

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Täydennyskoulutus  
Tekniikka Lappeenranta  
Infratekniikka

Mäkinen Panu

## **Mittamies-ohjelman käyttöönotto maanrakennusyrityksessä**

Opinnäytetyö 2012

## **Tiivistelmä**

Mäkinen Panu

Mittamies-ohjelman käyttöönotto maanrakennusyrityksessä, 29 sivua, 2 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Täydennyskoulutus

Tekniikka Lappeenranta

Infratekniikka

Opinnäytetyö 2012

Ohjaajat: Pekka Saikko, Saimaan ammattikorkeakoulu, Vesa Komppa, Lappeenrannan Kuormausmiehet Oy

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli ottaa käyttöön Mittamies-ohjelma maanrakennusyrityksessä ja selvittää ohjelman käytettävyyttä erilaisiin yrityksen töissä tarvittaviin mittaustehtäviin. Työn yhteydessä laadin myös mittauslaitteiden käytännölliset käyttöohjeet, joita voidaan hyödyntää perehdytettäessä yrityksen henkilöstöä takymetri- ja GPS-mittauksiin. Tulevaisuudessa varahenkilöiden lisäksi myös kuljettajien tulee hallita mittauskojeiden peruskäyttö.

Mittamies-ohjelma on kehitetty talonrakennuksen mittaustoimintaan ja määrä-laskentaan. Maanrakennusyrityksessä usein tarvittavia toimintoja, joihin ohjelmaa voidaan käyttää, ovat mittapisteiden vienti kuvasta mittalaitteeseen ja massalaskennan suorittaminen. Työssäni käytin ohjelmaa todellisissa maanrakennuskohteissa, jolloin selvisi sen toimiva käyttötapa.

Työn tehtyäni voin todeta, että ohjelman käyttö helpottaa myös maanrakennusyrityksen mittaustoimintoja. Massalaskennan suorittamiseen ohjelmaa ei ole suunniteltu, mutta sekin onnistuu työssä selvitettyjen välivaiheiden kautta.

Asiasanat: takymetri, satelliittipaikannus, mMies, mittamalli, massalaskenta

## **Abstract**

Mäkinen Panu

Mittamies-program in civil engineering company, 29 Pages, 2 Appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Civil Engineering

Bachelor's Thesis 2012

Instructors: Mr Pekka Saikko, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Vesa Komppa, Lappeenrannan Kuormausmiehet Oy

The purpose of the study was to introduce Mittamies-program in civil engineering company and to find out the suitability of a program in one company use.

This program has been developed for measuring and quantity survey. In a civil engineering company the most commonly used functions are the transfer of measuring points from the picture to a device. Real civil engineering targets were dealt with in this thesis which helped to determine the correct function of the program.

As a result it can be stated that this program can be a good help for the civil engineering company when making measurements. A quantity survey program has not been developed but this function can be done through intermediate steps

Keywords: mMies, mittamalli, the mass calculation, total station, GPS

## Sisältö

1 Johdanto.....	5
2 Lappeenrannan Kuormausmiehet Oy .....	5
2.1 Yritys .....	5
2.2 Mittaustoiminnot .....	6
2.3 Mittalaitteet .....	6
2.4 Ohjelmistot .....	7
3 Mittamies-ohjelma .....	7
3.1 Ohjelma .....	7
3.2 Asennus .....	8
3.3 Ohjelman käyttö .....	8
3.3.1 Mittapistet .....	8
3.3.2 Pisteiden vienti .....	8
3.3.3 Massalaskenta .....	8
4 Mittaustyön suorittaminen, case Kuormausmiehet.....	9
4.1 Aloit.....	10
4.2 Piirustukset.....	10
4.3 Mittapistet .....	10
4.4 Mittaus.....	11
4.4.1 Takymetrimittaus .....	12
4.4.2 Satelliittimittaus.....	15
4.5 Merkkaaminen.....	19
4.6 Kartoitus .....	20
4.7 Massalaskenta .....	20
5 Kehityssuunnitelma .....	24
5.1 Henkilöstö.....	25
5.2 Laitteet.....	25
5.3 Ohjelmat .....	26
6 Pohdinta.....	26
Kuvat.....	28
Lähteet.....	29
Liite 1 Takymetrin pikaopas	
Liite 2 GPS:n pikaopas	

## Sanasto

TAKYMETRI maanmittauksessa käytettävä elektroninen mittalaite, jolla mitataan säteittäisesti eli polaarisesti pisteiden sijainteja kojeeseen nähden. Sisältää kulmamittauksen ja etäisyysmittauksen.

ROBOTTITAKYMETRI kauko-ohjattava takymetri. Seuraa prismaa automaattisesti.

GPS amerikkalaisten satelliittiperusteinen mittausjärjestelmä joka antaa sijainnin noin 20 millimetrin tarkkuudella.

GNSS Global Navigation Satellite Systems yhteiseen satelliittijärjestelmään perustuva mittausjärjestelmä.

TASOLASER vaakatasossa pyörivä lasersäde, jonka käyttöetäisyys 300 m ja tarkkuus  $\pm 5$  mm / 100 m.

TÄHYSPRISMA mittauspisteeseen vietävä optinen peili, johon etäisyys ja matka mitataan.

TÄHYSTARRA mittaussäteen heijastava tarra, johon voidaan mitata sijainti uudelleen käyttöä varten

LEICA Sveitsiläinen yritys, joka valmistaa mittalaitteita

SMARTNET Leican ylläpitämä satelliittien korjaustiedon välitysjärjestelmä

AUTOCAD vektorigrafiikkaohjelma suunnitelmien tekemiseen.

DWG AutoCadin suljettu tiedostomuoto piirustuksiin.

DGN Microstation-ohjelman tiedostomuoto piirustuksiin.

GSI Leican mittapisteiden tiedostomuoto.

GDM Trimblen mittapisteiden tiedostomuoto.

MASSALASKENTA kaivettavan tai täytettävän alueen tilavuuden laskenta mitaustuloksista.

HELMERT-MUUNNOS koordinaatiston yhdenmuotoisuusmuunnoksessa muunnettavien pisteiden muodostamien kuvioiden muoto säilyy. Pisteiden sijainti, orientointi ja mittakaava voivat muuttua.

## **1 Johdanto**

Maanrakennuksessa tarvitaan tukitoimintoina monenlaisia mittauksia merkintää, kartoitusta ja massanlaskemista varten. Takymetrimittaukset ovat yleiskäyttöisin mittausmenetelmä, sillä tavanomaisten mittaustöiden lisäksi ne voidaan suorittaa myös suoraan suunnittelijan DWG-tiedoston perusteella. Erillisiä paperipiirustuksia tai perinteisiä linjapukkeja ei tällöin edes tarvittaisi. Toinen mittaustöitä nopeuttava menetelmä on satelliittipaikannus eli GPS- tai GNSS-mittaus, sillä maanrakennustyömaat ovat monesti niille sopivia melko avoimia paikkoja.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on ottaa käyttöön takymetri- ja satelliittimittauksissa käytettävä Mittamies-ohjelma Lappeenrannan Kuormausmiehet Oy:ssä. Ohjelman pääkäyttäjäryhmä on ollut talonrakennusliikkeet, joille ohjelma on ensi sijassa suunniteltu. Maanrakennusliikkeessä voidaan ohjelmalla puolestaan helpottaa tiedonsiirtoa kuvasta mittauslaitteen muistikortille.

Työni tavoitteena on testata ohjelman toimintaa ja soveltuvuutta yrityksen mittaustehtäviin. Lisäksi tarvittavat massalaskennat voidaan suorittaa jatkossa yrityksen omana työnä. Työn kenttäosuudessa käytän Leican robottitakymetria ja GPS-laitetta. Teen myös mittaustyöhön perehdyttämistä varten selkeät ohjeet näiden laitteiden käyttöön. Toivon, että opinnäytetyöstäni on hyötyä muillekin vastaavassa tilanteessa oleville infra-alan yrittäjille.

## **2 Lappeenrannan Kuormausmiehet Oy**

### **2.1 Yritys**

Lappeenrannan Kuormausmiehet Oy on perustettu 1950-luvulla Mikko Pekkonen toimesta. Nykyisen seuraava sukupolvi vastaa yrityksen toiminnasta. Yritys tekee tällä hetkellä muun muassa kaukolämpö- ja maakaasuverkostojen maanrakennustöitä, uusien rakennusten pohjarakennustöitä ja pihatöitä sekä raken-

taa kunnallistekniikkaa. Yrityksessä työskentelee 20 henkilöä, joista 3 on toimihenkilöitä. Kalustoon kuuluu pyörä- ja tela-alustaisia kaivinkoneita, traktorikaivuri, pyöräkuormaaja ja kuorma-autoja.

## **2.2 Mittaustoiminnot**

Mittauksia tehdään kaikkien maarakennustöiden yhteydessä. Esimerkiksi kun rakennetaan uutta kaukolämpölinjaa, on tarpeen tarkka sijainti kaivannon tekemiseksi oikealle puolelle tontin rajaa. Kaikki maahan asennetut putket ja muut rakenteet kartoitetaan ennen niiden peittämistä. Yleensä Lappeenrannan Energia vastaa kartoitetun tiedon käsittelystä. Talonrakennustyömaalla taas mitataan anturoiden ja muiden perustusten paikat murskearinaa varten. Tarvittaessa on myös mitattu rakennusliikkeille niiden tarvitsemia linjapisteitä.

Takymetrin ja GPS:n käytön hallitsee yrityksessä kaksi henkilöä, jotka käyttävät niitä pääasiassa paikalleen mittauksessa ja kartoituksessa. Muut työntekijät osaavat käyttää tasolasereita ainakin ojan kaivussa ja perustusten tekemisessä

## **2.3 Mittalaitteet**

Yrityksellä on kaksi Leican 1100-sarjan robottitakymetriä, Leica 1200 GPS-laite ja kallistuvia tasolasereita (kuva 2.1). Takymetreistä Leica 1105TCRA on prismattomasti mittaava eli sillä voi mitata tähystarroista tai suoraan kohteesta. Käytännössä tämä ominaisuus helpottaa erityisesti kojeen asemapisteen määrittämistä, kun ei tarvitse kävellä prisman kanssa mittaamassa tunnettuja pisteitä. Mittausetäisyys prismaan on 1500 m ja prismattomasti 250 m. TCRA:n vuosimalli on 2004. Toinen takymetri Leica 1105TCA vaatii aina prisman mittaamiseen, mutta muuten laitteessa on samat ominaisuudet. Sen valmistusvuosi on 2003.

Leica 1200 GPS mittaa sijainnin satelliiteista. Korjaustieto tulee Leican Smart-Net- verkostosta GSM-puhelimen avulla. Tarkkuus on yleensä vaakasuunnassa alle 10 mm ja pystysuunnassa alle 20 mm. Rakennukset ja maasto ympärillä vaikuttavat mittaustulosten tarkkuuteen. Laitteen vuosimalli on 2004.



Kuva 2.1 Takymetri Leica 1105 TCRA ja satelliittivastaanotin Leica 1200 GPS

## 2.4 Ohjelmistot

Maastomittauksia hallitaan Mittamies-ohjelmalla, jonka käyttöä selvitän seuraavassa luvussa. Sen lisäksi Lappeenrannan Kuormausmiesten käytössä on mitausten jatkokäsittely- ja suunnitteluohjelmat AutoCad LT 2008 ja Leican tiedostonmuunnosohjelma. Suunnittelijan toimittamasta DWG-kuvasta saadaan haettua koordinaatit, jotka yksitellen näppäillään mittalaitteen muistikortille. Kaikki kuvat eivät kuitenkaan ole piirrettynä maantieteelliseen koordinaatistoon, jolloin pisteiden sijainnin määrittäminen ei onnistu.

AutoCad on yleiskäyttöinen graafinen vektorigrafiikkaohjelma, jonka tiedon käsittely perustuu graafisiin objekteihin, kuten viivoihin, murtoviivoihin, ympyröihin, kaariin ja teksteihin. Piirustukset voi tehdä 2D tai 3D-muodossa. LT-versio on kevyempi mistä on karsittu 3D-ominaisuuksia.

## 3 Mittamies-ohjelma

### 3.1 Ohjelma

Suomenkielisen rakennusmittausjärjestelmä ohjelman kehittäminen on alkanut 1991. Ohjelman tavoitteena helpottaa sähköisen CAD-kuvan hyödyntämistä tuotannon eri tasoilla. Ohjelma tukee seuraavia kuvaformaatteja: PDF, DWG, DXF ja DGN. Mittaustiedostoista hyväksyy kaikki Suomessa tunnetut laitteet. Tämän ohjelman lisäksi ei tarvitse hankkia toista ohjelmaa piirustusten muokkaamista tai katselua varten.



### 3.2 Asennus

Mittamies eli mMies-ohjelma ladataan hankinnan jälkeen [www.mmies.fi](http://www.mmies.fi)-sivustolta siellä olevien ohjeiden mukaisesti. Aktivoinnissa tulee huomata, että tieto-koneen palomuuuri antaa ohjelman käyttää internetyhteyttä. Vikatilanteessa on saanut helposti apua puhelimen avulla valmistajalta.

### 3.3 Ohjelman käyttö

Ohjelma jakaantuu kahteen tehtäväkenttään: Mittamies- ja Mittamalli-osioihin. Mittamies sisältää kuvan käsittelyn, mittapisteiden luonnin, mitoituksen ja koordinaatiston muunnoksen (ns. Helmert-muunnos). Työkuvasta on syytä poistaa kaikki ylimääräinen informaatio kuvan selkeyttämiseksi; voidaan esimerkiksi poistaa vaikka taso kerrallaan tasonhallinnasta. Yksiköt muutetaan metreiksi ja luonnostila otetaan käyttöön painikkeita napauttamalla. Mittamalli-ohjelma puolestaan sisältää maastomallien tekemisen ja laskemisen.

#### 3.3.1 Mittapisteet

Yleisin toiminto maanrakennusyrityksessä on mittapisteiden lisääminen kuvaan. Ohjelmasta valitaan *Lisää mittapisteitä*, valitaan tarvittavat tartuntatavat esimerkiksi keskipiste, leikkauspiste ja päätepiste. Jos kuvat ovat 2D-muodossa, tulee pisteelle antaa korkeus, pisteen skaalaus ja tiedot, jotka pisteelle näytetään ennen pisteen valintaa. Korko merkitään ilman pilkkua lisäyssarakkeeseen. Piste-numerointi kasvaa automaattisesti numeron välein.

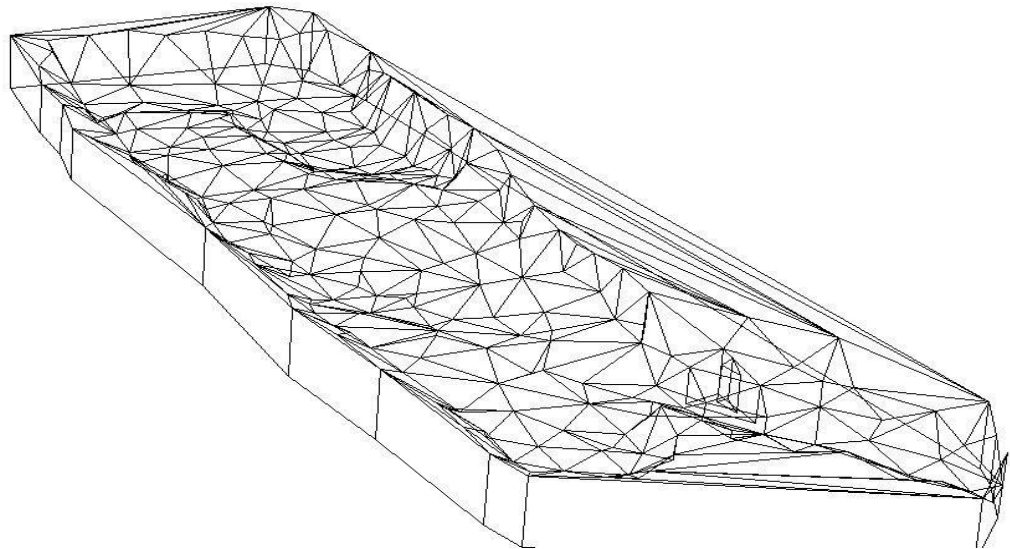
#### 3.3.2 Pisteiden vienti

Tallentaminen tapahtuu *Vie mittapisteitä*-toiminnon kautta. Voi valita joko osan pisteistä tai kaikki pisteet. Mittalaitteen muistikortin ollessa kiinni tietokoneessa voi tiedot tallentaa suoraan siihen oikeassa muodossa. Ennen vientiä on poistettava päällekkäiset pisteet *Järjestä pisteitä*-toiminnon kautta.

#### 3.3.3 Massalaskenta

Takymetrillä tai satelliittipaikantimella mitatut pisteet avataan Mittamalli-ohjelmalla ja tallennetaan GDM-muotoon. Ohjelma olettaa tällä hetkellä leikka-

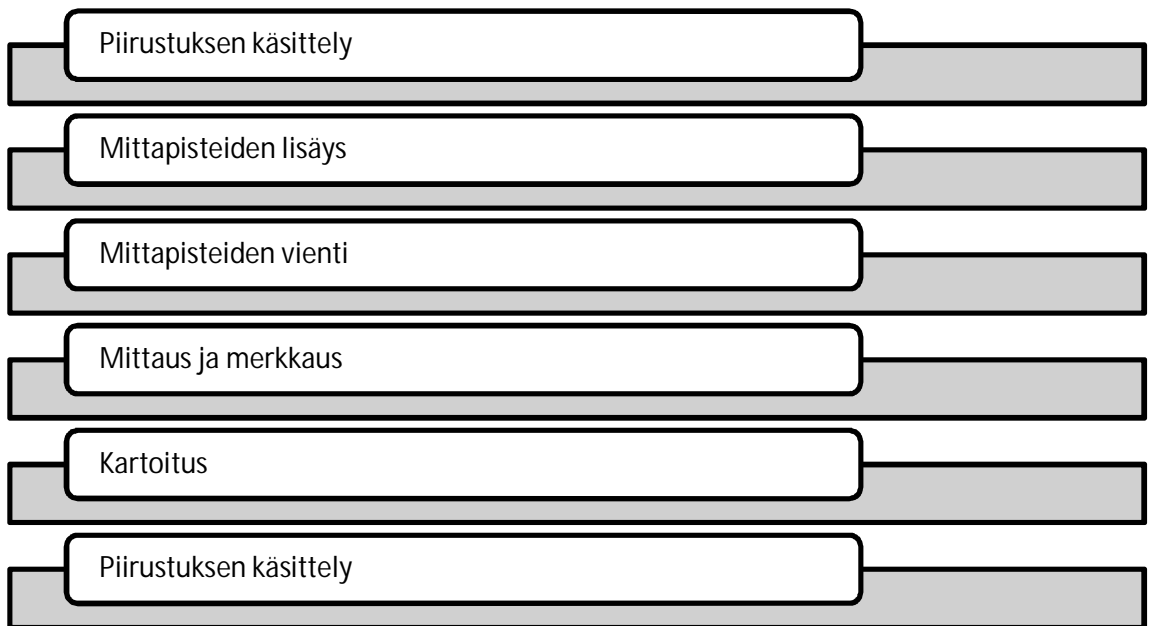
ustason olevan vaakatasossa, joka ei vielä vastaa todellisuutta. Pintojen välinen tilavuus voidaan laskea ylemmän pinnan tilavuus – alemman pinnan tilavuus. Kuvassa 3.4 on nähtävissä leikkauspohjan kolmioverkko. Pintojen mittaustiedot tulee olla samalta kohdalta tarkasti. Mittamies-ohjelmassa tuodaan molempien pintojen pisteet samalle kuvalle, josta on hyvä tarkistaa pisteiden sijainti. Seuraavassa ohjelmaversiossa on tarkoitus parantaa maamassojen laskentaa.



Kuva 3.4 Leikkauspohjan kolmioverkko

#### **4 Mittaustyön suorittaminen, case Kuormausmiehet**

Seuraavassa käyn läpi mittaustyön käytännön toteutuksen Lappeenrannan Kuormausmiesten hankkeissa. Prosessi voidaan esittää oheisen kaavion mukaisesti (Kuva 3.5).



Kuva 3.5 Mittaustyön prosessikaavio

#### 4.1 Aloitus

Työmaalla tehdään riittävästi tähysmerkkejä paikkoihin, joissa ne säilyvät koko työmaan ajan näkyvissä. GPS-laitteella mitataan kolme pistettä maahan yhtä takymetrin paikkaa varten. Takymetrillä mitataan sijainti pisteistä ja tallennetaan tähysmerkkien sijainti jatkokäyttöä varten. Takymetri tarvitsee vähintään kaksi mittapistettä asemapisteen laskemiseksi, luotettavan tuloksen saaminen edellyttää kolmen pisteen käyttöä.

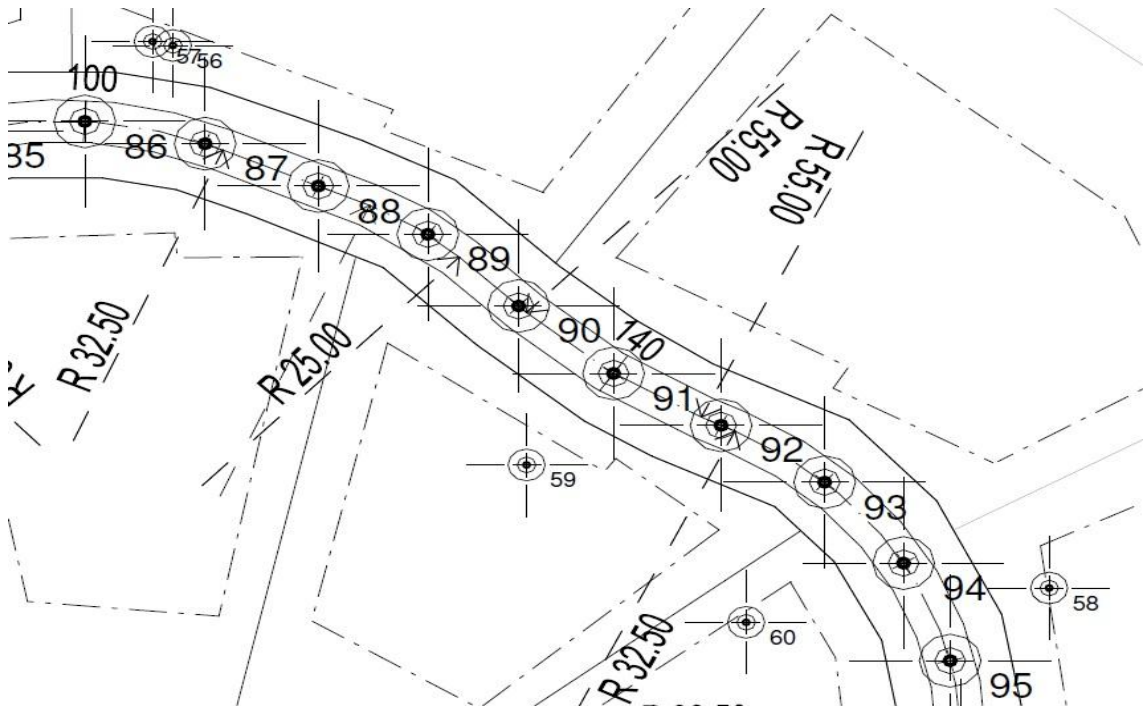
#### 4.2 Piirustukset

Työn tilaaja toimittaa yleensä tarvittavat työsuunnitelmat urakoitsijalle. Nykyisin piirustukset ovat digitaalisessa muodossa. Yleisin käytetty muoto on AutoCadin DWG-muoto. Tarvittaessa piirustus on muutettava Helmert-muunnoksella käytettävään koordinaatistoon. Tontin kulmapisteistä saa tarkat tiedot Helmert muunnosta varten.

#### 4.3 Mittapisteet

Digitaalinen piirustus avataan Mittamies-ohjelmalla. Piirustukseen tehdään uusia mittapisteitä, esimerkiksi kadunrakennuksessa tarvitaan kaivojen paikat ja

korot, vesi ja viemärijohtojen korot, kadun keskilinja, kaarteiden alku ja loppukohdat sekä muiden mahdollisten laitteiden paikat esimerkiksi valopylväät (Kuva 4.1). Yleensä piirustus on 0-tasossa, jolloin kaikille mittapisteille on syytä laittaa oikea korko tässä vaiheessa. Koron saa katsottua pituusleikkauksesta. Pisteet tallennetaan GSI-muodossa mittalaitteen muistikortille. Nimi voi olla 8 merkkiä pitkä. Tiedostonimessä tulee käyttää isoja kirjaimia, jotta ne löytyvät helposti takymetristä. Gps näyttää aina pienet ja isot kirjaimet tiedostoluettelossa heti.



Kuva 4.1 Mittapisteet 86-95, tähysmerkit 56-60

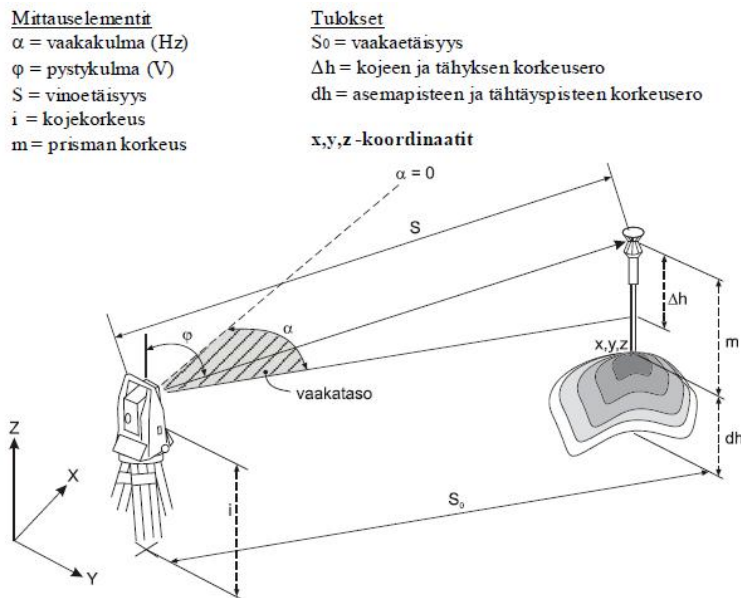
#### 4.4 Mittaus

Takymetri pystytetään sopivaan paikkaan, josta näkee riittävän monta tähysmerkkiä ja mahdollisimman monta mitattavaa kohdetta. Mittausohjelma on joko maastoonmerkintä tai vertailulinja riippuen kohteesta. Maastoonmerkintää käytetään, kun on yksittäinen kohde esimerkiksi kaivo tai valopylväs. Vertailulinjalla saadaan merkittyä tien reunat ja korot. Liitteet 1 ja 2 sisältävät lyhyet käyttöohjeet laitteisiin.

#### 4.4.1 Takymetrimittaus

Takymetrillä tietoteknisenä laitteena voidaan tehdä erittäin monipuolisia mittauksia. Se on satelliittimittauksen kojeiden ohella tärkein mittaus- ja kartoitustekniikassa nykyisin käytettävistä kojeista. Modernit takymetrit yleistyivät 1980-luvun aikana ja vuosien myötä kojeet ovat kehittyneet pitkälle automatisoiduiksi mittausroboteiksi. Kehittyneimmillä takymetreillä voidaan paitsi mitata kulmia ja etäisyyksiä, myös skannata ja valokuvata mittauskohdetta. Perushavainnoista voidaan laskea koordinaatteja, korkeuksia ja muita suureita sekä tallentaa mitaustulokset sähköisesti. Aikanaan takymetrimittaus on ollut kahden mittajaan työtä, nykyaikaisilla kojeilla yksi mittaja voi tehdä useimmat työt. /1./

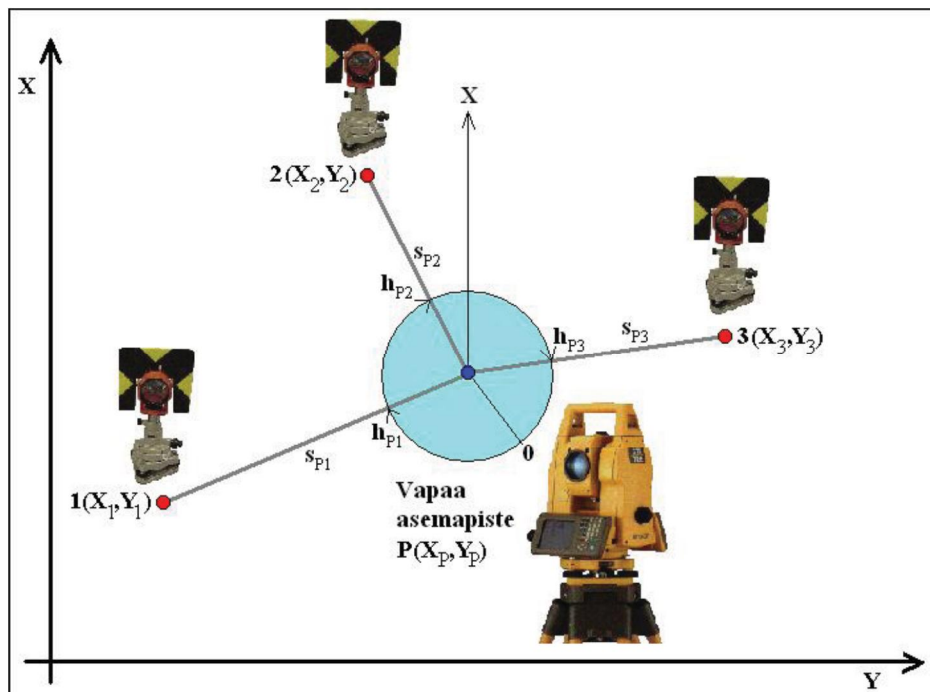
Takymetrillä tehtävien mittausten aloitustoimenpiteitä ovat kojeen ja tähtysten keskistys ja tasaus mittauspisteille, koje- ja tähtyskorkeuksien mittaaminen ja kojeen orientointi koordinaatistoon ja korkeusjärjestelmään. Näiden toimenpiteiden jälkeen takymetrillä voidaan tehdä kulmien ja etäisyyksien mittauksia ja erityisesti orientoinnin jälkeen sijaintimittauksia mittausta paikan koordinaatistossa. Keskistys ja tasaus suoritetaan optista luotia ja tasaimia apuna käyttäen. /1./



Kuva 4.2. Takymetrimittauksen periaate. /2./

Orientointi tarkoittaa mittauspaikan koordinaatiston ja korkeustason määrittelyä. Tämä on edellytys koordinaattimuotoisten mittausten tekemiselle. Koordinaatisto voidaan määrittellä, jos mittauspaikalla on vähintään kaksi tasorunkopistettä.

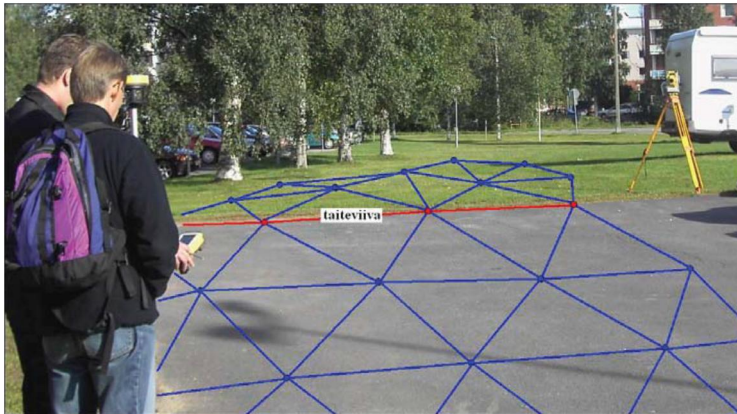
Nykyisin useimmiten käytettävä menetelmä ns. vapaan asemapisteen käyttö mittaauksissa tarkoittaa menettelyä, jossa takymetri pystytetään sijainniltaan tuntemattomaan paikkaan ja sen paikka voidaan valita mittausten kannalta tarkoituksenmukaisesti. Asemapisteen koordinaatit ja mahdollisesti myös korkeus määritetään tähtäämällä runkopisteisiin. Kun koje on laskenut asemapisteen koordinaatit ja orientoinut vaakakehänsä koordinaatiston pohjoissuunnan suhteen, suoritetaan varsinainen mittaustyö (Kuva 4.3).



Kuva 4.3 Vapaan asemapisteen koordinaatit ( $X_P$  ja  $Y_P$ ) voidaan määrittää kahden runkopisteen avulla./1./

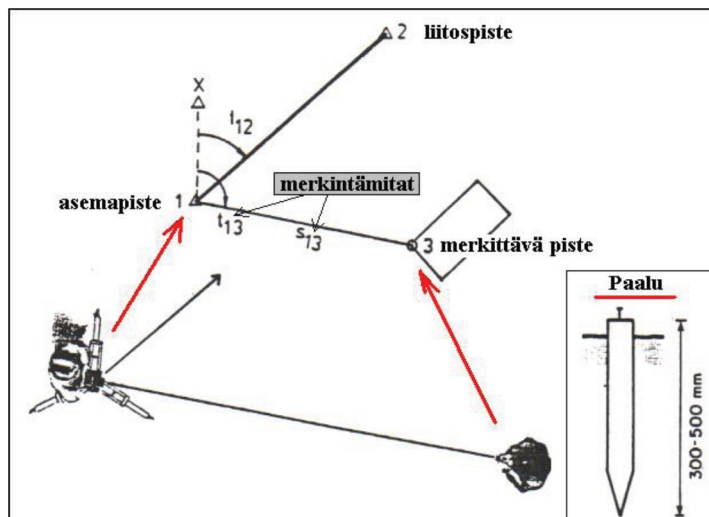
Takymetrillä kartoitettaessa mittausmenetelmänä on tasosijainnin osalta säteittäinen mittaus ja korkeuden osalta trigonometrinen korkeudenmittaus. Mittaukset tallennetaan sähköiseen muotoon ja käsitellään jollakin laskenta- ja kartointiohjelmalla kartan muotoon. Nykyaikainen tietotekniikkaan tukeutuva rakennustekninen suunnittelu ja ympäristön visualisointi erilaisina kolmiulotteisina kuvina ja esityksinä perustuu maaston ja rakennetun ympäristön kolmiulotteiseen malliin, jota kutsutaan maastomalliksi. Kun kartalla on tärkeää kuvata valitujen kohteiden tasosijaintia, maastomallilla on tärkeää kuvata maaston kor-

keussuhteet. Maastomalli sisältää maanpinnan korkeudet jatkuvaksi pinnaksi mallinnettuna ja lisäksi mahdollisesti maalajipintoja ja ominaisuuksia, rakennuksia, johtotietoja ja maanalaisia tiloja. Mallin muodostamista varten maastosta mitataan malliin tulevien pintojen korkeuksia. Mittausten laskennan yhteydessä pisteet yhdistetään kolmioiksi (Kuva 4.4). Kolmioista muodostuvaa maastomallia kutsutaan kolmioverkkomalliksi./1./



Kuva 4.4 Maastomallin avulla kuvataan maanpinnan muotoja./1./

Kartoitus- ja maastomallimittauksia tehdään muun muassa rakennusteknillisen suunnittelun tarpeisiin. Rakennussuunnitelmien toteutuksen yhteydessä tehdään merkintä- ja asennusmittauksia. Merkintämittausten lähtökohtana on jokin rakennussuunnitelma, esimerkiksi asemapiirros, jossa on kuvattu kohteen sijainti. Merkintämittausten avulla suunniteltu sijainti merkitään rakennuspaikalle ja rakentaminen tapahtuu tehtyjen merkintöjen suhteen (Kuva 4.5). Tarkkuutensa ja muiden ominaisuuksiensa perusteella takymetri soveltuu erittäin hyvin merkintämittauksiin. Takymetrillä merkintämittauksia tehtäessä mittaus perustuu säteittäiseen mittaukseen./1./

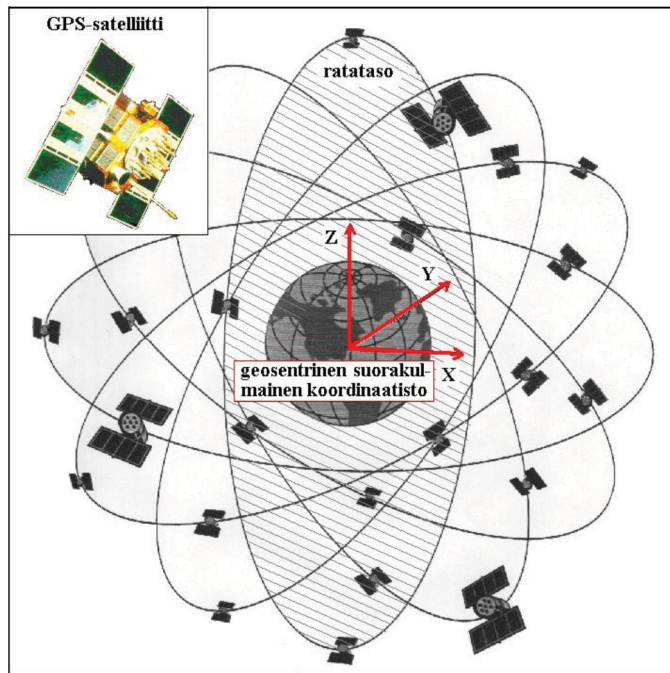


KUVA 4.5 Takymetrillä merkintämittaukset tehdään säteittäisen mittauksen periaatteella. Suunnitelmatiedot siirretään toimistossa takymetriin tai maastotallentimeen./1./

#### 4.4.2 Satelliittimittaus

Takymetrimittauksen ohella satelliittimittaus on nykyisin tärkein maastossa ja rakennustyömailla tehtävien mittausten menetelmä. Useimmille ihmisille satelliittipaikannus tarkoittaa amerikkalaista GPS-paikannusta (Global Positioning System), joka mahdollistaa maailmanlaajuisen, reaaliaikaisen paikantamisen milloin tahansa sääolosuhteista riippumatta (Kuva 4.6). Nykyisin satelliittimittaus ei ole vain GPS-järjestelmän varassa, sillä venäläinen Glonass-järjestelmä on ollut toiminnassa 1990-luvulta alkaen. Sekin on käytettävissä kaikkialla maailmassa, mutta ei vastaa satelliittien määrän ja kattavuuden osalta GPS-järjestelmää. Lisäksi Euroopan Unioni on parhaillaan toteuttamassa Galileo-järjestelmää sekä Japani, Kiina ja Intia suunnittelevat ja toteuttavat omia paikannusjärjestelmiään. Eri maiden ylläpitämien paikannusjärjestelmien muodostama kokonaisuutta kutsutaan GNSS-järjestelmäksi (Global Navigation Satellite System). Sen tavoitteena käyttäjien näkökulmasta on yhteiskäyttö. GPS- ja Glonass-järjestelmien osalta tämä ainakin toimii./1./

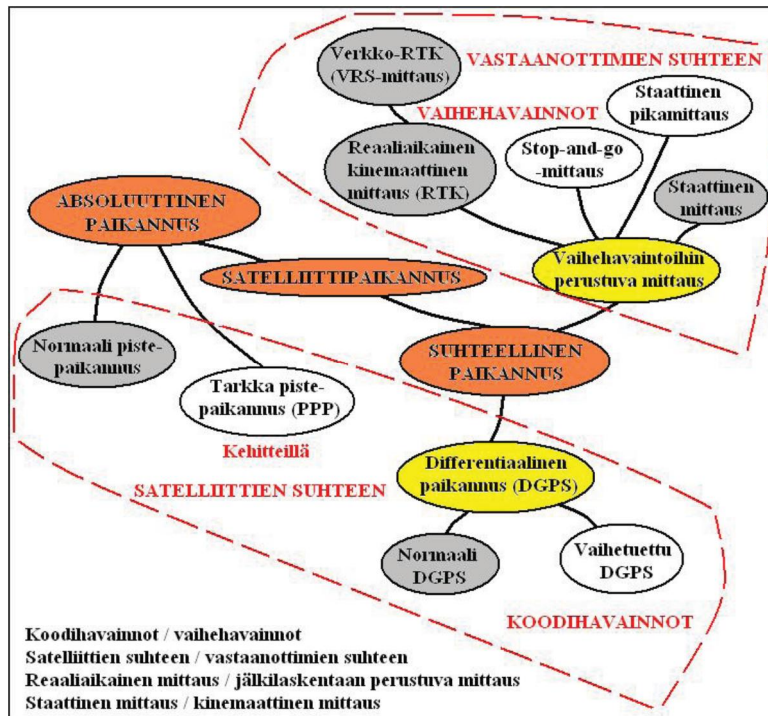




Kuva 4.6 GPS-järjestelmän ns. toiminnallinen laajuus on 21 varsinaista satelliittia ja 3 varasatelliittia. Sen maakeskinen eli geosentrinen suorakulmainen koordinaatistojärjestelmä tunnetaan nimellä WGS84./1./

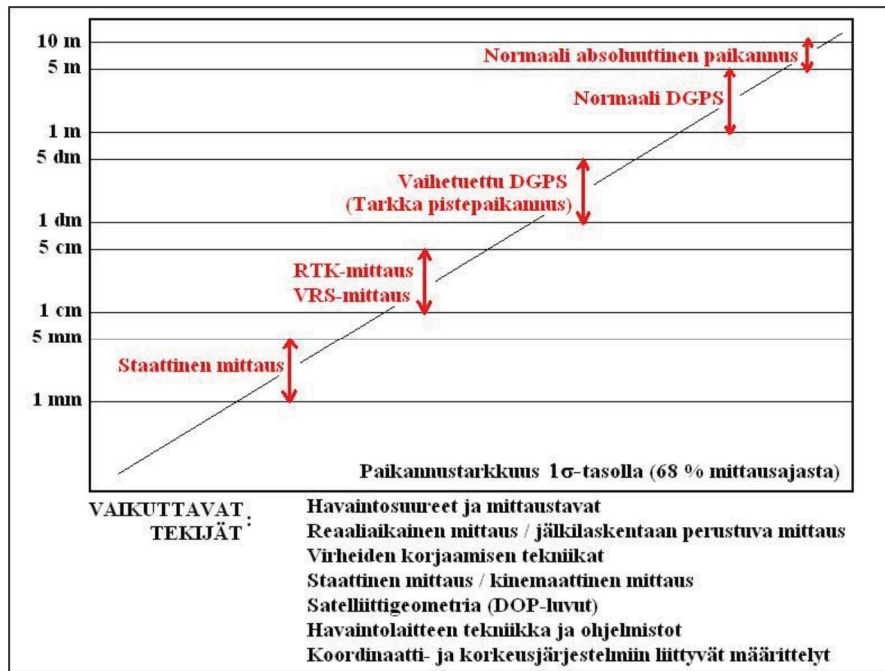
Satelliittipaikannuksessa havaitaan satelliittien lähettämiä signaaleja. Havaintojen perusteella mitataan etäisyydet vähintään kolmeen satelliittiin. Kun satelliitin sijainti tunnetaan havaintohetkellä, saadaan havaitsijan paikka määritettyä. Virheiden hallinnan vuoksi tulee mitata etäisyydet useampaan satelliittiin.

Satelliittipaikannuksessa voidaan käyttää useita mittaustapoja eli mittausmoo-  
deja (Kuva 4.7). Mittaustapojen jaottelu perustuu mm. mittauksissa käytettäviin havaintosuureisiin, systemaattisten virheiden korjaamistekniikoihin ja havaintolaitteiden lukumääriin. Perusmittaustavat ovat absoluuttinen paikannus, differentiaalinen paikannus ja vaihehavaintoihin perustuva suhteellinen mittaus. /1./



Kuva 4.7 Satelliittipaikannuksen mittaustavat./1./

Kinemaattisessa mittauksessa vertailuvastaanotin on paikoillaan ja paikantava vastaanotin liikkuu. Reaaliaikaisessa kinemaattisessa mittauksessa (RTK-mittauksessa, Real Time Kinematic) tunnetulla pisteellä oleva vertailuvastaanotin lähettää liikkuvalla paikantavalle vastaanottimelle vaihehavaintonsa. Paikantava vastaanotin prosessoi yhteiset havainnot ja laskee sijaintinsa tukiaseman suhteen. VRS-mittauksessa (VRS on Virtual Reference Station System) käytetään hyväksi yksittäisen tukiaseman sijasta tukiasemaverkkoa. Staat-  
tisessa mittauksessa vastaanottimet ovat paikallaan mitattavilla pisteillä koko mittauksen ajan. Havainnot yhdistetään ja lasketaan myöhemmin jälkilasken-  
nassa./1./ Kuvassa 4.8 näkyy erityyppisten mittausten tarkkuudet.



Kuva 4.8 Satelliittipaikannuksen mittaustapojen arvioitu tarkkuus. Kuvan arvioita ei voi kuitenkaan käyttää minkään yksittäisen mittauksen tarkkuuden arviointiin./1./

Reaaliaikaista kinemaattista mittausta voidaan tehdä vain melko rajallisella alueella tukiaseman ympäristössä ionosfääriin liittyvien virheiden ja häiriöiden vuoksi. Usein jo noin 10 km:n etäisyys tukiasemaan on liian suuri ja 20 km:n etäisyydellä mittaus on mahdollista vain poikkeuksellisen edullisissa olosuhteissa. Ilmakehään liittyviä virheitä on kuitenkin mahdollista hallita paremmin, kun yhden tukiaseman sijasta käytetään tukiasemien verkostoa. Kun RTK-mittausta tehdään tukiasemaverkossa, puhutaan verkko-RTK mittauksesta. Verkoston avulla voidaan mallintaa ilmakehän virheitä niin, että ionosfääriin ja troposfääriin liittyviä virheitä pystytään korjaamaan. Tämä mahdollistaa entistä pidemmät etäisyydet tukiasemiin, parantaa mittausten luotettavuutta ja nopeuttaa mittauksia. Erästä tukiasemaverkostoratkaisua kutsutaan VRS-järjestelmäksi (Virtual Reference Station System). Järjestelmä laskee jokaiselle mittaajalle oman virtuaalisen tukiaseman lähelle mittauspaiikkaa. Käytännössä mittaaja aluksi lähettää GSM-verkossa likimääräisen sijaintinsa laskentakeskukselle ja hetken kuluttua vastaanottaa korjausdatan laskentakeskukselta. /1./

Satelliittipaikannusjärjestelmien valmistajista Trimble on pisimmällä VRS-tekniikan hyödyntäjänä ja tarjoajana. Toisen valmistajan eli Leica Geosystems

SmartNet-tukiasemaverkko perustuu ns. SpiderNet-ohjelmistoon, jonka laskentamenetelmillä voidaan tuottaa RTK-korjaukset GPS/GNSS-laitteisiin. Toista sataa tukiasemaa sisältävä koko Suomen kattava verkko koostuu sensoreista ja GNSS-antenneista, jotka tiedonsiirtoverkon kautta ovat yhteydessä laskenta-keskukseen.

#### 4.5 Merkkaaminen

Mittaukset merkitään edelleen koneuskien toiveesta esimerkiksi rimoihin sopivan etäisyyden päähän halutusta paikasta, jotta rima säilyy myös kaivamisen ajan (Kuva 4.9). Korko merkitään valmiiseen pintaan tai tasausviivaan. Merkintä kannattaa siirtää myös ylemmäksi esimerkiksi 1 metri jotta havaitseminen on helpompaa. Alustavan merkinnän voi suorittaa helposti maalaamalla esimerkiksi pintamaan poistoa varten rajat.



Kuva 4.9 Kadun reunan paalutus toiselle puolelle, mittapisteet 91-94

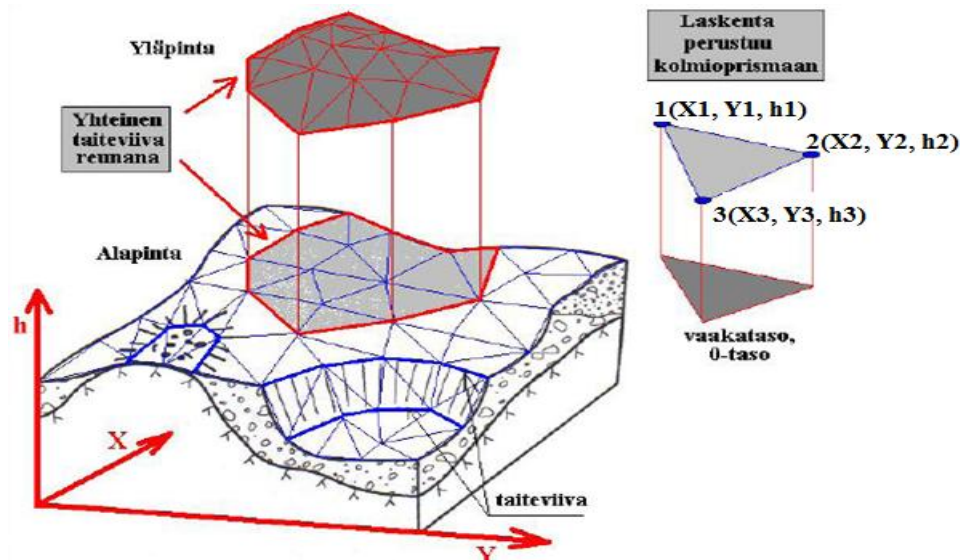


## 4.6 Kartoitus

Työn valmistuttua tulee tehdä tarkekuvat maahan sijoitetuista laitteista. Kuvasta tulee selvittää oikea sijainti, korko ja materiaali. Kartoitus on syytä tehdä työn edetessä, jotta esimerkiksi vesijohdon liittokset tulee tarkasti ylös ennen peittämistä.

## 4.7 Massalaskenta

Lähtökohtana on hajapisteinä mitattu kolmioverkko, johon perustuen tilavuus voidaan jakaa kolmioprismoihin. Yksittäisen kolmioprisman tilavuus voidaan laskea kaavalla:  $V = \left(\frac{A}{3}\right)(h_1 + h_2 + h_3)$  missä  $V$  on kolmioprisman tilavuus,  $A$  on sen pohjan pinta-ala kolmion kulmapisteiden koordinaateista laskettuna ja  $h_1$ ,  $h_2$  ja  $h_3$  ovat nurkkien korkeudet 0-tasosta tai muusta valitusta vertailutasosta. Jos mallikolmiot kuvaavat hyvin maan ja rakenteiden pintoja, niin kolmioverkossa tilavuuksia voidaan laskea hyvinkin tarkasti. Tällöin lasketaan esimerkiksi ensin yläpinnan kolmioprismojen tilavuus 0-tason suhteen ja vähennetään niiden summasta alapinnan kolmioprismojen tilavuuksien summa. Tässä menetelmässä ala- ja yläpinnan kolmiointi voi olla erilainen, kunhan niillä on yhteinen reunaviiva. Toisaalta kummallekin mallipinnalle voidaan muodostaa yhteinen kolmiointi, jolloin voidaan käyttää kolmiointipisteiden korkeuseroja .5/



Kuva 4.10. Tilavuuslaskenta kolmioverkosta./2/

Sovelluskohteessa massalaskentaa käytettiin lyhyellä kadunpätkällä sen tekemiseksi linja-autoliikennettä varten. Alkuperäinen maaperä koostui täyttömaasta, mullasta ja turpeesta pohjamaan ollessa savea. Alueen poikki meni avo-oja jonka tilalle asetettiin rumpuputki. Maanpinta mitattiin puuston kaadon jälkeen Leican takymetrillä (Kuva 4.11). Mittauksessa on huolehdittava, että kaikki saman pinnan pisteet saavat saman pistekoodin.

Ensimmäisessä mittauksessa lähtötilanteessa mittapisteitä tuli 213. Osa pisteistä oli alueen ulkopuolelta ja useaan kertaan. Laskennassa käytin 169 pistettä joista 12 on itse lisättyjä reunapisteitä jotta laskenta-alue vastaa leikkausalueen rajoja.



Kuva 4.11 Lähtötilanne puusto kaadettu

Kadun pohja leikattiin 120 senttimetriä tulevan kadunpinnan alapuolelle (Kuva 4.12). Alueella sijainnut oja ja paksu turvekerros aiheuttivat ylimääräistä kaivutyötä. Alueen kaivamisen yhteydessä mitattiin pohja. Pisteitä tuli 292, joista 271 oli kelpollisia laskentaa varten.





Kuva 4.12 Leikkauspohja

Valmis kadun pinta tehtiin olemassa olevien asfalttipintojen mukaisesti ja uusi osa tasaisella kaadolla (Kuva 4.13). Valmiin pinnan laskennassa oli 112 pistettä joista suurin osa on itse lisätyjä rajaamaan laskettavaa aluetta.



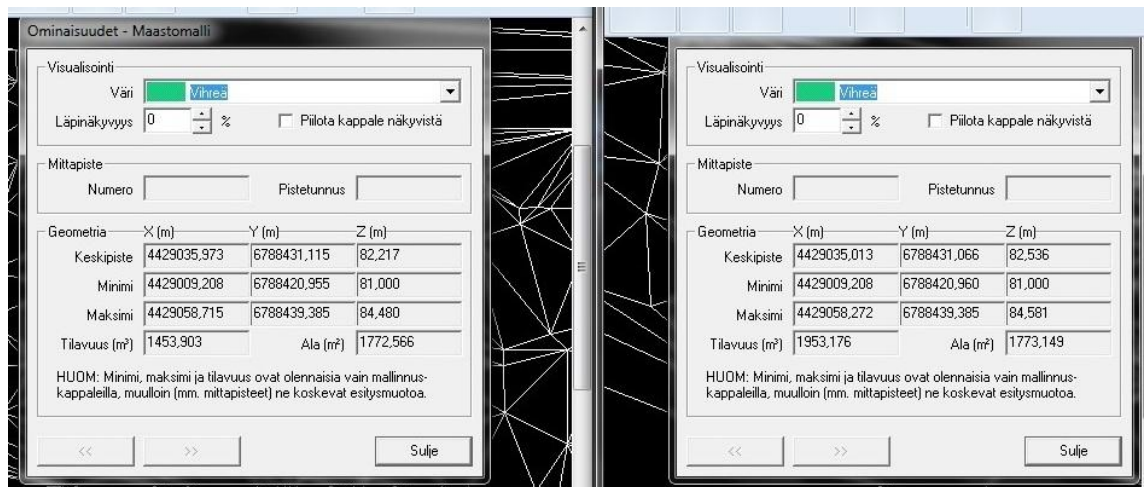
Kuva 4.13 Rakennekerrokset



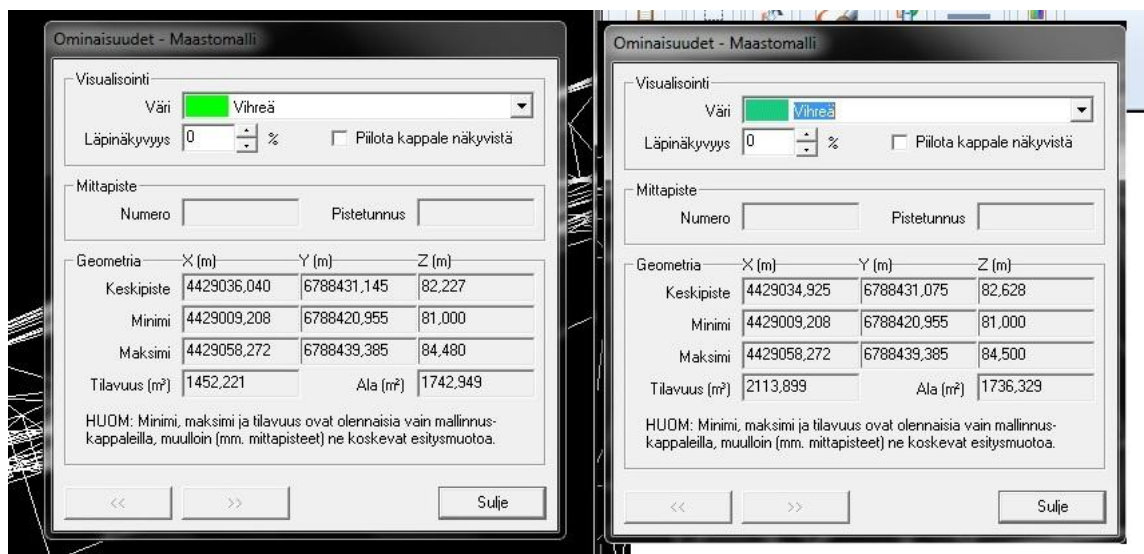
Tuloksena on kaksi erillistä maastomallia joista on laskettu tilavuus ja pinta-ala. Tilavuuksien ero on etsitty massalaskennan tulos. (Kuvat 4.15 ja 4.16) Pinta-alojen pienet erot johtuvat maastomallin reunapisteiden kolmioinnissa tapahtu-



vista eroista. Vaikutus laskennan tarkkuuteen on olematon sillä reunoilla pisteiden korot ovat lähes samat.



Kuva 4.15 Poisvietyjen maamassojen määrä on 499 m<sup>3</sup>rtd



Kuva 4.16 Rakennekerrokseen kulunut määrä 662 m<sup>3</sup>rtd

## 5 Kehityssuunnitelma

Mittauslaitteet ja –tekniikka kehittyvät koko ajan vauhdilla, mutta laadunvarmuksessa luotetaan kuitenkin ammattitaitoon. Toimiva mittausjärjestelmä koostuikin osaavasta henkilöstöstä, ajantasaisista kalibroituista mittalaitteista sekä

riittävän monipuolisista ohjelmistoista. Ajan tasalla pysymiseksi ja kilpailukyvyn varmistamiseksi kaikkia näitä osatekijöitä on seurattava koko ajan. Seuraavassa tarkastelen tarvittavia kehitystoimenpiteitä Lappeenrannan Kuormausmiesten toimintaympäristössä oman pitkäaikaisen mittausalan kokemuksen ja asiakastarpeiden perusteella.

## **5.1 Henkilöstö**

Yritys tarvitsee yhden henkilön, joka osaa mitata ja käyttää Mittamies-ohjelmaa sekä hallitsee tietokoneen käytön. Toinen henkilö tarvitaan loma-aikojen ja mahdollisten sairaustapauksien vuoksi hoitamaan pakolliset mittaukset. Myös ulkopuolisille voisi tarjota mittaukstoimintoja, kun laitteiden käyttö on sujuvaa. Kysyntää on erityisesti GPS-mittauksille. Koneohjauksen yleistyessä myös koneenkuljettajan tulisi hallita vähintään takymetrin pystytys.

.

## **5.2 Laitteet**

Käytössä olevat Leican takymetrit ovat vanhanaikaisia verrattuna nykyisiin muun muassa kosketusnäytöllä varustettuihin robottitakymetreihin. Kuormausmiesten tämänhetkisiä takymetrejä varten tarvitsee tulostaa paperikuva mittapisteistä muistilapuksi. A3-koko tosin helpottaa lukemista, kun saa isomman alueen riittävän kokoisilla numeroilla näkyviin. Uudemman laitteen näytöstä voisi hakea tallennettuja pisteitä kuvapohjalta, jolloin ei tarvitse kantaa paperiversiota piirustuksesta mukana. Laite etsii myös lähimmän pisteen tiedot tarvittaessa, jolloin mittaus nopeutuu. Tällä hetkellä ns. väliraha, jos vanhat takymetrit vaihtaa yhteen uuteen, on 12 500 euroa. Uusi laite olisi Geomax Zoom80, joka vastaa toiminnoiltaan Leican 1200-sarjaa. (Kuva 5.1).



Kuva 5.1 Geomax Zoom80

Nykyinen GPS-laite on toiminnoiltaan riittävä tämän hetkiseen käyttöön. Leican tukiasemat eli SmartNet-verkko mahdollistaa käytön koko maassa.

### 5.3 Ohjelmat

Mittamies-ohjelma soveltuu todella hyvin Kuormausmiesten käyttöön. Ohjelma tulee asentaa kannettavaan tietokoneeseen, joka kulkee mittamiehen mukana työmaalla ja on tarvittaessa lähellä. Muita ohjelmia ei tarvitse hankkia tietokoneeseen, sillä ohjelma lukee yleisimmät kuvatiedostot. Ohjelmaa hankittaessa voi valita yhden tai kolmen vuoden ylläpitösopimuksen, jolloin ohjelma päivittyy kehityksen mukana.

## 6 Pohdinta

Työni päätavoitteena toimeksiantajan kannalta oli ottaa käyttöön Mittamies-ohjelma Lappeenrannan Kuormausmiehet Oy:ssä ja siirtää yrityksen mittaus-toiminnot uudelle tasolle. Tulevaisuudessa esimerkiksi koneohjauksen käyttöönoton myötä yrityksen mittauksien osaamistarve vain lisääntyy ja nykyistä

useampien on tarpeen hallita vähintään mittausten perusteet ja kojeiden mittauskuntoon laittaminen. Omana tavoitteenani oli myös perehtyä tavanomaisten mittaustöiden tarpeita tarkemmin takymetrimittauksiin ja niiden tulosten käsitteelyyn sekä satelliittimittauksen uusiin käyttömahdollisuuksiin maarakennustöissä.

Henkilöstön käyttökoulutuksia varten tein ohjeet, jotka dokumentoin opinnäytetyön liitteeksi. Näitä on tarkoitus kehittää jatkossa työn opetuksen yhteydessä saatavan palautteen perusteella.

Työprosessin kehittämiseksi paneuduin myös mittausohjelmien tehokkaampaan hyödyntämiseen. Ohjelman käyttö tiedonsiirtoon kuvasta muistikortille onnistui erittäin hyvin ja nopeutti mittaustöiden toteuttamista huomattavasti. Massalaskennan osuus oli työläämpi suorittaa, sillä mittaukset oli tehty ennen kuin ohjelman periaate oli selvinnyt kokonaisuudessaan. Tulevaisuudessa mitatessa maastomallia tulee kiinnittää huomiota alueen reunojen yhdenmukaisuuteen ja yksinkertaiseen muotoon. Ohjelman hankintaa puoltaa säästynyt aika ja virheiden väheneminen mittaustyössä. Lisäksi ollaan riippumattomia ulkopuolisista mittaustoimistoista.

Tulevaisuudessa mittausautomaatio on muutenkin keskeisessä roolissa työmailla. Sen tuomat mahdollisuudet työn tehokkuuteen kiinnostavat myös maanrakentajia. Esimerkiksi koneohjausjärjestelmän hankintaa on voitu siirtää, koska ei osata mallinnus- ja paikannustekniikkaa. Nykyään kuitenkin merkittävimpien laite- ja ohjelmistotoimittajien edustajilta saa hyvin tukea laitteiden käyttöönottoon. Mittalaitteiden myyjillä on myös tarjolla palveluita aineistontuottamiseen ja käsittelyyn. Lisäksi jatkossa suunnitelma-aineistojen käsittely koneohjausmalliksi tulee lisäämään paitsi suunnittelijoiden niin myös mittausten asiantuntijoiden työtä. Käytännössä aikaisemmin mittamiesten tehtävinä olleet rutiinityöt siirtyvät muiden henkilöiden vastuulle ja työmaakoneilla hoidettaviksi ja mittaajat hoitavat haasteellisempia toimeksiantoja. Työni antaa myös keinoja tämän kehitysuunnan hallitsemiseksi.



## Kuvat

- 2.1 Takymetri Leica 1105 TCRA ja satelliittivastaanotin Leica 1200 GPS s.7./9/
- 3.4 Leikkauspohjan kolmioverkko s.9./7/
- 3.5 Mittaustyön prosessikaavio s.10./10/
- 4.1 Mittapisteet 86-95, tähysmerkit 56-60 s.11./6/
- 4.2. Takymetrimittauksen periaate. s.12./2./
- 4.3 Vapaan asemapisteen koordinaatit (XP ja YP) voidaan määrittää kahden runkopisteen avulla s.13./1/
- 4.4 Maastomallin avulla kuvataan maanpinnan muotoja. s.14/1/
- 4.5 Takymetrillä merkintämittaukset tehdään säteittäisen mittauksen periaatteella. Suunnitelmätiedot siirretään toimistossa takymetriin tai maastotallentimeen. s.15/1/
- 4.6 GPS-järjestelmän ns. toiminnallinen laajuus on 21 varsinaista satelliittia ja 3 varasatelliittia. Sen maakeskinen eli geosentrinen suorakulmainen koordinaatistojärjestelmä tunnetaan nimellä WGS84. s16./1./
- 4.7 Satelliittipaikannuksen mittaustavat. s.17./1./
- 4.8 Satelliittipaikannuksen mittaustapojen arvioitu tarkkuus. Kuvan arvioita ei voi kuitenkaan käyttää minkään yksittäisen mittauksen tarkkuuden arviointiin.s.18./1./
- 4.9 Kadun reunan paalutus toiselle puolelle, mittapisteet 91-94. s.19./10/
- 4.10. Tilavuuslaskenta kolmioverkosta. s.20./2/
- 4.11 Lähtötilanne puusto kaadettu. s.21./10/
- 4.12 Leikkauspohja. s.22./10/
- 4.13 Rakennekerrokset. s.22./10/
- 4.14 Massalaskennan pisteet yhdistetty samaan kuvaan erikokoisina. s.23./6/
- 4.15 Poisvietyjen maamassojen määrä on 499 m<sup>3</sup>rtd. s.24./7/
- 4.16 Rakennekerrokseen kulunut määrä 662 m<sup>3</sup>rtd. s.24./7/
- 5.1 Geomax Zoom80. s.26./8/

## Lähteet

1. Laurila, P. 2010. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemi. Rovaniemen ammattikorkeakoulu.
2. Saikko, P. 2008. Mittaustekniikan oppimateriaalit. Saimaan Ammattikorkeakoulu. Lappeenranta
3. Leica. Tps 1100 Professional Series Sovellusohjelmat Kenttäopas 2 Versio 2.1 Suomi
4. Leica. Leica 1200GPS User Manual Version 6.0 English
5. Mittamies-ohjelman käyttöohjeet
6. mMies
7. mMalli
8. Geomax valmistajan kotisivut
9. Leica valmistajan kotisivut
10. Panu Mäkinen

## Liite1 Takymetrin pikaopas

- *TEKSTI*=näytössä oleva teksti jota tulee painaa sen alapuolella olevaa näppäintä
- -pystytä laite tukevasti, yhdistä johdot
- -virta päälle, tasaus  
- -datatyön hallinta, UUSItai valitse työ ja *JATKA*
  - ohjelma vapaa asemapistä
  - kojekorkeus ja pistenumero 1.600 ja 999
    - -1. piste *HAE-KATSO-JATKA*-(tähtäys)-*MATKA-JATKA*
    - -2. piste *HAE-KATSO-JATKA*-(tähtäys)-*MATKA-LASKE*
    - -*JATKA*
- ohjelma maastoonmerkintä
  - syötä pistenumero
  - *MATKA* näyttö kertoo etäisyydet sivulle ja eteen- tai taaksepäin mitatusta pisteestä, matka pitää painaa aina uudestaan uusiaksesi mittauksen. Sivusuunta liikkuu sauvan mukana mutta etäisyys ja korkeus ei.
- kartoitus
  - aloitus ikkunasta valitaan mittaustyön hallinta ja valitaan *UUS*työ tai jo olemassa oleva työ *JATKA*
  - *MITT* edellisen mittauksen tiedot näkyvät näytöllä, voit muokata menemällä nuolinäppäimillä tiedon kohdalle. Pistenumeron tulisi olla vain numero. Koodi tai ominaisuus voi sisältää myös tekstiä.
  - mitattavassa kohteessa paina *KAIKKI* jolloin laite mittaa paikan ja tallentaa sen automaattisesti muistikortille.
  - väärän mittauksen poisto: voit poistaa viimeisimmän mitatun tiedon painamalla *SHIFT* ja *TUHOA* jonka jälkeen se varmistaa vielä poistetaanko tietue.
  - kartoitettaessa pistettä johon ei ole näköyhteyttä voidaan tehdä piilopiste.
    - *PIILO*
    - annetaan siirtomitat takymetrin ja pisteen linjasta A eteenpäin, B oikealle ja C korkeusero
    - *KAIKKI*
- vertailulinja
  - *PROG* valitaan vertailulinja
  - paina *SHIFT JARAS*
  - muuta korkeusvertailu ON, matka EI, korkeuden muutos INTER-POLOINTI
  - 1. suora
    - annetaan alkupiste ja loppupiste, ohjelma laskee linjan pituuden
    - *MATKA* antaa etäisyydet 1 pisteestä linjan suhteen, oikealle positiiviset, korkeus on linjan korkeus mitatussa pisteessä, korkeus ero on mitatun pisteen ja todellisen linjan välinen ero.
  - 2. kaarisäteellä

- anna alku ja loppupiste säde metreinä jos kaari kaartaa oikealle 1.pisteestä lähtien on säde positiivinen
  - *MATKA* antaa etäisyyden kaarta pitkin 1.pisteestä ja sivuetäisyyden linjasta. korkeus on 1. pisteen korkeus. mittausta ei voi suorittaa ennen kaaren alkua tai loppumisen jälkeen
- 3. kolmen pisteen kaari
  - syötä kolme pistettä laite laskee kaaren niiden perusteella
  - *MATKA* antaa etäisyyden kaarta pitkin 1.pisteestä ja sivuetäisyyden linjasta. korkeus on 1. pisteen korkeus. mittausta ei voi suorittaa ennen kaaren alkua tai loppumisen jälkeen
- pisteet GPS:stä
  - Aseta GPS:n muistikortti adapterin kanssa takymetriin
  - Tiedonmuunnos
  - vastaanota data työstä
  - etsi lähdetiedosto
  - *JATKA*



## Liite2 GPS:n pikaopas

- kiinnitä kaapelit antenniin ja näyttölaitteeseen
- kytke virta
- valitse työ hallinnasta, käynnistä puhelinyhteys F7-painikkeesta ja odota kunnes laite löytää sijainnin jolloin näytölle tulee +-merkkikuvio



- jos tarkkuus ei ole riittävä kuvion ympärillä on ympyrä. L1 ja L2 ilmoittavat käytettävissä olevien satelliittien määrät
- kartoitus
    - o valitse työn nimi ja koordinaattijärjestelmä sekä koodilista
    - o koodilistaan on syötetty valmiiksi kaukolämmön ja maakaasun käytettävät koodit
    - o *JATKA*
    - o syötä pistenumero, antennikorkeus, pistekoodi koodilistalta ja tarvittavat ominaisuudet.
    - o *PMITT* rtk-sijainnit pitää olla vähintään viisi että vaadittava tarkkuus on saavutettu. *PYSÄYTÄ* mittausta, *TALL* tallenna kaikki tiedot muistikortille
    - o piilopiste esimerkiksi seinän vieressä
      - mittaa kaksi viimeisintä pistettä joista saat suunnan ja mitat piilopisteeseen.
      - *SIVU PIILO* anna edellisten pisteiden linjan suuntainen etäisyys A negatiivisena, valitse suunta sivumitalle vasen/oikea, tarkista *KARTTA* piilopisteen sijainti
      - *TALL* tallentaa piilopisteen
  - maastoonmerkintä
    - o valitse työn nimi
    - o valitse merkittävä piste
    - o näytössä kuva on pohjoisuuntaan, lukemat kertovat etäisyyden mitattavaan pisteeseen
    - o *LÄHIN* valitsee muistista vastaanotinta lähimmän pisteen
  - tiedonsiirto
    - o Avaa Käännös ohjelma.
    - o valitse Vie data työstä
    - o valitse siirrettävä tiedosto,
    - o tiedostotarkenne GT