

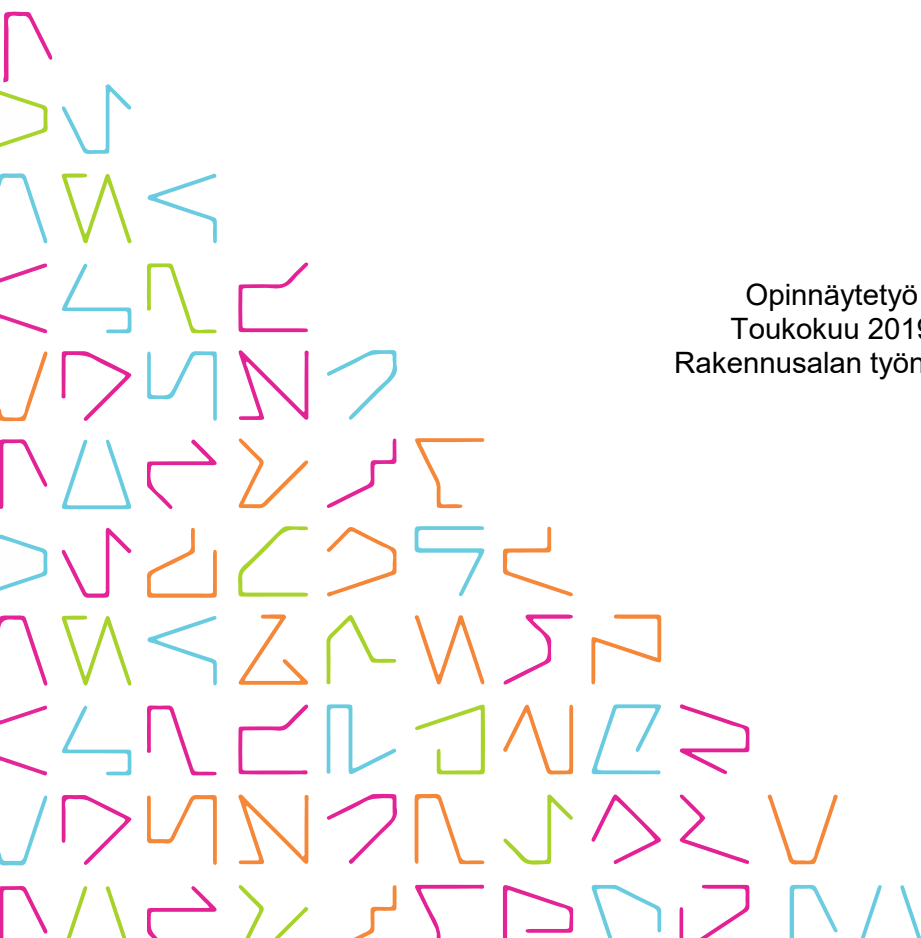


TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# Rakennusmittaustyöt takymetrillä

Ari Virtanen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2019  
Rakennusalan työnjohto



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennusalan työnjohto

VIRTANEN, ARI:  
Rakennusmittaustyöt takymetrilla

Opinnäytetyö 29 sivua, joista liitteitä 3 sivua  
Toukokuu 2019

---

Opinnäytetyön tavoitteena on toimia aloittelevan mittamiehen perusohjeena takymetrilla suoritettavissa rakennusmittaustöissä, esitellä takymetrilla mitattavan alueen koordinaatiston, eli pisteiden, linjojen ja tasojen muodostaman järjestelmän määrittämistä ja mitaamista ja mittaustyön aloitus vaiheen suunnittelua, sekä käydä yleisesti läpi takymetriä ominaisuuksia, käyttöä ja kehitystä.

Mittaustyön tärkeys sekä perusteet ja tarpeet rakentamisen eri vaiheissa olisi hyvä olla selvillä myös työnjohdolla. Tällöin olisi helpompi aikatauluttaa erilaisten rakennusosien mittaustarve sekä laatu, jolla saadaan osoitettua rakenteille tarkka sijainti.

Työssä käydään myös lyhyesti läpi rakennusvalvonnan suorittamia rakennusaikaisia työmaamittauksia. Työn laatiminen pohjautuu pitkäaikaiseen henkilökohtaiseen työkokemukseen rakennusalan mittaustehtävistä, omaan alalta suoritettuun tutkintoon vaativista rakennusmittauksista, sekä yleiseen alan kirjallisuuteen.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Site Management

VIRTANEN, ARI  
Construction Measurement Work with a Tachymeter

Bachelor's thesis 29 pages, appendices 3 pages  
June 2019

---

The goal of this thesis is to work as basic instructions for a starting measurement worker in construction measurement work that is conducted with a total station, to present the configuration and measurement of a coordinate system, a system formed from points, lines and planes, of an area measured with a total station, planning of the opening phase of the measurement work, and to generally go through the qualities, use and development of stations.

The importance of measurement work as well as basics and needs at the different stages of construction work would be good to be clear also to the work management, thus it would be easier to schedule the measurement need for the different construction parts, and the quality that establishes the exact for the frameworks.

In this thesis the construction site measurements conducted by the construction supervision are briefly reviewed.

The compilation of this thesis is based on long-time personal working experience in measurement work in the construction industry, own construction measurements required for a degree in the field, and in general literature in the field.

---

Key words: coordinate system, measurement work, total station

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	RAKENNUSMITTAUKSET .....	7
	2.1. Rakennuksen viranomaismittaukset.....	7
	2.2. Rakennustyömaan koordinaatisto .....	8
	2.2.1 Peruspisteet .....	9
	2.2.2 Tihennyspisteet .....	11
	2.2.3 Käyttöpisteet.....	11
	2.2.4 Korkopisteet .....	12
	2.2.5 Koordinaattien laskenta .....	12
	2.3. Mittausten suunnittelu ja toteutus.....	13
	2.3.1 Takymetrin orientointi .....	14
	2.3.2 Mittaus.....	15
	2.3.3 Mittavirhe.....	16
3	Takymetri .....	18
	3.1. Takymetrimittauksessa käytettävä kalusto .....	21
	3.1.1 Tasolaser.....	23
	3.1.2 Ristiviivalaser.....	23
	3.1.3 Laseretäisyysmittari.....	24
4	POHDINTA .....	25
	LÄHTEET .....	26
	LIITTEET .....	27
	Liite 1. Modulimitoitus.....	27
	Liite 2. Pisteselityskortti .....	28

TAKYMETRI	Vaakasuuntia, pystykulmia ja etäisyyksiä mittaava laite, joka koostuu teodoliitin ja elektro-optisen etäisyysmittarin yhdistelmästä
ROBOTTITAKYMETRI	Mittalaite sisällytettynä automaatiolla, joka mahdollistaa laitteen etäkäytön
ORIENTOINTI	Mittalaitteen sijainnin määrittäminen käytettävässä koordinaatistossa, tunnettujen liitospisteiden avulla
PRISMA	Heijastin, joka palauttaa takymetriltä lähetetyn signaalin takaisin mittalaitteelle
PRISMATARRA	Mittaussäteen heijastava tarra, johon voidaan mitata sijainti uudelleen käyttöä varten
KALIBROINTI	Mittalaitteen tarkkuuden ja oikeellisuuden määrittäminen
KOORDINAATIT	Koordinaatit ovat lukuarvoja, joiden avulla voidaan määrittää sijainti.
EUREF-FIN	Suomen uusi, valtakunnallinen koordinaattijärjestelmä.
GNSS	Global Navigation Satellite Systems. Kaikkien satelliittijärjestelmien yhteisnimitys.
N2000	Suomen uusi korkeusjärjestelmä

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui takymetrimittaus, koska kirjoittajalla on työkokemusta erilaisten rakennusten, teollisuus, asuin sekä liikerakentamisesta ja työtehtävistä näiden rakentamiseen sekä mittaamiseen liittyen. Myös aiemmin hankittu erikoisammattitutkinto sekä työkokemus vaativista rakennusmittauksista sekä takymetrillä mittaamisesta antoi selvän suunnan aiheen valinnassa.

Työssä sivutaan mittamiehen nykyisiä työtehtäviä tietokoneavusteiseen mittaukseen liittyen. Tietokoneavusteinen sähköisten kuvien käsittely on olennainen osa nykyaikaista takymetrillä suoritettavaa mittaustyötä.

Rakennustapaohjeet ohjaavat usein nykyään monimuotoiseen sekä monimutkaisiin rakennusratkaisuihin. Silloin kun mitat työmaalla eivät enää ole suorakulmaisia, takymetri mittaus on ehdottomasti nopein ja käytännöllisin mittaustapa.

## 2 RAKENNUSMITTAUKSET

### 2.1. Rakennuksen viranomaismittaukset

Rakentamiseen liittyvät inventointivaiheen mittaukset, joiden perusteella muodostetaan alueiden käytön suunnitelma eli kaava. Tässä samassa yhteydessä rakennetaan mitattavalle alueelle runko sekä korkeuskiintopisteverkko.

Viranomaisten suorittama paikalleen laskenta tapahtuu kunnan käyttämän koordinaattijärjestelmän mukaisilla koordinaateilla ja tapahtuu yleensä hyväksytyt asemapiirustuksen mukaan, jolloin työmaalla on huomioitava, että mitat saattavat olla eri kuin rakennuksen pohjapiirroksessa.

Rakennusluvan myöntämisen jälkeen kunnan mittausviranomaiset (kuva 1) huolehtivat rakennuksen virallisen paikan ja korkeusaseman merkitsemisestä, joko kiintopisteisiin tai rajamerkkeihin perustuen. Rakennusluvassa määriteltyyn paikkaan, merkintämittauksen ajankohta kannattaa valita niin, että rakennusala on raivattu, sekä pintamaa kuorittu ja mahdollinen sorapatja täytetty ja tiivistetty. Merkintä on aina erikseen tilattava.



KUVA 1. Rakennuksen nurkkapisteen ja korkeusaseman merkitsemistapoja, (kuva Ari Virtanen)

Rakennuspaikalle merkityjä rakennuksen nurkkapisteitä on oikea-aikaista hyödyntää rakentamisessa heti, kun ne on toimitettu. Tällöin voidaan samanaikaisesti suorittaa koordinaatiston suunnittelu ja rakentaminen sekä mittaus. Peruspisteisiin voidaan vielä myöhemmin lisätä pisteitä käyttämällä esimerkiksi vapaan asemapisteen menetelmää.

Rakennuksen sijainnin tarkistus tapahtuu yleensä perustusten valmistuttua. Sijaintikatselmuksessa rakennuksen nurkkapisteet kartoitetaan ja mitataan korkeusasema. Tällä varmistetaan, että rakennus on luvan edellyttämässä paikassa. Sijainnin tarkistus, suoritetaan kunnan omien käytäntöjen ja rakennusluvan vaatimusten edellyttämällä tavalla. Rakentamista ei yleensä saa jatkaa ennen tarkistuksen suorittamista.

## 2.2. Rakennustyömaan koordinaatisto

Työmaan koordinaatiston eli mittaus rungon mittausprosessi suoritetaan pisteiden linjojen ja tasojen muodostaman järjestelmän määrittämiseksi ja mittaamiseksi. Järjestelmää hyödynnetään rakennuksen sekä elementtien tarkan sijainnin määrittämiseen leveyskoordinaatin, pituuskoordinaatin ja korkeuskoordinaatin avulla. Rakennustyömaalla ovat yleisesti käytössä avaruuskoordinaatit (X, Y, Z). Rakentamisessa käytettävien erilaisten pisteiden tarve on yleensä riippuvainen työmaan koosta ja muodosta, sekä käytettävissä olevasta tilasta, rakennusmenetelmistä ja pystytysjärjestyksestä.

Yleensä rakennetaan kolmitasoinen hierarkkinen järjestelmä, jolla on seuraavanlainen mittaamisjärjestys sekä keskinäinen yhteys.

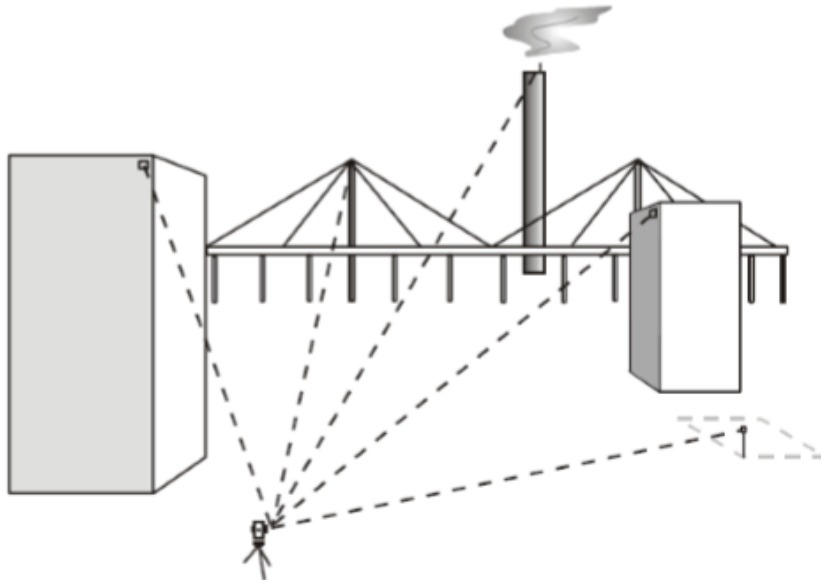
1. Peruspisteet, jotka kattavat yleensä koko työmaan ja niitä käytetään arvoasteikossa alempien pisteiden lähtöpisteinä. Peruspisteiden mittaamiseen käytetään lähtöpisteinä viranomaisen toimittamia nurkkapisteitä.
2. Tihennyspisteet, joilla määritellään rakennuksen tihennyslinjat, moduulilinjojen tai rakennusosien suuntaisesti. Tihennyspisteiden mittaamiseen lähtöpisteinä käytetään peruspisteitä
3. Käyttöpisteet, joilla määritetään rakennuksen yksittäisen osan tai elementin sijainti. Käyttöpisteiden mittaamiseen käytetään joko tihennys tai peruspisteitä

(4) Korkopisteet ovat lähtökohtaisesti myös peruspisteitä, joille on määritelty myös korkeus asema.



### 2.2.1 Peruspisteet

Peruspisteiden paikan valinnassa on varmistettava niiden käytön mahdollisuus koko rakennustyön ajan. Ne on asennettava niin etteivät ne pääse liikkumaan tai tuhoutumaan rakentamisen aikana. Tähtäyslinjojen säilyttäminen esteettömänä on myös varmistettava. Tähän tarkoitukseen voidaan mahdollisuuksien mukaan järkevästi sijoittaa jo olemassa oleviin rakennuksiin, siltoihin, kallion seinämiin, sekä tukeviin liikkumattomiin valo- sekä sähköpölväisiin tarra tai seinäpisteitä (kuva 3) niiden riittävällä määrällä ja sijaintien esteettömyydet huomioiden rakennetaan tarpeeksi kattava pisteverkko, jotta takymetri saadaan orientoitua vapaan asemapisteen menetelmällä aina haluttuun paikkaan (kuva 2).



Kuva 2. Takymetrin orientointi (vapaa asemapiste) peruspisteverkosta (kuva Saimaan ammattikorkeakoulu, täydennys ja kehityspalvelut).



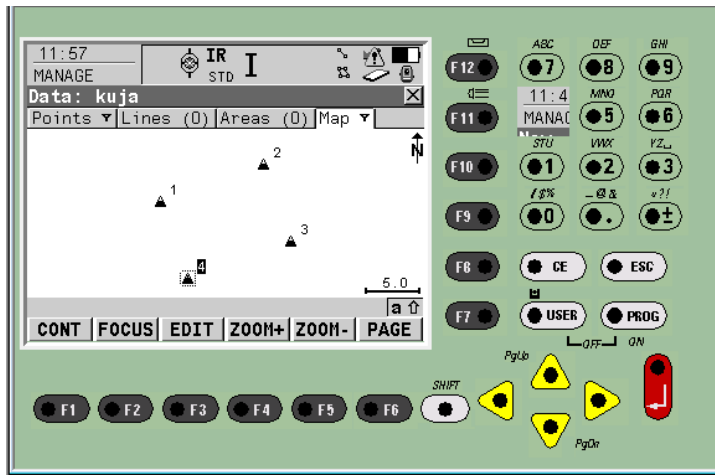
Kuva 3 Kiinto- pisteiden heijastin tarramerkintää (kuva Ari Virtanen)

Työmaalle valitaan oma erilliskoordinaatisto, johon peruspisteet mitataan, sekä liitetään virallisen runkoverkon pisteet työmaa koordinaatistoon mittaamalla. Käytettävä koordinaatisto valitaan yleensä rakennuksen moduulilinjojen suuntaiseksi, origo määritellään muuksi kuin 0,0 jolloin rakennusalueen koordinaatistossa pysytään positiivisessa koordinaatistossa, näin toimien ei mennä negatiiviselle puolelle, joka voisi aiheuttaa ongelmia mittauksissa sekä käytettyjen ohjelmistojen välillä. Yleisesti käytetään koordinaatteja X= 200,000 ja Y= 500,000 sekä Z= käytetty korko.

Nämä koordinaatit on tavallisesti annettu joko rakennuksen nurkkapisteelle tai valitulle moduuliristeykselle. Suunnittelijan käyttämää koordinaatistoa voidaan myös käyttää työmaakoordinaatistona, jolloin tiedonvälitys suunnittelijan ja työmaan välillä helpottuu.



Kuva 4. (200,500,0) lähtöpisteen määrittämisen jälkeen suoraan sähköisellä mittausohjelmalla DWG kavalta "poimitut" koordinaatit. (kuva Ari Virtanen)



Kuva 5. Edellisen ”poiminnan” koordinaatit syötettynä Leica TPS 1200 mittalaitteelle, mittalaitteen karttanäkymässä (kuva Ari Virtanen).

### 2.2.2 Tihennyspisteet

Tihennyspisteiden kautta kulkevia tihennyslinjoja käytetään käyttöpisteiden paikalleen mittaamiseen. Arkkitehdin pohja, alakatto ym. piirustuksia apuna käyttäen voidaan suunnitella tihennyspisteiden tarve ja sijainti.

Usein tihennyspisteet merkitään moduulilinjojen risteykseen, tai määrätäisyyden päähän moduuliristeyksestä. Pisteiden järkevällä sijoittamisella ja merkintätavalla vähennetään mittauksen määrää rakentamisen edetessä.

Tihennyspisteet on mitattava siten, että tarkastusmittojen ottaminen esim. mittanauhalla on mahdollista.

### 2.2.3 Käyttöpisteet

Käyttöpisteillä osoitetaan rakennuksen osien, sekä yksityiskohtien kuten paikallavalujen, seinälinjojen ja elementtien sijainti. Ne mitataan paikalleen joko tihennyspisteiltä tai suoraan peruspisteiltä. Jos mitataan suoraan peruspisteiltä, on suositeltavaa lisäillä mittamalla aina joitakin tihennyspisteitä, myöhemmin mitattavia käyttöpisteitä sekä tarkastusmittauksia varten.

### 2.2.4 Korkopisteet

Työmaan korkeuden käyttöpisteiden mittaukseen käytetään lähtöpisteenä korkeustihennyspistettä sekä korkeusperuspistettä, joka voi olla myös tasopisteiden määrittämiseksi peruspisteiltä mitattu ja kartoitettu sekä tallennettu vapaa asemapistee.

Korkeuskiintopisteet, joita yleisesti työmaalla käytetään, ovat:

- viralliset korkeuskiintopisteet
- korkeus/peruspisteet
- korkeustihennyspisteet.

### 2.2.5 Koordinaattien laskenta

Lähes jokainen takymetrimittauksiin liittyvä laskenta suoritetaan nykyään pääasiassa tietokoneella sekä ohjelmistoilla, jotka käsittelevät oikeanlaista tiedostomuotoa ja tiedon siirto mittalaitteille tapahtuu pääsääntöisesti digitaalisessa muodossa olevista sähköisistä piirroksista, nämä ovat tiedostomuotoa joko (DWG/DXF tai IFC).

Mittamiehelle päivitetään nykyään kaikki ajantasaiset suunnitelmat joko sähköpostin tai projektipankkien kautta. Nämä suoraan suunnittelijoilta tulevat kuvat sisältävät yleensä kaiken suunnittelutiedon, eivätkä ainoastaan pientä rajattua osaa kokonaissuunnitelmasta, joita paperiset tulosteet käytännössä ovat.

Ohjelmoitavat laskimet ovat edelleen pienimuotoisessa käytössä ja halvempi ratkaisu, joskin hidas ja virhealtis verrattuna varsinaiseen sähköiseen mittaus ohjelmaan, molemmat tietenkin vaativat osaavan käyttäjän tai mahdollisen koulutuksen ja perehdytyksen ohjelmistojen hyödyntämiseen laskennassa.

Laskimen käytössä esiintyvät näppäilyvirheet ovat laskimella suoritettavassa laskennassa riskinä ja inhimillinen virhe on aina mahdollinen. Kuitenkaan pienemmissä projekteissa ei aina ole syytä valita taloudellisesti kaikkein kalleinta vaihtoehtoa.

### 2.3. Mittausten suunnittelu ja toteutus

Ennen työmaan mittausrunгон eli koordinaatiston suunnittelua on perehdyttävä kaikkiin sähköisiin sekä paperisiin rakennussuunnitelmiin. Tästä vaiheesta alkaen on myös pyrittävä heti löytämään mahdolliset virheet ja ristiriitaisuudet kaikista suunnitelmista.

- pisteselityskortit runkopisteiden paikallistamista varten
- asemapiirros
- pohjapiirrokset sekä leikkaukset
- rakenne, lvi, sähköpiirustukset
- julkisivupiirustukset
- reikäkuvat eli mahdolliset varaukset
- suunnitteluohjeet sekä työselitykset
- työmaasuunnitelma

Näistä lähtötiedoista hahmotellaan työmaan koko ja muoto, sekä selvitetään:

- Suuntahavaintojen avoimet linjat, jolloin vapaan kojeaseman mittaus on mahdollista.
- Järjestelmä eli moduulilinjat.
- Mahdolliset ohjeet paikalleen sekä tarkemittaukseen.
- Kuviteltavissa olevat rakentamisen aikaiset häiritteijät ja muut esteet mittauksille.
- Mittauksen laadunvarmistaminen, johon oleellisesti liittyy käytettävä ammattitaitoinen henkilöstö, mittauskalusto, mittausten dokumentointi, sekä laskentaohjelmat, on myös varmistettava, että mittaajalla on aina viimeisimmät versiot suunnitelmista sekä piirustuksista käytettävissä eli yhteydenpito sekä piirustusten jatkuva päivitys suunnittelijan sekä mittaushenkilön välillä on oltava toimivaa.

### 2.3.1 Takymetrin orientointi

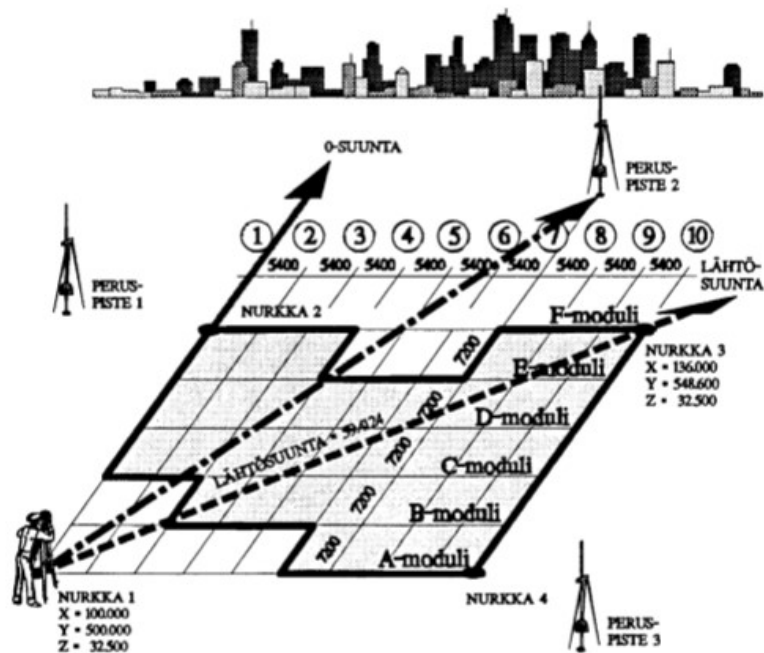
Takymetrin orientointi on mittalaitteen sijainnin määrittämistä valitussa koordinaatistossa. Sijainnin määrittäminen suoritetaan joko tunnetulle tai vapaalle asemapistelle.

Laitteen orientointi tunnetulle pisteelle tapahtuu kojeen pystyttämällä, keskittämällä ja tasaamisella pisteen yläpuolelle joko optisen, riippu- tai laserluodin avulla.

Jalustan pystytyksessä on huomioitava, että se tapahtuu tukevasti ja oikealle korkeudelle mittaajaan nähden, alustavasti jalkojen pituutta säätämällä, sekä niin tarkasti pisteen päälle, että takymetri voidaan keskittää ja tasata mittalaitteen pakkokeskitysalustan säätöruuvien avulla, joilla suoritetaan tasauksen hienosäätö ja pakkokeskitysalustan keskusta keskitetään maassa olevan pisteen päälle.

Näiden alustavien toimien jälkeen kiinnitetään takymetri ja suoritetaan mittauksen alustus, käynnistetään mittalaite, jonka jälkeen suoritetaan kojeen kompensattori-tasaus, syötetään kojeelle mittalaitteen mittanauhalla mitattu korkeus sekä prisman korkeudet / käytetty prismavakio ja sääkorjaus, tämä toiminto on ilmanpaineen sekä lämpötilan laskeutukseksi ja löytyy yleensä takymetreilta.

Tämän jälkeen suoritetaan suuntahavainto vähintään yhdelle tunnetulle ns. Liitospisteelle mittaamalla, näin piste sidotaan tunnettuun koordinaatistoon.



Kuva 6. Esimerkkikuva peruspisteverkosta (kuva M-Mies Oy)

Vapaan asemapisteen orientoinnissa koje pystytetään mittauksen kannalta edullisimpaan vapaasti valittuun paikkaan. Kojeen pystytyksen jälkeen suoritetaan liitoshavainnot vähintään kahdelle tunnetulle pisteelle, joiden koordinaatit on valmiiksi syötetty mittalaitteen muistiin, havainnoista koje laskee asemapisteen sijainnin koordinaatit sekä korkeusaseman automaattisesti sekä suorittaa orientoinnin vaakakehän koordinaatiston pohjoissuunnan suhteen. (Ylimääräiset havainnot sekä mahdollinen GPS-paikannus ja tukiasemat parantavat orientoinnin tarkkuutta ja hahmottavat mahdollista sijainti virhettä). Tämän jälkeen voidaan aloittaa varsinaisen mittaustyön.

### 2.3.2 Mittaus

Mittausperustana taso ja korkeus sijainnin määrittämisessä lähtötietoina tarkkuusluokan vaatimusten mukaan toimii joko runkomittauksilla rakennettu valtakunnallinen kiintopisteverkko eli E1-E3- luokan kolmiopisteet, joille on mitattu EUREF-FIN koordinaatit. Korkeusjärjestelmänä on N2000 sekä kuntien omat taso ja korkeusrunkomittaukset, tai yleisesti rakennusmittauksissa käytetty tontille ja tai ympäristöön luotu työmaan oma pisteverkosto, joka on kuitenkin sidottu valtakunnallisiin tai kunnan merkitsemiin pisteisiin.

Rakennusmittausta sekä rakennusosien paikantamista helpottaa rakennusosille pääsuunnittelijan tai rakennesuunnittelijan laatima moduulijärjestelmä (Liite 1). Moduulilinjat kohdennetaan kaikille kantaville rakenteille. Pohja, leikkaus sekä detaljipiirrokset ovat yleensä aina sidottuna moduulilinjoin.

Suurimmissa rakennusyhtiöissä on yleensä käytössä projektipankit. Suunnittelijoiden laatimat mitoitusliitteet liitetään ja päivitetään suoraan projektipankkiin DWG- muodossa, näin mittamiehellä on aina viimeisin versio suunnitelmista käytössään. Näitä suunnitelmia mittamies hyödyntää käytössä olevan rakennusmittausohjelman avulla (esim. AutoCad, MicroStation, Tekla, Mmies, 3D-Win).

Suuri osa mittamiehen päivittäisestä mittaustyöstä tapahtuu toimistossa tietokoneella. Mittamies luo sähköisistä suunnitelmista yleensä aina oman riisutun version ja hyödyntää kuvalta ainoastaan kulloisenkin rakennusvaiheen aikaisia mitoituksia, poimii erillisten rakennusosien sijainteja yleensä yksittäin, kohteesta riippuen projektin aikana jopa satoja kertoja.

Näitä jatkokäsiteltyjä tiedostoja ladataan käytössä olevan takymetrin tai robottitakymetrin tietokoneelle, minkä jälkeen mitat siirretään ja merkitään työmaalle ja mittaustiedot tallennetaan.

Toimistotyötä mittamiehellä lisää se, että takymetrille tallennettuja mitattuja tiedostoja on muutettava yleensä vielä uudestaan niin että niistä saadaan oikean muotoista formaattia, sekä suunnittelijoiden tarpeisiin, mittausten laadunvalvontaan ja tarkastusmittausten dokumentointiin työselostuksissa määritellyllä tavalla.

### 2.3.3 Mittavirhe

Virheetöntä mittausta ei ole olemassa. Mittaus suoritetaan ainoastaan siihen vaikuttavien tekijöiden suomalla tarkkuudella.

Takymetrin oikeellisuuden testauksessa eli kalibroinnissa pyritään selvittämään ja säilyttämään mittalaitteen alkuperäinen mittatarkkuus sekä saamaan selville mittatarkkuuden muutokset.

Jokaisessa mittalaitteessa on valmistusmenetelmistä johtuvia poikkeamia sekä rakennevirheitä, yleisimpinä voi mainita takymetrin akseliston virheisiin kuuluvat jakokehien jaotusvirheet, kehien sekä akselien epäkeskisyydet, myös akselien välisissä kulmaehdoissa esiintyy poikkeamia.

Laitteen virheen minimoinnissa käytetään yleisesti mittauksessa kahden kojeasennon havaintosarjoja mittaamalla useampia suuntia ja matkoja eri tähyksiin, tämän jälkeen lasketaan havaintosarjojen suunnan keskiarvo, poikkeamat yhdelle suunnalle sekä matkalle lasketaan vakio sekä keskipoikkeamasta. Havainnon virhe on sen ja suureen oikean arvon välinen erotus (Laurila 2010, 35)

Mittauksen tärkeimpiä tehtäviä on virheiden minimointi. Virheiden kolme perustyyppiä takymetrimittauksessa ovat: systemaattinen, satunnainen ja karkea virhe.

#### Systemaattinen virhe

- toistuva samansuuruinen jokaisessa mittaustuloksessa (esim. väärä prismavakio)

#### Satunnainen virhe

- mittauksen toistoissa vaihtelua mitatuissa arvoissa



(esim. mittaaja tai mittalaite vaihtuu)

Karkea virhe

- Mittausarvoissa huomattava poikkeama  
(esim. lähtötiedot väärin tai koje on liikkunut asemoinnin jälkeen paikaltaan, huolimaton tasaaminen)

### 3 Takymetri

Mittamiehen yleis- mittauskalustona toimivat manuaalinen tai robottitakymetri sekä sähköinen mittausohjelma, nykyisin tarjolla olevat takymetrit voidaan valita tietyn tyyppisiin mittaustehtäviin, lähinnä käyttötarkoituksen ja hinnan mukaan.

Rakennusmittauksissa yleisesti käytetään luokituksestaan kaikkein halvimpia ja epätarkimpia laitteita. Siltä näilläkin mittalaitteilla päästään millimetri tason mittauksiin satojenkin metrien etäisyyksillä.

Takymetri on kulman ja etäisyyden mittauskoje, jolla voidaan mitata säteittäisesti eli polaarisesti pysty ja vaakakulmia sekä etäisyyksiä kojeeseen nähden. Vaikka laitteet toimivat säteittäisessä koordinaatistossa nykyiset mittalaitteet laskevat automaattisesti mitaustiedoista pisteille sijainnit ja matkat suorakulmaisessa koordinaatistossa mittalaitteiden ohjelmistojen avulla.

Takymetrimittauksessa kulmayksikkönä käytetään uusastejaon kulmayksikköä (gon), täysi ympyrä on 400 gon, oikokulma 200 gon ja suorakulma 100 gon, näin ympyrä on jaettu useampaan osaan kuin asteissa.

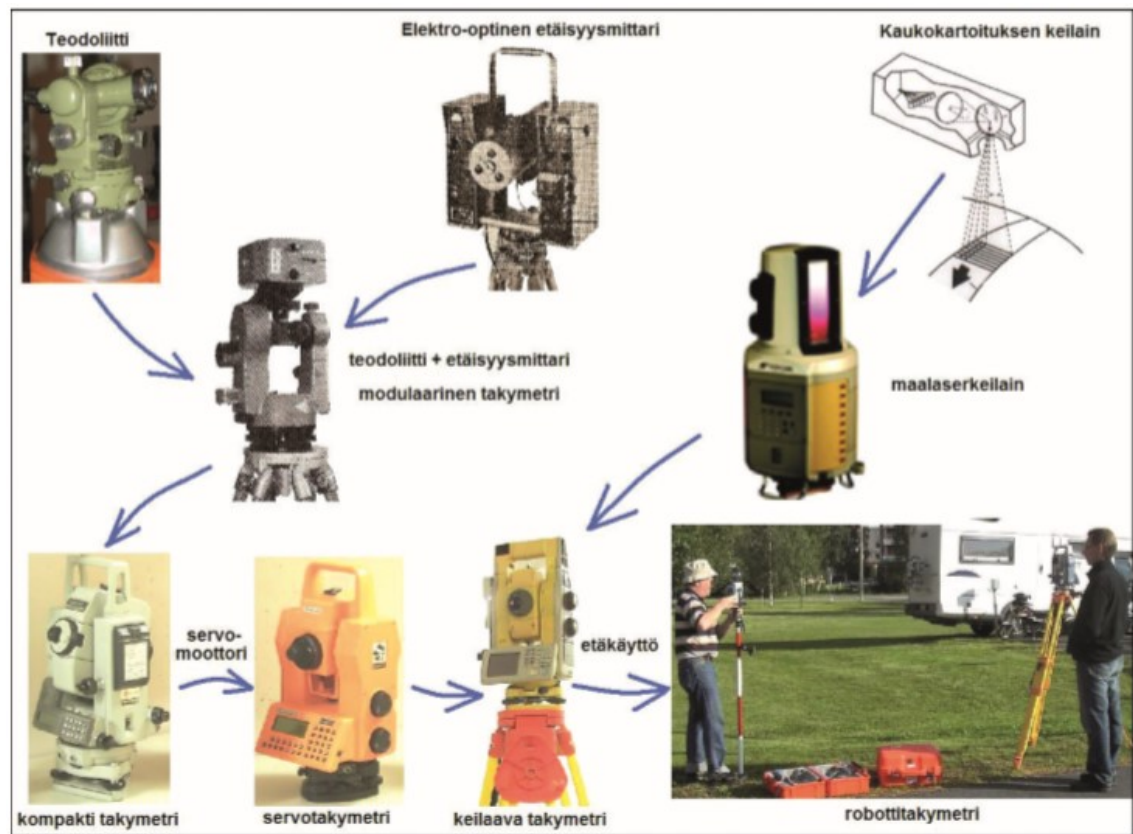
Ennen robottitakymetriä yleistyminen takymetrillä mittaaminen työllisti aina kaksi henkilöä, toinen mittaaja kuljetti prismasauvaa ja suoritti merkinnät, mittalaitteella työskennelleen ohjeistuksen mukaan.

Uudenaikaisilla robottitakymetreillä lähes kaikki paikalleen mittaaminen hoidetaan yhdellä mittaajalla ja laitteen ohjaus tapahtuu etäkäyttöohjaimella laitteiston prismapäästä.

Takymetreistä on tullut monien mahdollisuuksien laitteita, nykyään kalleimpiin takymetreihin sisällytetään lukuisia eri tietoteknisiä ominaisuuksia sekä ohjelmistoja.

Miltei kaikki mittalaitteet tallentavat jo automaattisesti suoritettuja mittauksia sähköiseen muotoon, lisäksi joillain mittalaitteilla voidaan skannata sekä videokuvasta ohjata mittauksia, sekä kuvata ja jälkikäteen suorittaa mittauksia suoraan kuvasta sekä laserkeilata mitattavaa kohdetta.

Nykyaikainen perustakymetri on teodoliitti, johon on yhdistetty elektro-optinen etäisyysmittari. Laitteen tasaus ja keskitys suoritetaan samoin kuin teodoliitin. Myös suuntaus ja hienosäädöt tapahtuvat kuten teodoliitissa. Lähes kaikki nykyiset takymetrit tallentavat ja kirjaavat suoritettavat havainnot automaattisesti, sekä suorittavat moninaisia laskutoimituksia (Hannu Salmenperä 2004, 49)



Kuva 7. mittalaitteen kehitys teodoliitista servomoottorilla ja etäkäytöllä varustetuksi robottitakymetriksi (kuva Laurila 2012, 274)

Kehittyneimmät ja kalleimmat tämän hetken mittalaitteet ovat eräänlaisia hybridejä, yhdistelmiä 3D-laserkeilaimesta sekä takymetristä. Mittauksen kulmatarkkuuden ollessa niinkin hyvä kuin  $1\text{ mm}+1.5\text{ ppm}$  (prismaan). Mittauksen lisäksi kosketusnäyttöiset laitteet tuottavat ja tallentavat kameran kuva-aineistoa suoraan koordinaatistossa.

Joihinkin laitteisiin saadaan yhdistettyä GNSS- satelliittipaikannus, joka hyödyntää sekä GPS ja Glonass sekä muita satelliittijärjestelmiä, tämä nopeuttaa mittalaitteen käyttöön-ottoa koska asemoinnissa voidaan hyödyntää saman aikaisesti sekä tunnettuja pisteitä sekä satelliittipaikannusta lisättynä ns. Differentiaalisella paikannuksella, jossa sijainti

tarkkuutta parannetaan yleisien tukiasemien ja eri palveluntarjoajien tietoliikenneyhteyksien kautta.

Servolaitteissa on usein lisäksi automaattinen prisman tunnistus, haku sekä prismaan lukittuva seuranta. Lähes kaikista laitteista löytyy nykyään myös prisman etäisyydenmittaus.

Jokaisella laitevalmistajalla on omaa laiteteknologiaa ja laitekohtaisia erikoisohjelmistoja, jotka soveltuvat moniin eri mittaustarkoituksiin.



**Trimble SX10**  
Keilaintakymetri



**Trimble S9 / S9 HP**  
Robottitakymetri



**Trimble S7**  
Robottitakymetri



**Trimble S5**  
Robottitakymetri



**Trimble C5**  
Manuaalitakymetri

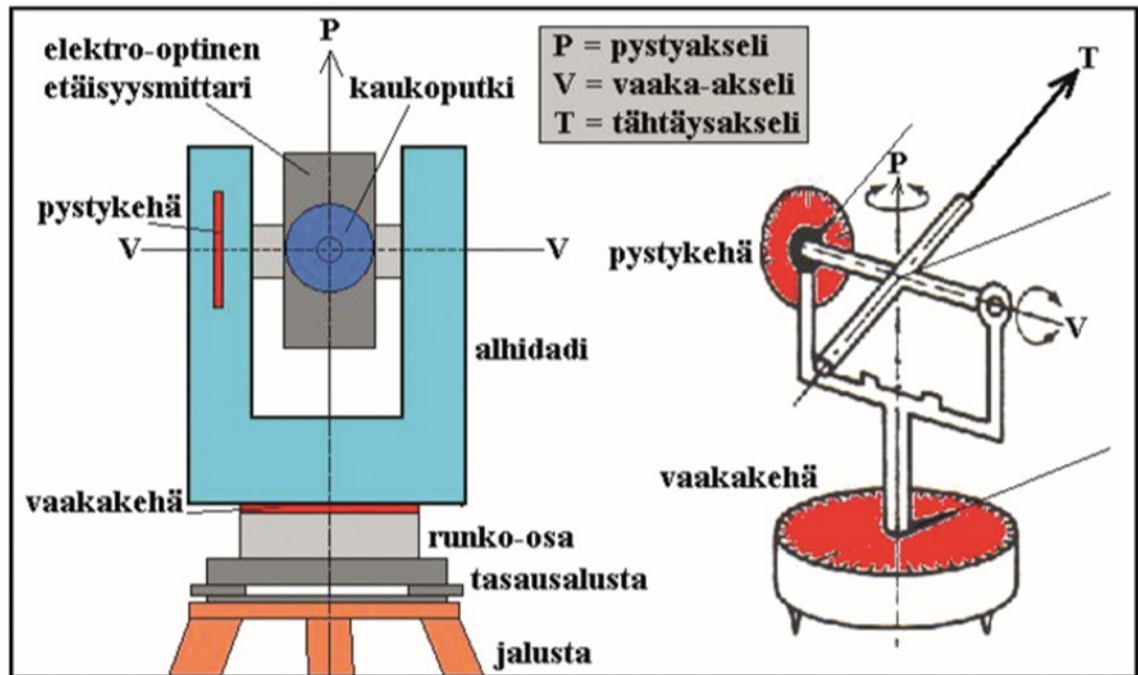


**Trimble C3**  
Manuaalitakymetri

Kuva 8. Nykyaikaisia robottitakymetrejä sekä manuaalisia yleistakymetrejä (kuva Geotrim 2019)

Takymetri koostuu seuraavista osista: tasaasalusta eli niin sanottu pakkokeskitys alusta, runko-osa, alhidadi, mittauskaukoputki sekä elektro-optinen etäisyysmittari. Tasaasalustalla koje kiinnitetään jalustaan, jona toimii normaalisti kolmijalka. Tasaasalustassa on kolme jalkaruuvia, joilla säädellään jalustan kallistusta. Kojeen runko-osa kiinnitetään ja lukitaan tasaasalustaan. Runko-osassa sijaitsee vaakakehä, joka mittaa tähtäyssuuntaa

ja vaakakulmaa. Alhidadi kuljettaa itse mittauskaukoputkea, jolloin se mahdollistaa mittauskaukoputken pyörimisen vaaka-akselin ympäri samalla mitaten pystykulmia. Lisäksi takymetrissä on erilaisia tasaimia, joiden avulla takymetri saadaan asetettua vaakasuoraan. Mittalaitte sisältää myös optisen tai laserluodin, näiden avulla koje pystytetään kohtisuoraan tietyn pisteen päälle. (Laurila 2012, 239)



Kuva 8. Takymetrin pääosat ja akselit (kuva Laurila 2012, 239)

### 3.1. Takymetrimittauksessa käytettävä kalusto

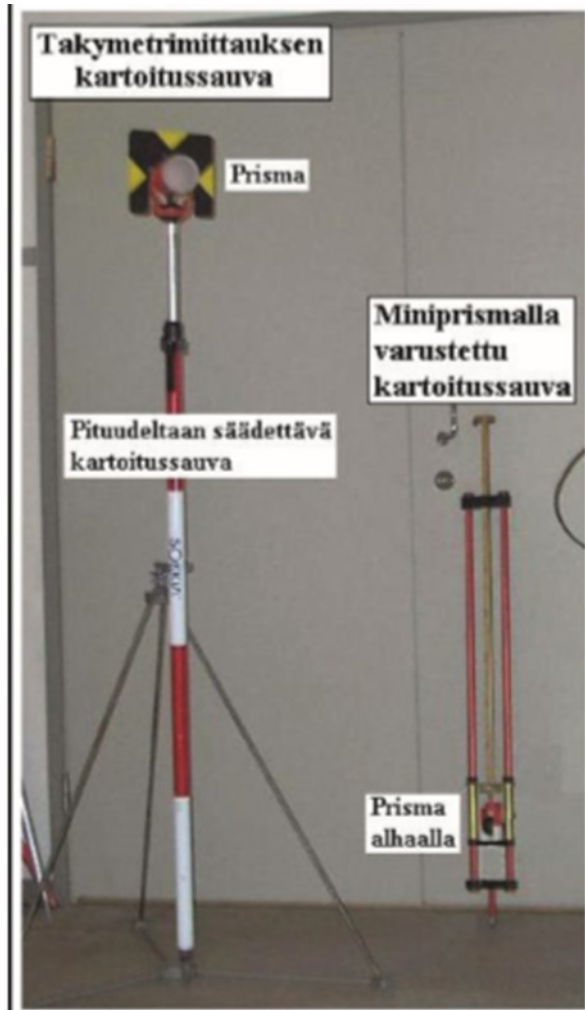
Mittalaitteen lisäksi takymetrin käyttöön mittauksissa tarvitaan perusvälineistöä, etäkäyttölaite eli maastotallennin, kolmijalat, sekä kojeelle että mahdollisesti tunnetuille pisteille pystytettävillä tähyksillä, joille tarvitaan lisäksi pakkokeskitysalustoja.

Takymetrin jalustana on suositeltavaa käyttää puista jalustaa, johtuen puun vähäisistä lämpötilamuutoksista.

Prismat, jotka toimivat heijastimena, joka kääntää prisman sisällä mittalaitteelta saapuvan mittaussäteen mahdollisimman vastaavanlaisena, takaisin tulosuuntaan ja palauttaa sen mittalaitteelle.

Mittaussäteen käänös prismassa lisää säteen kulkemaa matkaa. Tämä on mittauksen alussa huomioitava ja takymetrille on syötettävä aina käytössä oleva prismavakio koska muuten mittaus tulos ei vastaa todellisuutta.

Prismoja on suunniteltu useisiin eri käyttötarkoituksiin, tähysprismoja sekä kartoituksissa ja merkintämittauksissa sauvaan kiinnitettäviä prismoja, erityisesti miniprisma ja tälle määritetty kartoitussauva on kehitetty rakennusmittauksiin soveltuvaksi. (Laurila 2012, 243)



Kuva 9. Merkinnästä sekä kartoituksessa käytettäviä sauvoja sekä prismoja (kuva Laurila 2012, 244)

Rakennusprojekti vaatii yleensä monien eri mittalaitteiden käyttöä, pelkästään takymetrimillä ei aivan kaikkiin mittauksiin kannata ryhtyä, usein projektin edetessä mittoja saadaan nopeammin jo valmiina olevista rakenteista (esimerkiksi mittanauhalla tai lasermitalla).

### 3.1.1 Tasolaser

Vaaituksessa ja korkeuden siirrossa yleisesti käytetyn vaaituskojeen on miltei täysin syrjäyttänyt pyörivä tasolaser, jolla mittaukset vaakaan tai pystysuoraan voidaan suorittaa yhden henkilön toimesta.

Laserilmaisinta käytetään havaitsemaan näkyvän tai näkymättömän valonsäteen korkeus taso.



Kuva 10. tasolaser (kuva Ari Virtanen)

### 3.1.2 Ristiviivalaser

Ristiviivalaser heijastaa vaaka ja pystysuoria linjoja ja on helppokäyttöinen huipputyökalu varsinkin sisustustöissä, laitteissa on yleensä automaattinen kaltevuuden korjaus tiettyyn kallistuskulmaan asti.



Kuva 11. ristiviivalaser (kuva Leica Geosystems)

### 3.1.3 Laseretäisyysmittari

Lasermitta on yleismittauslaite, jota voidaan perusmittaustoimintojen lisäksi käyttää jopa etäisyyksien mittaamiseen kahden eri pisteen välillä, sekä mittaamaan kulmia ja kaltevuuksia, tilavuuksia, pinta-aloja mittaustietoa voidaan joillain laitteilla jopa tallentaa cad-formaatissa ja ladata eteenpäin tietokoneelle.



Kuva 12. laseretäisyysmittari (kuva Leica Geosystems)



## 4 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli käydä läpi ja esitellä takymetrin käyttöä ja rakennetta sekä mittausperustan eli työmaa-alueelle mittaamalla pysyvistä kiintopisteistä rakennettavan oman taso koordinaatiston perustamista, sekä tämän sitominen sovittuun koordinaatti ja korkeusjärjestelmään.

Rakennusmittaus ja mittamiehen osaava toiminta ovat erittäin tärkeä osa rakennusurakan laadullisesta sekä taloudellisesta näkökulmasta, laitteet kehittyvät huimaa vauhtia ja rakentajien on todella vaikea pystyä päivittämään jatkuvasti sekä laitteita että kouluttamaan mittaushenkilöitä laitteiden käyttöön, oma näkemykseni on, että laitteistoja pitäisi paremmin pystyä kohdentamaan käyttötarkoitusta vastaaviksi.

Seuraava askel rakennusmittauksissa varmasti on tietomallinnuksen lisäämisen mitta-laitteikäyttöön, tällöin koko työmaan 3D DWG tietomalli olisi hyödynnettävissä ja mittamiehen käytössä suoraan rakennustyömaalla, tämä tietenkin vähentäisi huomattavasti mittamiehen toimistotyöskentelyä.

## LÄHTEET

Koikkalainen, K. 2012. Rakennustyömaan mittaustyöt takymetrillä. Saimaan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Kuparinen, A.1992. Mittamiehen käsikirja. Jyväskylä: Gummerus.

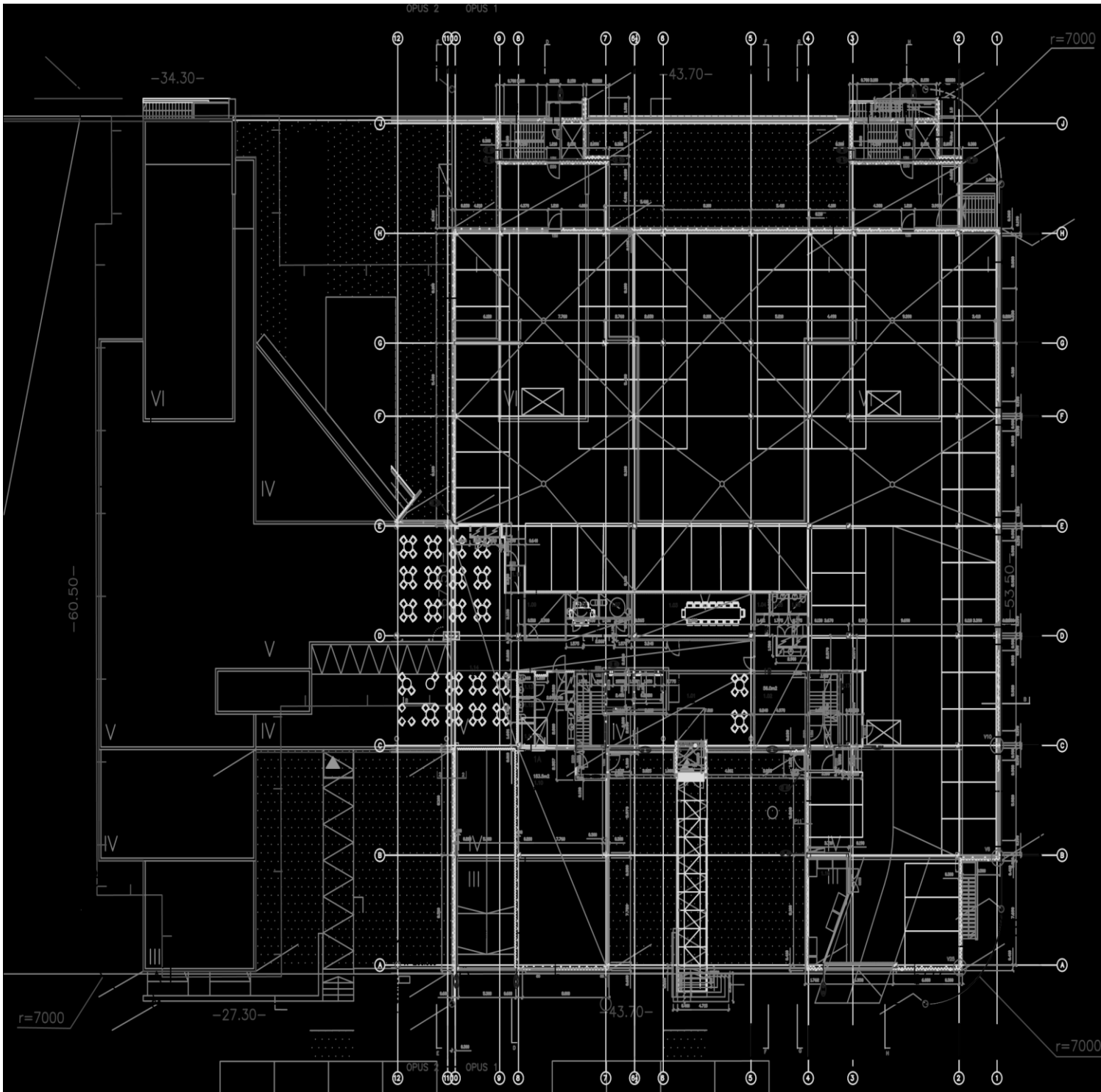
Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Kopijyvä: Jyväskylä.

Salmenperä, H. 2004. Maasto- ja rakennusmittausten perusteet. Opetusmoniste 2004:5, Geoinformatiikan laboratorio, TTY.

mittamies – M-Mies Oy <https://www.mmies.fi> > mittamies

## LIITTEET

## Liite 1. Modulimitoitus



Erilliskoordinaatiston "origo" = moduulipiste  
 A12 jonka Y=500,000 X=200,000 Z=6,60

## Liite 2. Pisteselityskortti

KUNTA	ESPOO	MP Nro	817469														
KARTTALEHTI	R17:32	TASO-LUOKKA	IV VVJ X 79353.600														
PISTEEN LAATU	RAUTAPUTKI		Y 45470.418														
ALUSTA	MAAKIVI	KORKEUS-LUOKKA	V N 60 H 26.070														
MAANPINNASTA METRIÄ	+ 0.20	TNro	VERKKOTASOITUS N:O 2000 <del>09</del> 2000														
Sijaintipiirros, hakumitat																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nro</th> <th>Saanto (g)</th> <th>Matka (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>817425</td> <td>396.6476</td> <td>34.331</td> </tr> <tr> <td>817426</td> <td>266.1296</td> <td>45.883</td> </tr> <tr> <td>817489</td> <td>301.0361</td> <td>95.854</td> </tr> </tbody> </table>				Nro	Saanto (g)	Matka (m)	817425	396.6476	34.331	817426	266.1296	45.883	817489	301.0361	95.854		
Nro	Saanto (g)	Matka (m)															
817425	396.6476	34.331															
817426	266.1296	45.883															
817489	301.0361	95.854															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rakennettu / Mitattu</th> <td>2000</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Laskettu</td> <td>22.11.2000 ERKKI SINERVIÖ</td> </tr> <tr> <td>Laskenta numero</td> <td>Verkkotasointi N:o 2000/7</td> </tr> <tr> <td>Laskentatapa</td> <td>3D</td> </tr> <tr> <td>Tunnus 1</td> <td>R17</td> </tr> <tr> <td>Tunnus 2</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>Tunnus 3</td> <td>63</td> </tr> </tbody> </table>				Rakennettu / Mitattu	2000	Laskettu	22.11.2000 ERKKI SINERVIÖ	Laskenta numero	Verkkotasointi N:o 2000/7	Laskentatapa	3D	Tunnus 1	R17	Tunnus 2	32	Tunnus 3	63
Rakennettu / Mitattu	2000																
Laskettu	22.11.2000 ERKKI SINERVIÖ																
Laskenta numero	Verkkotasointi N:o 2000/7																
Laskentatapa	3D																
Tunnus 1	R17																
Tunnus 2	32																
Tunnus 3	63																
<p>!!!</p> <p>A = 17,30 MÄNTY  B = 25,48 RAK.NURKKA  C = 16,30 AIDAN PÄÄ  D =</p>																	

KUNTA	ESPOO	MP Nro	817425														
KARTTALEHTI	R17:32	TASO-LUOKKA	IV VVJ X 79387.883														
PISTEEN LAATU	TERÄSNAULA		Y 45468.611														
ALUSTA	ASFALTTI	KORKEUS-LUOKKA	V N 60 H 28.545														
MAANPINNASTA METRIÄ	+ 0.00	TNro	VERKKOTASOITUS N:O 2000 <del>09</del> 2000														
Sijaintipiirros, hakumitat																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nro</th> <th>Saanto (g)</th> <th>Matka (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>817469</td> <td>196.6476</td> <td>34.331</td> </tr> <tr> <td>817473</td> <td>366.6325</td> <td>32.714</td> </tr> </tbody> </table>				Nro	Saanto (g)	Matka (m)	817469	196.6476	34.331	817473	366.6325	32.714					
Nro	Saanto (g)	Matka (m)															
817469	196.6476	34.331															
817473	366.6325	32.714															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rakennettu / Mitattu</th> <td>2000</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Laskettu</td> <td>22.11.2000 ERKKI SINERVIÖ</td> </tr> <tr> <td>Laskenta numero</td> <td>Verkkotasointi N:o 2000/7</td> </tr> <tr> <td>Laskentatapa</td> <td>3D</td> </tr> <tr> <td>Tunnus 1</td> <td>R17</td> </tr> <tr> <td>Tunnus 2</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>Tunnus 3</td> <td>63</td> </tr> </tbody> </table>				Rakennettu / Mitattu	2000	Laskettu	22.11.2000 ERKKI SINERVIÖ	Laskenta numero	Verkkotasointi N:o 2000/7	Laskentatapa	3D	Tunnus 1	R17	Tunnus 2	32	Tunnus 3	63
Rakennettu / Mitattu	2000																
Laskettu	22.11.2000 ERKKI SINERVIÖ																
Laskenta numero	Verkkotasointi N:o 2000/7																
Laskentatapa	3D																
Tunnus 1	R17																
Tunnus 2	32																
Tunnus 3	63																
<p>!!!</p> <p>A = 2,85 VALOPYLVÄS  B = 12,90 MÄNTY  C = 0,30 TIEN REUNA  D =</p>																	

### Liite 3. Mittaussuunnitelma

#### Työkohteen yleistiedot

- Rakennushankkeen nimi/ sijainti
- Tilaaja
- Urakoitsija
- Rakennussuunnitelmien laatija
- Rakennesuunnitelmien laatija
- Talotekniikan suunnittelijat
- Mittauksesta vastaava henkilö
- Työmaalla käytettävä koordinaatti ja korkeusjärjestelmä

#### Mittausperusta

- Tiedot lähtöpisteistä
- Mittausten suoritustapa ja laitteisto
- Suuntahavaintojen suoritustapa
- Mittauksissa käytettävät ohjelmistot ja laskentamenetelmät
- Toleranssit
- Moduulimitat
- Liittymismitat
- Tarkemittaukset, toteutumien seuranta sekä jatko suunnittelua varten
- Mittaustulosten dokumentointi kohteen vaatimalla tavalla