkään käytössä ollut perustuu yksinkertaisiin sähkömoottoreihin, joihin on liitetty vaihteisto, jonka kautta takymetrin liike saadaan aikaiseksi. (Wikman 2010: 19).

Perinteisen moottorin eduiksi voidaan katsoa niiden tähtäyksen stabiilius ja se seikka, että lepotilassa ne eivät kuluta virtaa. Uudempiin moottoritekniikkoihin nähden ne toki ovat hitaampia. Viitisen vuotta sitten markkinoille tuli magneettimoottorit, jotka hyödyntävät periaatteessa samaa tekniikkaa, joka on tuttu supernopeista junista. Näissä liike tuotetaan suoraan ilman mitään vaihteistoa ja siten siis ilman suoraa kosketusta ja lähes ilman kitkaa. Perinteisiin moottoreihin nähden nämä ovat yli kaksi kertaa nopeampia, ne ovat hiljaisia, kun vaihteistoa ei ole, mutta toisaalta kuluttavat virtaa myös lepotilassa eikä niiden tähtäyksen stabiilius ole samalla tasolla perinteisen moottorin kanssa. (Wikman 2010: 19).

Uusin moottoritekniikka tuli markkinoille reilu vuosi sitten. Tässä tekniikassa hyödynnetään pietsosähköistä ilmiötä, joka muuttaa sähkövirran mekaaniseksi liikkeeksi myös ilman mekaanista kosketusta, kuten magneettimoottoreissakin, mutta niihin verrattuna tässä tekniikassa on etuna, että pietsosähköiset moottorit eivät kuluta virtaa lepotilassa. (Wikman 2010: 19).

Myös tähtäyksen stabiilius on samalla tasolla kuin perinteissä moottoreissa ja voidaankin todeta niiden edustavan tällä hetkellä kaikkein kehittyneintä takymetrien moottoritekniologiaa automaattinen prismantunnistus. Tässä kojetyypissä on servomoottoreiden lisäksi myös automaattinen prismantunnistusjärjestelmä, joka monissa mittaustehtävissä tekee manuaalisen kohdistamisen prismaan tarpeettomaksi, kun koje itse löytää mitattavan prisman. Tämä kojetyyppi kuuluu merkittävimpien laitevalmistajien valikoimiin, ja on viime vuosina saavuttanut suuren suosion käyttäjien keskuudessa, eikä maanmittaustehtäviin juuri mitään muuta kojetyyppiä enää hankitakaan, erityisesti vielä prismattomalla mittauksella varustettuja versioita. (Wikman 2010: 19).

Automaattisessa prismantunnistuksessa on lähtökohtaisesti kaksi erilaista teknologiaa, joilla prisma tunnistetaan. Varsin yleisesti toista kutsutaan passiiviseksi ja toista aktiiviseksi menetelmäksi. Ns. passiivisessa menetelmässä käytetään tavanomaisia

prismoja ja prismantunnistus tapahtuu seuraavalla periaatteella: kun mittaus käynnistetään, takymetri lähettää tähtäyskaukoputken kautta näkymättömän valon aallonpituusalueella olevan lasersäteen tähtäysakselin suunnassa. Kun tämä säde osuu prismaan, se heijastuu siitä takaisin, aivan kuten etäisyysmittaussignaalin, ja palaa takaisin tähtäyskaukoputkeen, jossa se optisilla komponenteilla ohjataan korkearesoluutioiseen CMOS- tai CCD-kennoon. Tämä kenno tunnistaa palaavan säteen ja laskee sen sijaintipoikkeaman suhteessa kennon keskipisteeseen. Näitä poikkeama-arvoja käytetään kaukoputken hiusristikon ohjaamiseen prisman keskelle servomootoreiden avulla. (Wikman 2010: 19).

Aktiivisessa menetelmässä käytetään prisman hakuun jotain aktiivista apulaitetta. Tämä tarkoittaa, että tämä apulaite lähettää signaalia, jonka takymetri tunnistaa ja osaa etsiä prisman. Tämä apulaite voi olla joko integroituna prismaan tai sitten se on erillinen laite, joka voidaan liittää prisman päälle tarvittaessa. Joissakin malleissa apulaite pitää vielä kohdistaa takymetriin, jotta takymetri voi tunnistaa lähetetyn signaalin. Nämä edellä mainitut ovat ns. hienotähtäysmenetelmiä, joka tarkoittaa, että takymetrin tulee olla likipitään suunnattu prismaa kohti, jotta nämä tekniikat voivat toimia. (Wikman 2010: 20).

Laitevalmistajat ovatkin kehittäneet myös erilaisia karkeatähtäysmenetelmiä, jolla takymetri voi ensin kääntyä suurin piirtein oikeaan suuntaan ja sitten ottaa hienotähtäysmenetelmän käyttöön. Tämä on erityisesti tarpeellista kun toimitaan ns. robottikokoonpanossa. (Wikman 2010: 20).

Edellä mainitut kojeet joko jo sisältävät tai niihin voidaan jälkikäteen asentaa tarvittavat tarvikkeet ja ohjelmalliset ominaisuudet, jotta kojetta voidaan hallita erillisellä etäkäyttöyksiköllä, kun käyttäjä on prismaauvan luona. Takymetrin ja etäkäyttöyksikön välinen kommunikaatio voidaan tällöin hoitaa joko radiomodeemin tai optisen linkin kautta. Erityisesti tällaisessa robottikäytössä tulee esiin takymetrin erilaiset hakumenetelmät, joilla prisma pyritään löytämään; näitä voidaan kutsua karkeatähtäysmenetelmiksi. Myös karkeatähtäysmenetelmiä on passiivisia ja aktiivisia. (Wikman 2010: 20).

Passiivisessa menetelmässä käytetään taaskin lasersädettä, joka on tyypillisesti muodoltaan pystyasentoinen laserviuhka, joka prismaan osuessaan heijastuu takaisin vastaanotto-optiikkaan ja tästä paluusignaalista takymetri ymmärtää vaihtaa

hienotähtäystekniikkaan, jolla prisman keskipiste löydetään. Nämä tekniikat ovat nykyään niin kehittyneitä, että ne tutkivat paluusignaalin kestoa ja intensiteettiä ja pystyvät tästä tiedosta pääättelemään, mistä signaali tulee takaisin, onko kyseessä esimerkiksi liikennemerkki, auton ajovalo vai prisma, ja ohittaa muut paluusignaalit paitsi prismasta tulevan. (Wikman 2010: 20).

Aktiivisessa menetelmässä käytetään vastaavasti jotain apulaitetta, joka voi olla vaikka yksinkertainen GPS-vastaanotin, jonka avulla saadaan likimääräinen tieto prisman sijainnista. Se voi olla myös muunlainen aktiivinen lähetin, jonka lähettämän signaalin takymetri tunnistaa. Näissäkin on hyvät ja huonot puolensa: passiivinen tekniikka tunnistaa kaikki prismat ja käyttäjän pitää huolehtia siitä, että oikea prisma on löydettyinä, toisaalta se ei tarvitse virtaa ja toimii kaikkialla, kuten myös tunneleissa. Aktiivinen voi toki löytää sen halutun prisman, mutta vain niin pitkään, kun pattereissa on virtaa tai käyttäjä muistaa suunnata lähetinyksikön kohti takymetriä. Mainittakoon vielä, että edelliseen on osalla laitevalmistajista tarjolla ratkaisu, jossa RTK-luokan GPS-vastaanotin voidaan liittää prisman yhteyteen ohjelmallisesti integroituna, jolloin sitä voidaan hyödyntää esimerkiksi takymetrin asemoinnissa tai normaalin kartoituksen tai maastonmerkinnän tehtävissä. (Wikman 2010: 20).

Uusimpana tekniikkana takymetreihin on liitetty digitaalinen kamera, jonka tuottama kuva on nähtävillä takymetrin näytöllä. Näissä voidaan teknologisessa mielessä ajatella kolmea parametria, kameran resoluutio eli megapikseleiden määrä, takymetrin näytön resoluutio ja kameran päivitysnopeus eli kuinka monta kuvaa sekunnissa se pystyy päivittämään takymetrin näytölle. Tämä osaltaan ratkaisee kuinka paljon kamerasta on hyötyä mittaajalle. Toinen kysymys on, mitä käyttöä tällä kameralla on, ja se taas on puhtaasti ohjelmallinen asia. (Wikman 2010: 20).

Kuvalta ohjauksella tarkoitetaan toimenpidettä, jossa käyttäjä yksinkertaisesti koskettaa näyttöä siihen kohtaan, johon haluaa takymetrin kohdistettavan, tämä voidaan tehdä itse takymetrillä tai etäkäyttöyksikön näytöltä joissain tapauksissa. Jos edellä mainittiin passiivisen prismanhakutekniikan huonoksi puoleksi se, että se löytää kaikki prismat, niin tällä tekniikalla se ei enää ole ongelma, kun käyttäjä voi kuvalta varmistaa, että on kohdistettu oikeaan prismaan. Lisäksi kuvia voidaan luonnollisesti tallentaa ja linkittää pisteisiin dokumentaatioksi ja lisätiedoksi. (Wikman 2010: 20).

Mainittakoon esimerkiksi automaattisella prismantunnistuksella varustettujen kojeiden työalueiden tai hakuikkunoiden määrittelyt, joilla rajataan kojeiden hakutoiminnot vain tietylle alueelle ja siten nopeutetaan prisman löytymistä. Myös kaikkien sovellusten kuten maastoonmerkintä-, vertailulinja- tai tiemittausohjelmien ominaisuudet ja helppokäyttöisyys vaikuttavat kokonaistehokkuuteen. Kun omiin työtehtäviin etsitään sopivinta kojetyyppiä, ei näiden kaikkien eri tekniikoiden valikoimasta välttämättä olekaan mikään yksinkertainen tehtävä valita oikeaa kojetyyppiä. (Wikman 2010: 20).

### 2.5.2 Maastotallennin

Maastotallennin eli maastotietokone on maastokelpoinen, säänkestävä tietokone. Se voi kuulua takymetrimittauksissa tarvittaviin laitteisiin. Maastotallennin sisältää mittausohjelmistot ja laitteeseen tallenetaan mittaushavainnot ja muut mittauksissa tarvittavat tiedot. Maastotallentimen avulla voidaan tehdä myös mittauksiin liittyvät tiedonsiirrot. (Laurila 2008 s.230)

Tiedonsiirrot voidaan tehdä kaapelilla, muistikortilla ja langattomasti bluetooth-tekniikalla. Bluetooth on avoin standardi lähietäisyydellä olevien laitteiden langattomaan kommunikointiin. Tallentimen avulla ohjataan myös satelliittimittausten tiedonkeruuta. Usein erillistä maastotallenninta ei kuitenkaan tarvita mittauksista, koska tallentimen toiminnot voivat löytyä myös takymetristä. (Laurila 2008 s.231) Kuvassa 12. on nykyaikainen maastotallennin.



**kuva 12.** Maastotallennin (Geotrim2 2012)

### 2.5.3 Tasolaser

Vaaituskojeella ja tasolaatalla mitattaessa joudutaan käyttämään kahta työntekijää eikä se ole enää tehokasta. Tasolaseria käyttäessä kaikki mittaukset puolestaan tehdä yhden työntekijän voimin. 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 näkymätöntä infrapunavaloa tai ihmissilmälle näkyvää valosädettä. Tason korkeusasema havaitaan lattaan kiinnitettävän ilmaisimen avulla. Näkyvää valoa tuottavassa laserissa taso on nähtävissä ilman ilmaisintakin. Tasolaserit ovat erityisen käyttökelpoisia rakennustyömaiden mittauksissa. Kuvassa 13. on nykyaikainen taso-laser.

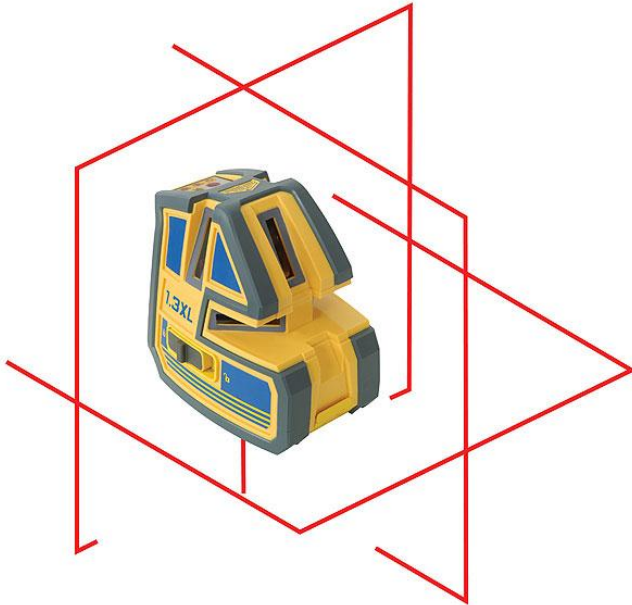


**Kuva 13.** Tasolaser (Geotrim3 2012)

### 2.5.4 Ristiviivalaser

Ristiviivalaserit ovat kehittyneet viime vuosina todellisiksi huipputyökaluiksi. Ristiviivalaserista löytyy monenkaisia toimintoja kuten itsestääntasaava heiluritoiminto joka takaa aina laitteen suoruuden. Vaaka- ja pystyviiva toimintoa voidaan käyttää joko yhdessä tai erikseen, yhdessä käytettäessä saadaan helposti muodostettua suoriakulmia. Vaaka- ja pystyviiva saadaan lukittua tiettyä kallistusta varten sille tarkoitetulla toiminnolla. Pistetoiminolla saadaan samanaikaisesti lattiaan ja kattoon

pisteet samoille kohdille. Saatavilla on myös vastaanotin pihatöitä varten, sekä alusta, jolla se saadaan kiinnitettyä esimerkiksi seinään.



**Kuva 14.** Ristiviivalaser (Geotrim4 2012)

### 2.5.5 Laseretäisyysmittari

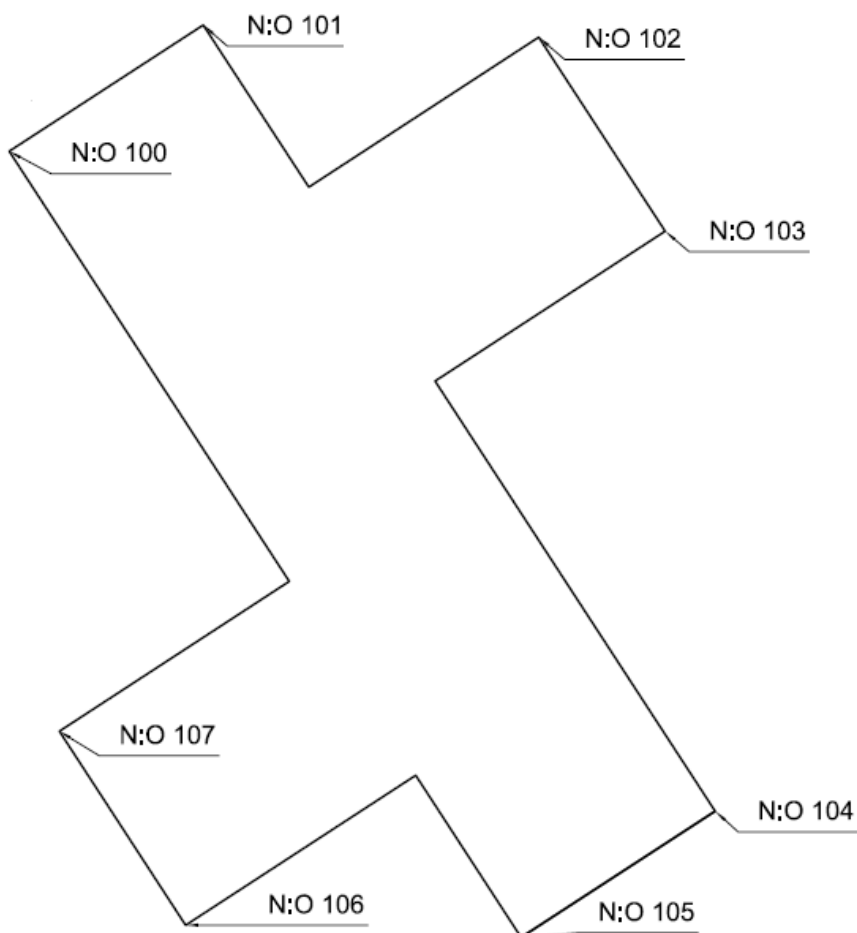
Laseretäisyysmittari on työmaan yleistyökalu, kun katsoo mitä kaikkea pieni laite voi pitää sisällään. Laseretäisyysmittarin toiminta perustuu lasersäteeseen, jolla välimatkaa mitataan. Laitteeseen on lisätty erilaisia toimintoja, joilla saadaan mitattua esimerkiksi pinta-aloja, tilavuuksia, kallistuksia, epäsuoria kallistuksia, yhteen- ja vähennyslaskuja, sekä paljon muita ominaisuuksia.



**Kuva 15.** Laseretäisyysmittari (Geotrim5 2012)

### 3 Mittaukset Lujatalon työmaalla

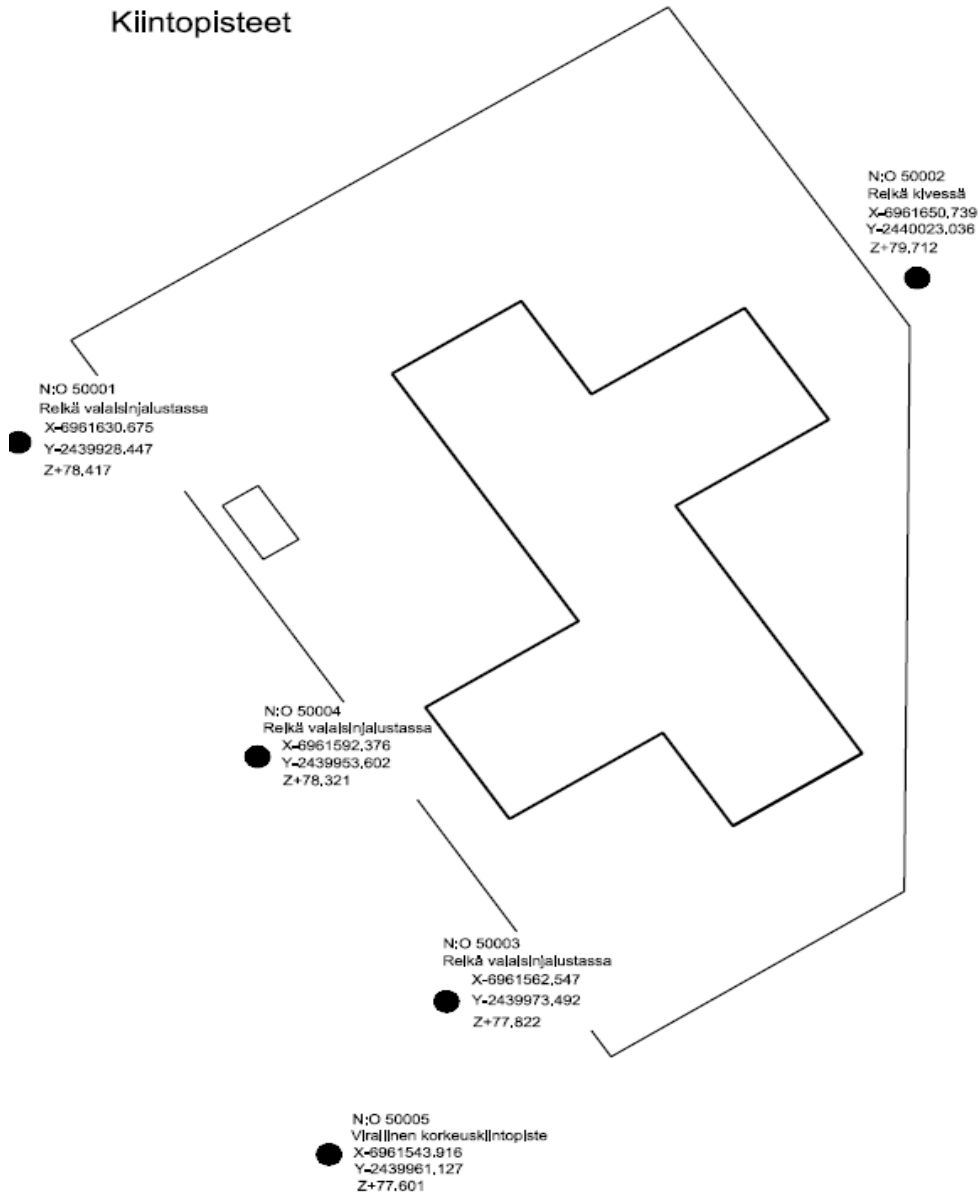
Tässä luvussa esitetyt mittaustulokset on kerätty mittamiehen rakennustyömaalla tekemistä mittauksista. Ennen projektin aloittamista oli kaupungin rakennusvalvonta on mitannut rakennuksen tiilipintojen koordinaatit. Tämän mittauksen tulokset on havainnollistettu rautalankamallina kuvassa 15.



**Kuva 15.** Rakennuksen tiilipinnan koordinaatit rautalankamallina.

Työmaalle siirrettiin rakennusprojektissa tarvittavat kiintopisteet ja korkeusasemat kaupungin rakennusvalvonnalta saatujen koordinaattitietojen perusteella. Nämä pisteet ja niiden paikat suhteessa rakennukseen on esitetty kuvassa 16.

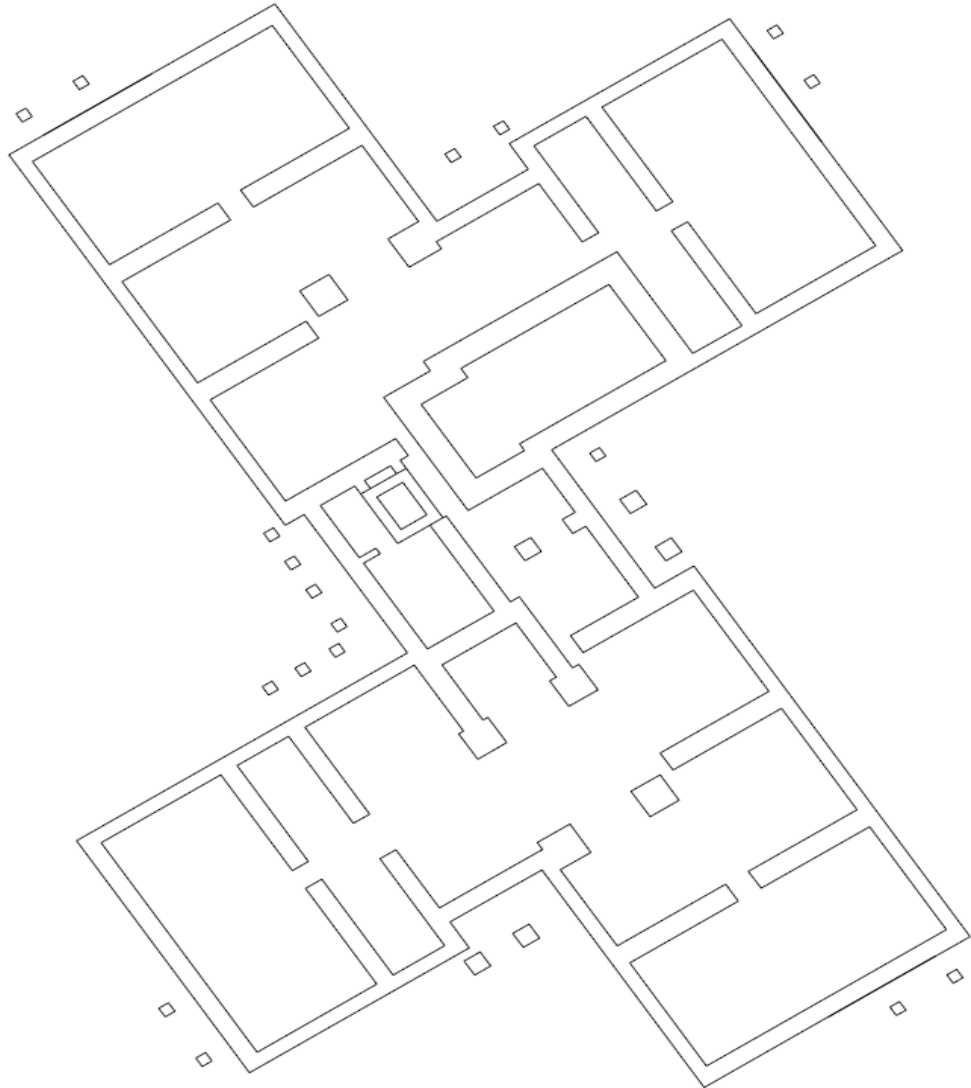




**Kuva 16.** Rakennuksen kiinto- ja korkeuspisteet

Itse rakennusprojekti aloitettiin heinäkuussa 2012 pohjatöiden osalta, missä vaiheessa mitoitetaan rakennus oikeaan paikkaan. Aivan ensimmäiseksi työmaalla suoritettiin ylimääräisen maa-aineksen poisto, jonka jälkeen aloitettiin asentamaan salaoja- ja viemäriinjoja. Koska salaoja- ja viemäriinjat jäävät piiloon, kuuluu mittamiehen työnkuvaan päivittää kyseiset linjat piirrustuksiin, että ne on mahdollista löytää helposti rakennusurakan myöhemmissä vaiheissa. Viimeksi mainitun työvaiheen jälkeen on täyttöjen aika ja siitä itse rakennuksen rakentaminen alkaa.

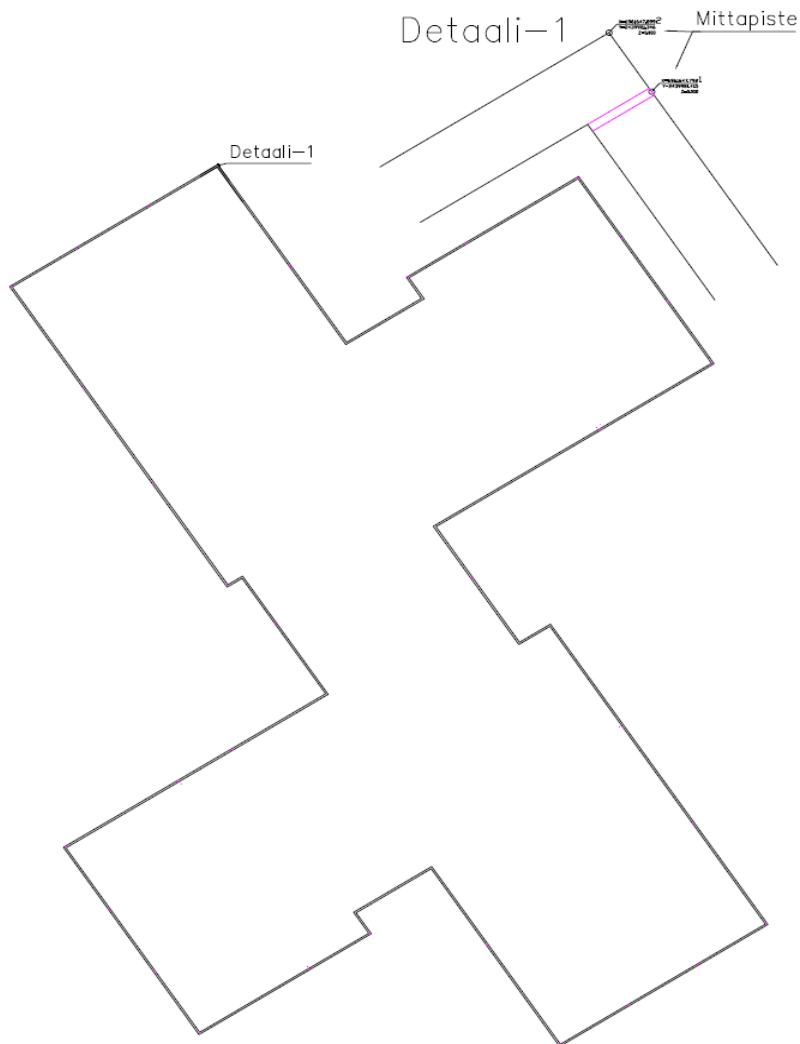
Rakennuksen perustusvaiheessa maahan merkitään paikat anturoille ja muille pilasterianturoille. Nämä työvaiheet eivät ole mittatarkkuudeltaan mitään tarkimpia töitä. Anturan päälle mittamies mitoittaa linjat ja korot sokkelielementeille ja niiden saumoille. Anturan paikalleenmitoitusta varten tehty rautalankamalli on esitetty kuvassa 17.



**Kuva 17.** Rautalankamalli anturan paikalleenmitoitusta varten.

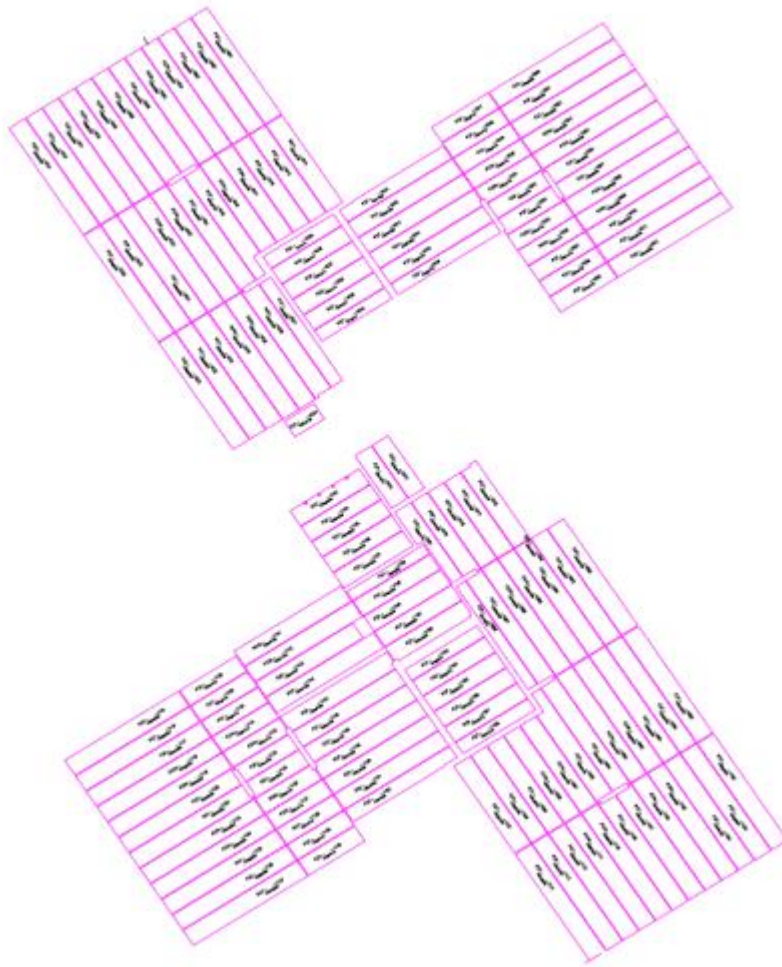
Anturan mitoituksen jälkeen seuraava merkittävä mittausta vaativa työvaihe on sokkelin paikalleenmitoitusta varten tehtävät mittaukset. Sokkelielementin suoruus pystysuuntaan on hyvä tarkastaa ennen seuraavaa työvaihetta. Sokkelielementin

suoruus tarkastetaan ja merkitään pöytäkirjaan, kuten myös sokkelin nurkat mitattiin ja todettiin suoriksi. Kuvassa 18 on sokkelin paikalleenmittausta varten tehty rautalankamalli.



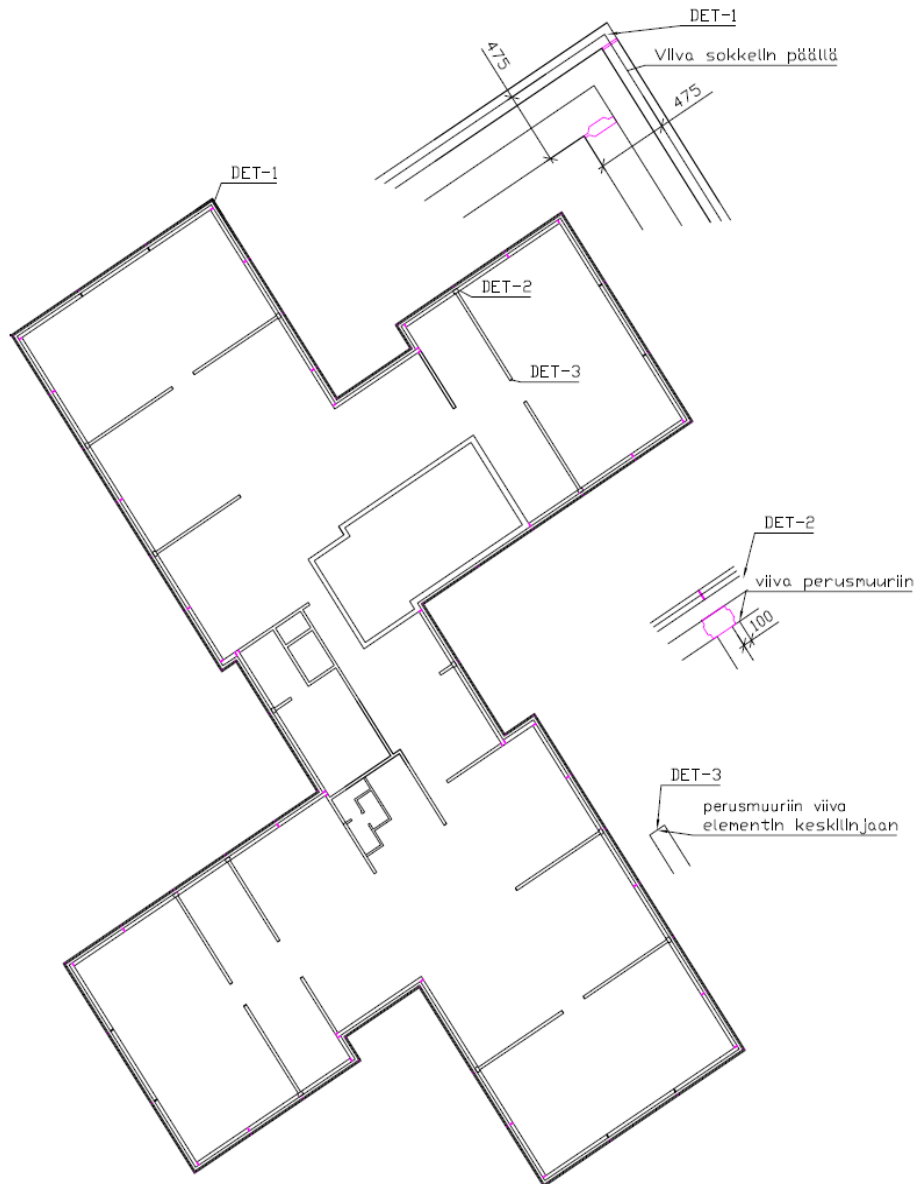
**Kuva 18.** Rautalankamalli sokkelielementin paikalleenmitoitusta varten.

Sokkelin mittauksen jälkeen seuraava mittausta vaativa vaihe oli ontelolaatojen asennuksen yhteydessä. Ontelolaatat mitattiin paikalleen takymetriä käyttäen. Alapohjan ontelolaattoja asennettaessa on niille mitattu korkeudet ja linjat, joilla voidaan seurata ontelolaataston suoruuden seuraamista. Ontelolaattojen mittauksen perusteella piirretty rautalankamalli esitettyä kuvassa 19.



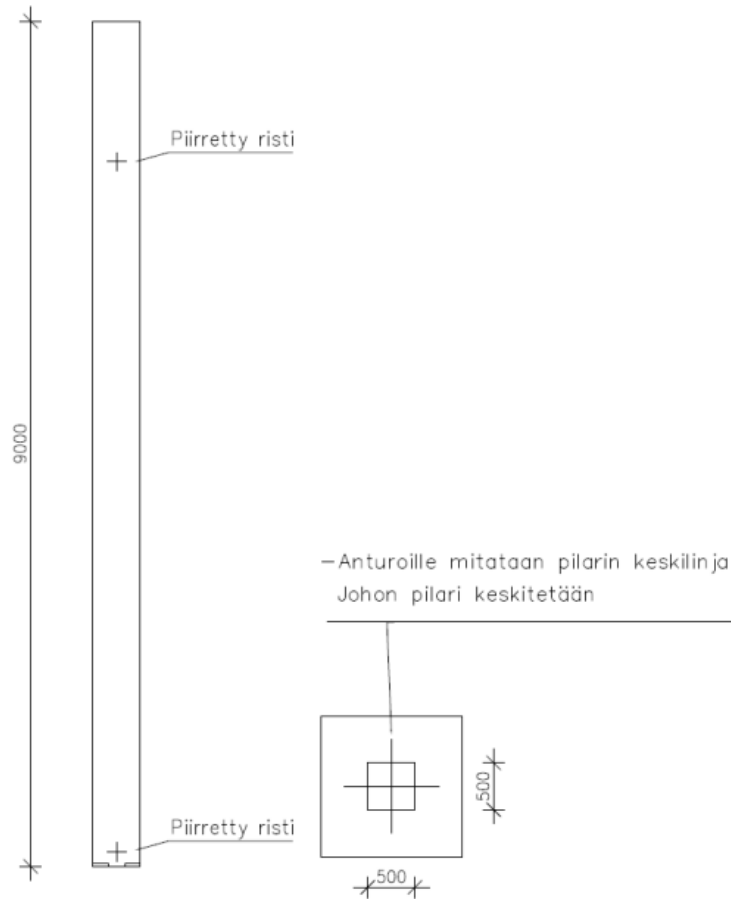
**Kuva 19.** Ontelolaattojen mittaustuloksiin perustuva rautalankamalli.

Seuraavaksi asennettavien sisäkuorielementtien linjat merkitään näkyvälle paikalle, josta asennusryhmä saa mittarimittaa käyttäen elementit niille kuuluvalla paikalle. Sisäkuorielementin suoruus tarkastetaan ristiviivalaseria käyttäen ja lukemat merkitään pöytäkirjaan. Sisäkuorielementtien rautalankamalli on kuvassa 20.

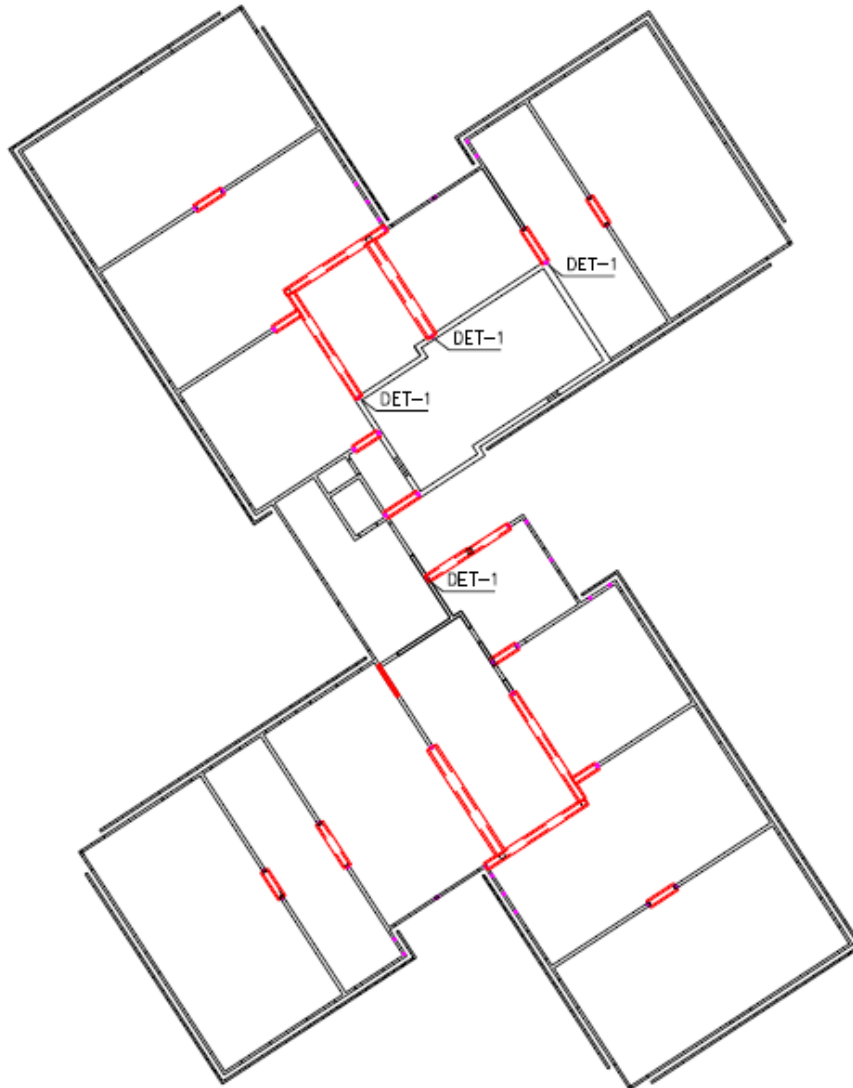


**Kuva 20.** Sisäkuorielementtien paikat rautalankamallina.

Sisäkuorielementtien jälkeen seuraava mittausta vaativa työvaihe on pilarien paikoilleenmittaus. Ennen pilarin pystytystä on niitä varten asennettu pulttikehät, joihin pilarit kiinnitetään. Pulttikehien asennus on todella tarkkaa työtä ja mittamies asentaa ne itse takymetriä avuksi käyttäen ja samalla pulttien paikat todetaan ja merkitään pöytäkirjaan. Pilarien rautalankamallit ja keskittämisohjeet on esitetty kuvassa 21.



Pilareiden asentamisen jälkeen niihin asennettiin delta-palkit. Delta-palkeille on myös asennettu joko pulttikehät tai konsolit ja näiden asentaminen on tarkkaa ja niiden paikat merkitään pöytäkirjaan. Rautalankamalli delta-palkkien mittauksesta on kuvassa 22.



**Kuva 22.** Deltapalkkien paikat rautalankamallina.

Delta-palkkien asennuksen jälkeen asennettiin toisen kerroksen ontelolaatat. Toisen kerroksen ontelolaatat asennettiin ja merkattiin samoin kuin ensimmäisenkin kerroksen. Samoin meneteltiin toisen kerroksen sisäkuorielementtienkin kanssa.

Vesikatto toteutettiin pitkää tavaraa käyttäen. Katolle merkattiin pukien linjat sekä korkeudet harjalle ja lappeelle.

Sisätyövaiheessa oli hyvin paljon erilaisia mittauskohteita, jotka mitattiin takymetrillä, koska huoneiden alat ovat asiakkaille tärkeitä eikä niissä saa tulla metrimitalla tulevia mittavirheitä, jotka mahdollisesti kertaantuvat. Lisäksi läpiviennit ovat saatava samaan linjaan, sekä kaivot oikeaan korkeuteen ja paikkaan.

Viemäriinjojen läpiviennit tulisi olla jo valmiina ontelolaatassa, mutta usein näin ei ole. Läpiviennit mitoitetaan takymetrillä, jolloin reiät ovat varmasti oikeassa paikkassa. Kaivot mitoitetaan heti oikeaan korkeuteen ja paikkaan, siten että se ei pääse siirtymään missään vaiheessa.

Väliseinä mitoittamisessa paikalleen on tärkeää että ne ovat oikealla puolen viivaa, koska rakennukseen tulee kiintokalusteita, jotka on tilattu jo etukäteen. Väliseinien suoruudet mitataan vatupassia tai ristiviivalaseria käyttäen. Tulokset merkitään pöytäkirjaan, näin saadaan väliseinien suoruus todettua. Myös huoneiden pinta-alat tarkastetaan ja laitetaan muistiin.

Mittauksien laadunvarmistus suoritettiin mittamiehen toimesta. Mittamies suoritti vaadittavat mittaukset, merkitsi ne erilliselle mittauspöytäkirjalle ja toimitti ne työnjohdolle, joka arkistoi ne mittauspöytäkirjakansioon.



## 4 Johtopäätökset

Rakennusmittaukset ovat tärkeitä rakennusurakan läpikäyntiä ajatellen, mutta myös laadukkaan työn varmistamiseksi. Tätä ennen ei ole rakennusmittaustyöhön puututtu juuri mitenkään ja rakennusmittauksien laadunvarmistus on ollut puuttellista. Tätä työtä tehdessä on saatu mittamiehelle toimintamalli miten mittaukset ja dokumentoinnit suoritetaan, miten seuraavissa rakennuskohteissa tulisi työ suorittaa. Työssä tehtiin mittauksia erilaisista rakennusosista, joista mitat dokumentoitiin. Dokumentointi on todella hyvä työkalu, koska sillä saadaan tietoon, miten mikäkin asia on tehty. Dokumentoinnilla voidaan tarkistaa asioita jälkikäteen niin, ettei itse rakennuksen osia tarvitse purkaa. Valokuvat ovat tärkeä osa dokumentointia ja vanha sananlasku, yksi kuva kertoo enemmän kuin tuhat sanaa, pitää hyvinkin paikkansa rakentamisessa.

## 5 Yhteenveto

Laadunvarmistus on tärkeä osa työmaan käytäntöä, jokaisen urakoitsijan pitäisi huolehtia itse omista laadunvarmistuksistaan, eikä tuottaa kaikkea työnjohdolla. Mittaustyössä laadunvarmistus ei ole aivan ajan tasalla, vaikka yhtiöllä on hyvät dokumentit niiden laatimiseen. Kaikki mittaustulokset jäävät mittauslaitteen muistiin, mutta ne eivät ole sieltä työnjohdon luettavissa. Laadunvarmistuksella tilaaja saa luottamuksen urakoitsijaan. Mestarityöntekijän mukaan mittaustyön dokumentointi on hyvin puutteellista, koska paperiversioita ei ole tuotu työmaan laadunvarmistuskansioon. Vaikka mittaustulokset on tallennettu koneen muistiin, se ei riitä tasokkaaseen laadunvarmistukseen ja dokumentointiin. Uskon että tämän työn tekemisellä on vaikutusta laadunvarmistuksen parantumiseen tulevissa rakennuskohteissa.

## Lähteet

Betonirakenteiden toleranssit. RT-kortti 02-10102.

Ekman V. 2010. Verkkodokumentti. <http://publications.theseus.fi/handle/10024/22445>>. Luettu 2.11.2012

Evianet. Verkkodokumentti.

[http://customers.evianet.fi/woodfocus/download.php/download/document\\_data/1006/Luku\\_4.pdf?woodfocusid=2](http://customers.evianet.fi/woodfocus/download.php/download/document_data/1006/Luku_4.pdf?woodfocusid=2)>. Luettu 2.11.2012

Geotrim1. Verkkodokumentti. <http://www.geotrim.fi/shop/spectra-precision-laser-5-2xl/?navdisp=4424>>. Luettu 2.11.2012

Geotrim2. Verkkodokumentti. <http://www.geotrim.fi/shop/trimble-tsc2-maastotietokone/?navdisp=777>>. Luettu 2.11.2012

Geotrim3. Verkkodokumentti. <http://www.geotrim.fi/shop/trimble-s6-robotitakymetri/?navdisp=955>>. Luettu 2.11.2012

Geotrim4. Verkkodokumentti. <http://www.geotrim.fi/shop/spectra-precision-1-3xl/?navdisp=4424>>. Luettu 2.11.2012

Geotrim5. Verkkodokumentti. <http://www.geotrim.fi/shop/spectra-precision-hd100/?navdisp=1107>>. Luettu 2.11.2012

Laurila P. 2008. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisuja. Rovaniemi.

Salmenperä H. 2004. Talonrakennuksen mittaukset. Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan laboratorio. Juvenes print, Tampere.

Ratu S-1198

WikmanE.4/2010.Verkkodokumentti.

[http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk410/mk410\\_1416\\_wikman.pdf](http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk410/mk410_1416_wikman.pdf)>. Luettu.2.11.2012

