

Rakennustyömaan mittausten kehittäminen

Ville Alanen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennustuotannon
suuntautumisvaihtoehto

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennustuotanto

Tekijä:	Ville Alanen
Työn nimi:	Rakennustyömaan mittausten kehittäminen
Sivumäärä:	35 sivua + 1 liitesivua
Valmistumisaika:	Toukokuu 2013
Työn ohjaaja:	DI Ilkka Tasanen
Työn tilaaja:	Alasen Rakennus Oy, valvojana Rami Haapaniemi

Opinnäytetyössä käsitellään rakennustyömaan mittausten kehittämistä ja työn tilaajana on Alasen Rakennus Oy. Takymetrimittaus on nykyaikaisista mittausmenetelmistä tarkin ja oikein käytettynä myös nopein tapa monissa rakennustyömaalla suoritettavista mittauksista. Niinpä lähtökohtana työlle oli selvittää kustannustehokkain tapa takymetrimittausten suorittamiselle Alasen Rakennus Oy:ssä.

Työssä käydään teorian pohjalta läpi mittaustekniikan kehitystä, sekä rakennusalan eri mittausmenetelmiä ja -laitteita. Pääpaino työssä on kuitenkin takymetrimittauksissa. Takymetrimittausten osalta käydään tarkemmin läpi mm. kaluston käsittely, eri mittausmenetelmät, sekä CAD -ohjelmistojen käyttö takymetrimittausten tukena.

Osana työtä oli tarjouspyyntöjen lähettäminen takymetrivalmistajille sekä niiden vertailu yrityksen tarpeiden mukaan. Saatujen tarjousten sekä yritykseltä saatujen kustannusarvioiden perusteella laskettiin kannattavuus oman takymetrikaluston hankkimiselle.

Osa työstä, kuten tarjousten hinnat sekä yrityksen antamat lukuarvot ovat luottamuksellisia, ja näin ollen näkyvillä vain tilaajan versiossa.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Construction Engineering
Construction management

Writer	Ville Alanen
Title	Improvement of measuring on a construction site
Pages	35 pages + 1 appendix pages
Completion	May 2013
Thesis supervisor	M.Sc (Civ.Eng) Ilkka Tasanen
Co-operating company	Alasen Rakennus Oy, Supervisor: Rami Haapaniemi

This thesis is about improving the measuring methods at construction site and the subscriber of the thesis was Alasen Rakennus Incorporated. From current measuring methods, tachymeter is most accurate device. If used in the right way, it is also the fastest way for many measuring works at construction site. Because of these reasons, the basis of this thesis was to find out the most profitable way to perform tachymeter measurings for Alasen Rakennus Incorporated.

Thesis contains some of the developments in measuring technology and also different measuring methods and devices used in construction sites. Majority of this thesis is about measuring with tachymeter. The main points among other things are the proper use of the device, different measuring methods with tachymeter, and using CAD-program to support the measuring with tachymeter.

Part of the thesis was calling for offers from tachymeter manufacturers and find a device which price and attributes best suits Alasen Rakennus Incorporated. Based on the offers received from manufacturers, the companys cost estimates and budget, it was calculated if it was profitable to purchase tachymeter for Alasen Rakennus Inc..

Some parts of this thesis for example prices of offers and companys cost estimates, are confidential information and thus only available on Co-operating companys version.

Key words: tachymeter, measuring technology

SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	5
2. MITTAUSTEKNIIKAN KEHITYS.....	6
3. ERI MITTAUSMENETELMÄT.....	7
3.1 Vaaitus.....	7
3.2 Takymetrimittaus.....	8
3.3 Satelliittipaikantaminen.....	11
3.4 Lasermittalaitteet.....	12
3.4.1 Tasolaser.....	12
3.4.2 Laseretäisyysmittari.....	12
3.4.3 Laserkeilain.....	12
3.5 Runkomittaus.....	13
4. TYÖMAALLA TEHTÄVÄT YLEISET MITTAUKSET.....	14
5. TYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT.....	16
5.1 Yrityksen nykyinen mittauskalusto ja tulevaisuuden tarpeet.....	16
5.2 Yrityksen tyypilliset mittauskohteet.....	16
5.3 Takymetrin hankinta.....	16
5.3.1 Tarjousten sisältö.....	17
5.3.2 Tarjousten vertailu.....	22
5.3.3 Kannattavuuslaskelma.....	24
5.4 Takymetrin käyttö.....	24
5.4.1 Mittausvälineiden käsittely.....	24
5.4.2 Takymetrin orientointi.....	26
5.4.3 Takymetrimittaukset.....	27
5.5 Tietokoneavusteinen mittaus.....	31
5. TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	33
LÄHTEET.....	35
LIITTEET.....	36
Liite 1. Takaisinmaksuaika laskelman periaate.....	36

1. JOHDANTO

Alasen Rakennus Oy:ssä on todettu tarve mittaustöiden kehittämiseksi etenkin takymetrimittauksen osalta. Tähän asti mittauksiin on käytetty joko konsulttipalveluita, tai mittaukset on suoritettu muilla menetelmillä käyttäen, jotka vievät enemmän aikaa, eikä niillä päästä samoihin tarkkuuksiin.

Alasen Rakennus Oy on Kyrönlahdella vuonna 1984 perustettu perheyritys. Yrityksen toimiala painottuu pääasiassa korjausrakentamiseen, mutta ohella tehdään myös uudisrakentamista, laajennuksia sekä erilaisia teollisuuden kohteita koko Pirkanmaan alueella. Yrityksellä on vakituisia työntekijöitä noin 30, joista työnjohtajia on tällä hetkellä viisi.

Työn tarkoituksena on selvittää yrityksen kannalta paras tapa suorittaa takymetrimittaukset tulevaisuudessa. Oman kaluston hankkimiseen päädyttäessä tavoitteena on selvittää yrityksen tarpeisiin parhaiten soveltuva kalusto, sekä tapa jolla mittaukset tullaan suorittamaan. Työssä pyritään luomaan kokonaisvaltainen paketti, jolla yritys pääsee alkuun takymetrimittausten osalta.

Työssä tarkastellaan eri takymetrivalmistajilta saatuja tarjouksia, ja vertaillaan niiden ominaisuuksia ja kustannuksia yrityksen tarpeisiin nähden sekä selvitetään oman kaluston hankkimisen kannattavuus. Lisäksi käydään läpi takymetrioiden perus ominaisuuksia, sekä niiden käyttöä. Tietokoneavusteinen rakennuspiirustusten käsittely on suuri osa takymetrimittauksia, joten työssä perehdytään myös niiden aiheuttamiin lisätoimenpiteisiin.

2. MITTAUSTEKNIIKAN KEHITYS

Muutamien viime vuosikymmenien aikana rakentamisessa käytettävät mittalaitteet ovat kokeneet suuren harppauksen. Perinteisesti käytössä olleet mittanauhhat, vatupassit ym. ovat yhä suuressa osassa rakentamista, mutta niiden ohelle on kehitetty erilaisia laserilla toimivia laitteita, jotka nopeuttavat sekä tuovat tarkkuutta työmaalla suoritettaviin mittauksiin. Geodeettisten mittalaitteiden kehitys on ollut nopeaa 1900-luvun loppupuolella ja 2000-luvulla. 1970-luvulla alkoivat elektro-optiset etäisyysmittarit tulla käyttöön sekä tietotekniikan käyttö mittauksissa yleistyi. Ohella alkoi myös mittausohjelmistojen ja maastotietokoneiden kehittyminen. (Laurila 2012, 274.)

Kulmamittauskoje ja optinen etäisyysmittari olivat aiemmin olleet erillisiä kojeita. 1980-luvulla yleistyivät kompaktit takymetrit, joissa etäisyysmittari oli kiinteä osa kulmamittauskojetta. Alkujaan elektro-optinen etäisyydenmittaus edellytti prisman käyttöä, mutta 1980-luvulla alettiin käyttää myös prismattomasti mittaavia etäisyysmittareita. Nykyisissä elektro-optisissa etäisyysmittareissa on samassa kaukoputkessa sekä prismaan että prismattomasti mittaavat etäisyysmittarit. (Laurila 2012, 274, 275.)

1990-luvulla alkoi käyttöön tulla ensimmäisiä takymetrejä, joissa liikkeiden hallinta oli automatisoitua. Liikkeiden automatisoinnin mahdollisti takymetriin asennetut servomoottorit. Servomoottorit asennettiin kiertämään kaukoputkea kojeen mekaanisten akselien ympäri, sekä takymetrin liikeruuvit korvattiin kosketuksella toimivilla liikepyörillä. Tämä mahdollisti takymetrin etäkäytön, minkä ansiosta mittaukset pystyy suorittamaan yksi henkilö. (Laurila 2012, 275.)

3. ERI MITTAUSMENETELMÄT

3.1 Vaaitus

Vaaitus on hyvin tavanomainen menetelmä korkeusmittauksiin. Se on hyvin perinteinen mittausten menetelmä, josta kertoo myös se, että mittaustulokset kirjataan vieläkin ylös pääasiassa käsin, sekä laskutoimitukset suoritetaan taskulaskimella tai päässä. Vaikka nykyisin korkeusmittauksia suoritetaan myös takymetrillä sekä satelliittimittauksin, on vaaitus silti tarkin menetelmä korkeuksien mittauksiin. (Laurila 2012, 203.)

Vaaituksessa käytettävät tärkeimmät työvälineet ovat vaaituskoje sekä latta. Nykyaikana vaaituskojeista yleisimmin käytetty on itsetasaava vaaituskoje, sillä sen vaakasuoraan saaminen on helppoa automaattisesti toimivan kompensattorin avulla. Laitteena vaaituskoje on melko yksinkertainen. Se koostuu vaakasuoraan asetettavasta mittauskaukoputkesta, joka on kiinnitetty runko-osaan. Runko-osasta löytyvät myös karkeaa tasausta varten oleva rasiatasain sekä jalkaruuvit. Runko-osasta löytyy useimmiten myös vaakakulmakehä, jota voidaan käyttää kulmien ja suuntien karkeaan mittaamiseen. Automaattinen tasain eli kompensattori sijaitsee kaukoputken sisällä. (Laurila 2012, 207.)

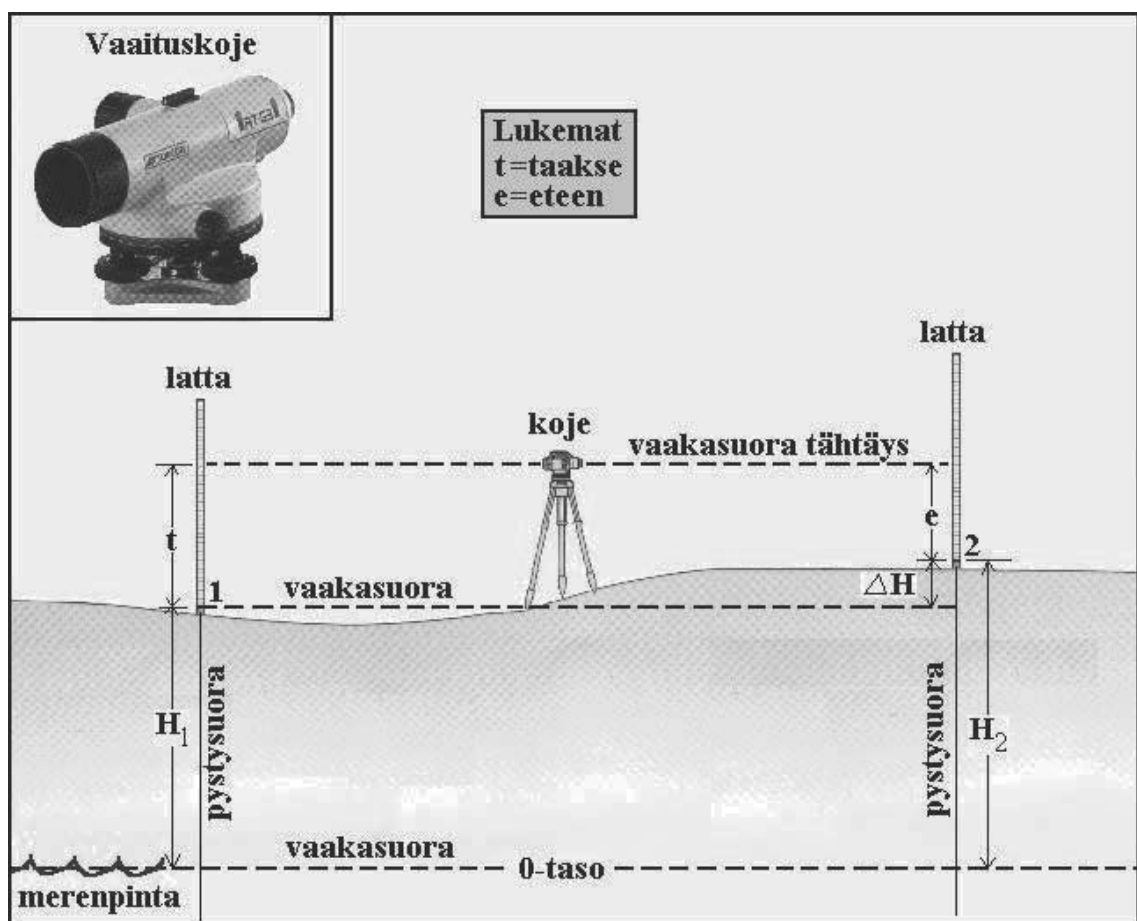
Vaaituksessa mittauspisteiden välinen korkeusero luetaan latasta. Tavallinen vaaituslatta on neljä metriä pitkä, ja se muodostuu kokoontaitettavista osista. Lattoja on myös muunkin mittaisia, sekä teleskooppimalleja. Tavallisesti lattan toisella puolella on ruutujaotuksella varustettu asteikko ja toisella puolella asteikko on millimetrijaotuksella. (Laurila 2012, 209)

Ennen mittausta vaaituskoje pystytetään kolmijalalle ja tasataan rasiatasaimen ja jalkaruuvien avulla. Kun vaaituskoje on vaakasuorassa, voidaan kahden pisteen välinen korkeusero mitata viemällä latta näille pisteille ja katsomalla vaaituskojeen kaukoputkesta latassa oleva mittalukema. Mittalukemien erotus kertoo pisteiden korkeuseron. Jos mittauspisteiden välimatka on liian pitkä, niiden korkeuserot ovat liian suuret tai mitattavien pisteiden välissä on näköeste, käytetään korkeuspisteiden eron mittaukseen jonovaaitusta. Siinä on sama periaate kuin vaaituksessa, mutta sitä toistetaan siirtämällä

lattaa ja vaaituskojetta vuoronperään eteenpäin. Jokaisesta vaaituskojeen asemasta otetaan mittalukema taaksepäin jo edellisestä asemasta mitattuun kohteeseen, sekä eteenpäin uuteen kohteeseen. Pisteiden korkeusero saadaan laskettua kaavasta:

$$\Delta H = (t_1 - e_1) + (t_2 - e_2) + (t_3 - e_3)$$

t on kojeasemasta taaksepäin otettu mutta, e on takymetriasemasta eteenpäin otettu mitta ja alaindeksi kertoo takymetriaseaman. Vaaituksen perus periaate on havainnollistettuna alla olevassa kuviossa (KUVIO 1). (Laurila 2012, 205, 206, 210, 219.)



KUVIO 1. Laurila (2012, 206) Vaaituksen periaate

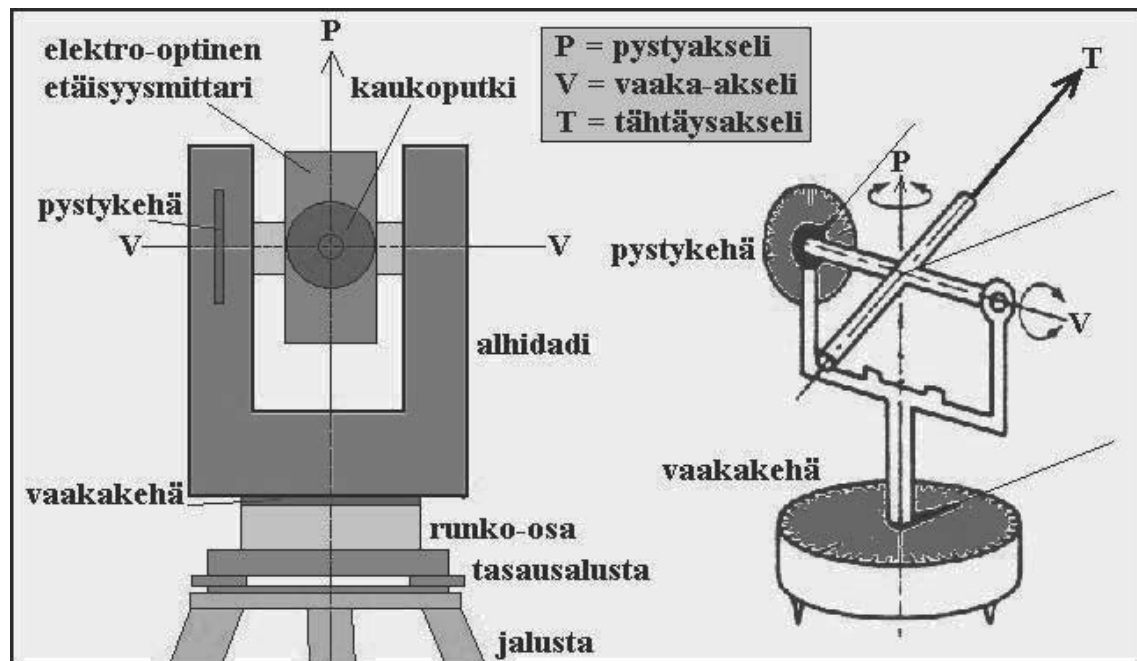
3.2 Takymetrimittaus

Takymetriä käytetään pääasiassa kulmien ja etäisyyksien mittauksiin, mutta nykyisten tietoteknisten ominaisuuksiensa puolesta sillä voidaan tehdä erittäin monipuolisia

mittauksia. Nykyaikaiset takymetrit saatiin yhdistämällä teodoliitti ja elektro-optinen etäisyysmittari. Ne yleistyivät 1980-luvun aikana ja ovat vuosien myötä kehittyneet automatisoiduiksi mittausroboteiksi. Kehittyneimmillä laitteilla voidaan kulman ja etäisyyden mittauksen lisäksi mm. skannata ja valokuvata mittauskohdetta. Aikanaan takymetrimittaus on vaatinut kahden mittaajan työryhmän, mutta nykyaikaisilla kojeilla suurimman osan mittauksista pystyy suorittamaan yksi mittaaja. (Laurila 2012, 237.)

Takymetrin pääosia ovat seuraavat: tasaustalusta, runko-osa, alhidadi, mittauskaukoputki sekä elektro-optinen etäisyysmittari. Tasausalustan avulla kone saadaan kiinnitettyä jalustaan, mikä yleensä on kolmijalka. Tasausalustassa on kolme jalkaruuvia, joilla voidaan muuttaa takymetrin kallistusta. Koneen runko-osa kiinnittyy tasausalustaan. Runko-osasta löytyy vaakakehä, joka mittaa tähtäyssuuntaa sekä vaakakulmaa. Alhidadi kannattelee itse mittauskaukoputkea, ja se mahdollistaa mittauskaukoputken pyörimisen vaak akselin ympäri samalla mitaten pystykulmia. Lisäksi takymetrissä on erilaisia tasaimia, joiden avulla takymetri saadaan asetettua vaakasuoraan. Koneessa on myös optinen luoti, jonka avulla kone saadaan asetettua tarkasti tietyn pisteen päälle. Takymetrin pääosat ja niiden sijainti on esiteltyä seuraavalla sivulle (KUVIO 2). (Laurila 2012, 239.)

Perinteisesti takymetrissä on kahdenlaisia liikeruuveja. On telkiruuveja sekä täsmäruuveja. Telkiruuveilla saadaan lukittua kaukoputki tiettyyn asentoon ja täsmäruuveilla sitä voidaan siirtää hitaasti, kun telkiruuvit ovat lukittuina. Telkiruuvien ollessa lukittuina, kojetta ei saa kääntää väkisin, sillä ruuvien rakenteet saattavat löystyä tai vaurioitua. Robottitakymetreistä ei löydy telkiruuveja, vaan niissä käytetään liikepyöriä kaukoputken suuntaamiseen. (Laurila 2012, 241.)



KUVIO 2. Laurila (2012, 239) Takymetrin pääosat ja akselit

Takymetrin lisäksi mittauksiin tarvitaan erilaisia lisävarusteita, kuten kolmijalkoja, prismoja ja kartoitussauvoja. Takymetrin jalustaksi on koneen painon vuoksi parempi valita puinen jalusta alumiinisen sijaan. Puinen jalusta pitää myös paremmin mittansa lämpötilan vaihdella. Jalustan pöytälevyn tulee takymetrimittauksessa olla aina suora, toisin kuin vaaituskojeessa, jossa jalustassa voi olla myös pyöristetty pää. Takymetrimittauksissa tähtäykset suoritetaan useimmiten prismaan. Prisma voidaan kiinnittää kolmijalalle tai kartoitussauvaan. Rakennusmittauksissa käytetään pääasiassa kartoitus-sauvaan kiinnitettyä prismaa. Erityisesti rakennusmittauksia varten on suunniteltu mini-prismalla varustettuja kartoitussauvoja. (Laurila 2012, 242, 243.)

Maastotallennin on säänkestävä tietokone, joka toimii mittamiehen apuna. Laitteeseen voidaan tallentaa lähtötiedot, mittaushavainnot sekä muut mahdolliset mittauksessa tarvittavat tiedot. Nykyaikaisilla maastotallentimilla pystytään myös ohjaamaan ja käyttämään takymetriä, joka mahdollistaa sen, että mittauksen suorittamiseen riittää yksi henkilö. (Laurila 2012, 244.)

Takymetrimittauksen aloittavaa toimenpidettä kutsutaan takymetrin orientoinniksi. Orientoinnin tarkoituksena on hakea kojeen asema koordinaatistossa sekä korkeusjärjestelmässä. Takymetrin korkeusaseman määrittämiseen riittää, että tunnetaan asemapisteen korkeus, sekä kojekorkeus. Mikäli näitä ei tiedetä, voidaan kojeen mittaus-

aseman korkeus selvittää joltain lähistöllä olevalta tunnetulta korkeuspisteeltä. Helpoin tapa takymetrin koordinaattiaseman määrittämiseen on pystyttää takymetri jonkun tunnetun pisteen päälle. Tämä onnistuu kojeessa olevan optisen luodin avulla. Mikäli tämä ei ole mahdollista, voidaan takymetrin asema selvittää suorittamalla mittaukset vähintään kahdelle tunnetulle pisteelle. (Laurila 2012, 252-258.)

3.3 Satelliittipaikantaminen

Satelliittipaikannusta kutsutaan yleisemmin GPS-paikanukseksi. Se on amerikkalainen järjestelmä, joka mahdollistaa maailmanlaajuisen reaaliaikaisen paikantamisen sääolosuhteista riippumatta. GPS-järjestelmän kehitys aloitettiin 1970-luvulla, ja tällä hetkellä se on hallitsevassa asemassa oleva satelliittipaikannusjärjestelmä. Muita mainittavia satelliittipaikannusjärjestelmiä ovat venäläinen Glonass-järjestelmä sekä Euroopan unionin Galileo-järjestelmä. (Laurila 2012, 280, 281.)

GPS-järjestelmä koostuu kolmesta lohkokosta, jotka ovat seuraavat: satelliitti-, valvonta-, ja käyttäjälohko. Satelliittilohkossa on vähintään 24 satelliittia, jotka kiertävät maata noin 20 000 km:n etäisyydellä maanpinnasta kuudella eri ratatasolla. Valvontalohkon muodostavat useat antenni- ja seuranta-asemat sekä päävalvonta-asema. Niiden tehtävänä on valvoa järjestelmän toiminnallista tilaa sekä tarvittaessa siirtää satelliitteja, jotka ovat esimerkiksi ajautuneet pois suunnitellulta radaltaan. Käyttäjälohkoon kuuluvat paikannuspalvelun käyttäjät, jotka työnsä tai harrastuksensa puolesta tarvitsevat reaaliaikaista sijaintitietoa. (Laurila 2012, 282-284.)

GPS-järjestelmän avulla käyttäjä pystyy määrittämään sijaintinsa ja nopeutensa pelkän vastaanottimen avulla. Käyttäjän sijainti määrittyy satelliittien lähettämän signaalin avulla. Se sopii kartoitustilanteisiin, joissa riittää metriluokan tarkkuus. Virheet voidaan pienentää differentiaalikorjatulla koodipaikannuksella, jossa satelliittipaikannuksen apuna käytetään tunnetulla pisteellä olevaa tukiasemaa. Toinen mahdollisuus on käyttää ns. VRS-mittausta, jossa tukiasema luodaan virtuaalisesti. Näissä mittauksissa päästään senttiluokan tarkkuuksiin.

(Laurila 2012, 280, 293.)

3.4 Lasermittalaitteet

3.4.1 Tasolaser

Tasolaser on laite, jolla pystytään mittaamaan vaak- ja pystysuuntaisia linjoja. Se kiinnitetään yleensä kolmijalalle tai seinäpidikkeeseen mitattavan tason mukaisesti. Tämän jälkeen käynnistettäessä laite tasaa automaattisesti itsensä vaakatasoon. Tasolaserin käyttö perustuu pyörivään lasersäteeseen, joka näkyy pisteenä tai viivana, tai taso pystytään määrittelemään laitteen vastaanottimella. Tasolaserit ovat erittäin käyttökelpoisia laitteita korkojen mittauksiin pienemmissä kohteissa kuten omakotitalorakentamisessa, sekä suurempien kohteiden pienemmissä osa-alueissa. Sitä pystytään käyttämään apuna myös maanrakennustöissä.

3.4.2 Laseretäisyysmittari

Laseretäisyysmittari on nopea ja helppokäyttöinen laite etäisyyksien mittaamiseen. Sen toiminta perustuu laitteesta lähtevän lasersäteen kulkeutumisen mitattavaan kohteeseen ja takaisin kuluvaan aikaan. Laseretäisyysmittarien virhemarginaalit ovat millimetri-luokkaa. Suurempi mittavirhe yleensä tulee laitteen kohtisuoruudesta mitattavaan pintaan nähden, mikäli mittausalusta ei ole tasainen. Laseretäisyysmittarien maksimimittausetäisyydet vaihtelevat laitteesta riippuen muutamasta kymmenestä metristä aina yli kilometriin asti.

3.4.3 Laserkeilain

Alunperin keilaus on ollut kaukokartoituksessa käytettävä mittausmenetelmä, mutta sitä käytetään nykyisin myös maanpinnalla tehtävissä mittauksissa. Maalaserkeilain on takymetrin kaltainen etäisyyksiä ja suuntia mittaava koje, joka soveltuu hyvin erilaisten rakenteiden mittaamiseen ja mallintamiseen, sekä maaston kohteiden mittaamiseen. Laserkeilauksessa tuloksena saadaan mittauspisteiden koordinaatit ja kolmiulotteinen pistepilvi, joka mahdollistaa mittauskohteen tutkimisen ja mallintamisen. (Laurila 2012, 271, 272.)

Laserkeilaimen etäisyyden mittaus toimii joko valon kulku-aikaan tai vaihe-eromittaukseen perustuen. Vaihe-eromittauksella toimivien laserkeilainten mitta-alue jää usein alle 80 metriin, kun taas valon kulku-aikaan perustuvat keilaimet pystyvät mittaamaan pidempiä matkoja. Laserkeilauksessa tuloksena saatavan pistepilven tiheys on suoraan verrannollinen mitta-alueeseen, joten lähellä olevasta kohteesta syntyy tiheämpi pistepilvi kuin kaukana olevasta kohteesta. (Laurila 2012, 272.)

3.5 Runkomittaus

Runkomittauksen tarkoituksena on luoda kiintopisteverkko, joka toimii kartoituksen ja rakentamiseen liittyvien paikalleenmittausten pohjana. Kiintopisteet voivat olla tasokiintopisteitä, korkeuskiintopisteitä tai yhdistettyjä taso- ja korkeuskiintopisteitä. Sen ansiosta mahdollistetaan esimerkiksi takymetrin aseman määrittäminen. (Salmenperä 2002, 94.)

Kiintopisteet merkitään kallioon, maaperäkiveen tai johonkin muuhun pysyvään kohteeseen. Tasokiintopisteen merkintänä käytetään putkea tai reikäpäistä pulttia. Korkeuskiintopisteen merkintänä on yleensä pallopäinen pultti, jonka korkeimmasta kohdasta mitataan kyseisen pisteen korkeusarvo. Valtakunnallisten kiintopisteiden tiedot saa maanmittauslaitokselta. Kunnalliset pisteet taas saa kyseisen kunnan mittausviranomaisilta tai nettisivuilta monessa kaupungissa, kuten Tampereella. (Salmenperä 2002, 10.)

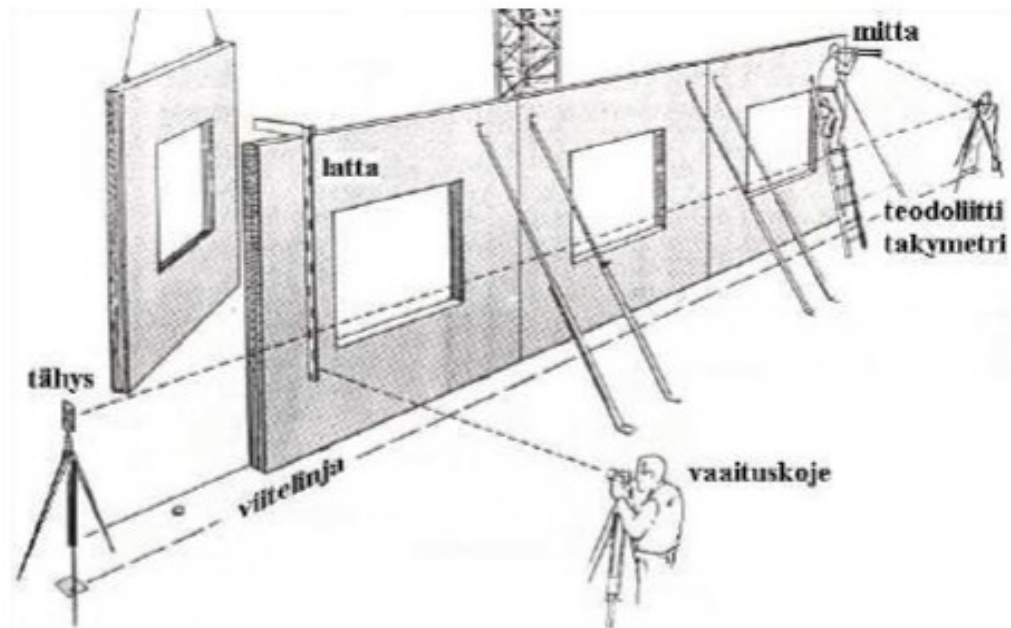
4. TYÖMAALLA TEHTÄVÄT YLEISET MITTAUKSET

Rakennustyömaalla suoritetaan pääasiassa runkovaiheessa paljon erilaisia asennus- ja paikalleenmittauksia, joissa takymetrin käyttö tuo nopeutta ja tarkkuutta mittausten suorittamiseen. Paikalleenmittausten pohjana toimii runkomittauksessa luotu valtakunnallinen kiintopisteverkko, jolloin takymetrin asema saadaan selvitettyä tunnettujen taso- ja korkeuskiintopisteiden avulla. Suuri osa mittaustyöstä pystytään nykyaikana tekemään sisätyönä tietokoneavusteisena. Kun mitattavat pisteet on valmiiksi luotu ja siirretty takymetrin muistiin, käy työmaalla suoritettavat mittaukset hyvin nopeasti.

Jo maanrakennusvaiheessa voidaan takymetriä hyödyntää mm. mitattaessa putki- ja kaapelikaivantojen korkeuksia. Monesti näissä mittauksissa on kuitenkin kätevää käyttää vaaituskojetta tai tasolaseria. Sama koskee myös pienempiä louhittavia alueita. Suurempia louhintoja varten on tehtävä inventointimittaus, jossa selvitetään alueen koko ja louhittavan massan määrä.

Paalutuksessa paalujen paikalleenmittauksessa takymetrillä päästään parhaaseen tarkkuuteen. Ennen varsinaista paalutusta, paalujen sijaintikoordinaatit syötetään takymetriin, jonka jälkeen niiden paikat mitataan ja merkitään paikalleen. Perustusten mittauksessa aloittava toimenpide on rakennuksen nurkkapisteiden mittaus ja merkitseminen, joiden mukaan selviää anturan paikka. Anturavalussa korkojen mittaukseen kätevin työväline on tasolaser tai vaaituskoje.

Seinäelementtien, pilarien sekä peruspulttien paikalleenmittauksessa takymetri on tarkkuutensa puolesta myöskin paras laite. Sitä voidaan käyttää myös asennuksen aikana hyödyksi. Takymetriin voidaan luoda esimerkiksi seinälinjoja, jolloin seinien asennuksen tarkkuutta voidaan seurata vaikka jo asennuksen aikana. Myös seinien ja pilarien pystysuoruus voidaan tarkistaa takymetrillä. Takymetrin käyttö seinäelementtien asennuksen aikana on havainnollistettu seuraavan sivun kuvassa (KUVIO 3). Palkkien ja ristikoiden paikalleenmittauksissa käytetään yleisemmin perinteistä mittanauhaa. Riippuen kuitenkin kohteen suuruudesta, takymetrin käyttö saattaa olla hyvinkin perusteltua.



KUVIO 3. Salmenperä (2002. 141) Rakennuselementin paikalleenmittaus

Kuten jo on mainittu, takymetri on tarkkuutensa puolesta paras laite paikalleenmittauksissa. Monesti kuitenkin, varsinkin pienemmissä kohteissa, päästään riittäviin tarkkuuksiin perinteisin mittamenetelmin huomattavasti nopeammin. Pienemmissä kohteissa, joissa virhe ei pääse kertaantumaa, kannattaakin miettiä, onko takymetrin käyttö ajankäytöllisesti järkevää.

5. TYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

5.1 Yrityksen nykyinen mittauskalusto ja tulevaisuuden tarpeet

Alasen Rakennus Oy:llä on perinteisten mittavälineiden lisäksi vaaituskoje, reikäputka, sekä erilaisia lasermittalaitteita kuten tasolaser, laseretäisyysmittari, 3-pistelaser sekä viivalaser. Mittaustöiden osalta on todettu parantamisen tarvetta takymetrimittauksissa.

Välttämättömästi takymetrimittausta vaativat kohteet on tähän mennessä hoidettu konsulttipalveluita käyttäen. Muutoin mittaukset on suoritettu mittanauhaa, sekä eri lasermittalaitteita käyttäen. Konsulttipalvelut ovat kuitenkin kohtuullisen kalliita ja minimiveloitus on yleensä 4 tunnin palkka, joten yrityksessä ollaan suunniteltu oman takymetrikaluston hankkimista. Ennen takymetrin hankkimista on syytä kuitenkin miettiä onko sille riittävästi käyttöä, jotta oman kaluston hankinta olisi perusteltua.

5.2 Yrityksen tyypilliset mittauskohteet

Alasen Rakennus Oy:n työmaat ovat pääpainoitteisesti korjausrakentamista. Ohella tehdään kuitenkin myös uudisrakentamista sekä laajennuksia. Suurin osa takymetrimittausten tarpeesta koostuu perustusvaiheen mittauksista, kuten anturoiden sekä rakenteiden nurkkapisteiden paikalleenmittauksista. Tarvetta on myös peruspulttien paikalleenmittauksissa, sekä erilaisissa tarkemittauksissa.

5.3 Takymetrin hankinta

Tarjouspyynnöt takymetristä lähetettiin neljään alan johtavaan yritykseen: 1. Leica, 2. Topcon, 3. Sokkia ja 4. Trimble. Hilti oli jo aikaisemmin lähestynyt yritystä markkinoiden uutta helppokäyttöistä takymetriään. Tarjouspyynnössä pyydettiin ns. perusmallia takymetristä, päehtona kuitenkin että takymetri olisi yhden henkilön käytettävä robottitakymetri. Lisäksi pyydettiin samaan pakettiin tarjousta myös mittauksissa

tarvittavista varusteista kuten kolmijalasta, sekä normaali- ja miniprismasta. Loppuksi pyydettiin vielä erillistä tarjousta heidän mahdollisista CAD -ohjelmistoistaan.

Seuraavaksi käsitellään hieman saatujen tarjousten sisältöä. Täydelliset tarjoukset löytyvät tilaajalle menevässä versiossa liitteinä työn lopussa.

5.3.1 Tarjousten sisältö

Leica

Takymetri: Leica viva TS12 P R400

- 2.0 mgon (7") moottoroitu, elektroninen takymetri
- Power search prisman pikahaku -toiminto
- ATR Automaattinen prisman tunnistus
- R400 prismaaton mittaus 400 m:in asti
- EGL5 prismahenkilön ohjausvalo
- Tiedonsiirtokylki
 - Bluetooth -portti
 - CF -muistikortti -portti
 - Radiokahva -liittymä
- I-puolen aakkosnumeerinen täysi VGA graafinen korketusnäyttö ja näppäinpaneeli
- Laserluoti kojeen pystyakselilla
- Kuljetuslaukku, työkalusarja ja sadesuoja

Lisävarusteina myös radiokahva, pakkokeskitysalusta ilman optista luotia, kolmijalka pikalukituksella sekä kantokahvalla, 2 kappaletta 4.4 Ah / 7.4 V Li-lon akkuja, sekä 2 latauslaitetta. Lisähintaa vastaan tarjolla myös tarkemmin mittaavat versiot takymetristä: TS12 P 3" R1000 sekä TS12 P 2" R1000.

Maastotallennin: Leica viva CS10

- Vahvistettu WinCE- maastotallennin täydellä VGA kosketusvärinäytöllä
- Windows CE 6.0
- Freescale i.MX31 553 Mhz ARM Core
- 512 MB DDR SRAM, 1 GB NAND Flash sisäinen muisti, SD- ja CF- muistikorttipaikat
- USB -portti, Bluetooth 2.0
- FHSS -radio 2.4 Ghz (sisäinen TPS -radiomoduuli)
- 2 MB Digikamera
- Ohjelmistona Smartworks Viva CS LT, sekä siihen laajennuspaketti
- Heijastussuojakalvo -paketti
- MFC256 CF -muistikortti

Lisävarusteina GRZ4 360° prisma, teleskooppi kartoitussauva 2.0 m, GMP101 miniprismasarja, sekä maastotallentimen teline kartoitussauvaan.

Toimituksen yhteydessä järjestetään päivän mittainen koulutus. Lisäkoulutuspäivät ovat myös mahdollisia lisähintaa vastaan.

Tarvittaessa saatavilla yksikköhintaa vastaan erilaisia sovellusohjelmia.

TopCon

Takymetri: TopCon PS 105 (1,5mgon) Robottitakymetri

- Magnet OnBoard -mittausohjelmisto
- Kaksi akkua
- Pöytälaturi kahdelle akulle
- TSShield järjestelmä, jolla kojeen voi lukita jos se on kadonnut tai varastettu
- 1000 m mittausetäisyys prismattomasti, 6000 m mittausetäisyys prismamittauksella

- Vesi- ja pölytiivis rakenne vaikeisiin olosuhteisiin, IP65 -luokitus
- USB 2.0 tiedonsiirto, säältä suojatut portit
- LongLink -langaton yhteys takymetrin ja maastotietokoneen välillä 600 m asti
- Tehokas ja näkyvä laserosoitin tähtäysakselilla
- Kirjas, graafinen värinäyttö
- Itsenäinen kalibrointi
- Kantolaukku

Maastotalennin: Topcon Tesla Standard

- MAGNET robotics -mittausohjelma
- Kaksi akkua ja verkkolaturi
- W-lan ja bluetooth yhdydet
- 5,7” LCD -kosketusnäyttö
- Windows mobile 6.5.3 Professional -käyttöjärjestelmä
- Ohjelmoitavat pikavalinnat eri ohjelmille ja sovelluksille
- 256 MB RAM ja 4 GB Flash muistit
- Tiedonsiirto SD/SDHC -kortilla ja USB -muistitikulla
- Käyttöaika 16 tuntia
- Standard mallin lisäksi saatavilla myös Geo ja GeoG3 -mallit, joissa lisänä GPS -vastaanotin ja GPRS -modeemi.

Lisävarusteina TopCon ATP-1 360° prisma, teleskooppi kartoitussauva 2,6 m, miniprismasauva ATP-1 prismalle, kolmijalat robottitakymetrille, sekä maastotallentimen teline kartoitussauvaan.

Lisäksi tarjous sisältää kaksi koulutuspäivää. Ensimmäinen koulutuspäivä järjestetään toimituksen yhteydessä sopimuksen mukaan. Toinen koulutuspäivä on voimassa 4 kk toimituksesta.

Hilti

Tarjouspaketti: Kit POS 150 BC OPT3 (Saatavana lisähintaan myös tarkemmin mittaavana versiona POS 180)

- Totalstation POS 150 BC Robottitakymetri
- Kantolaukku POA 62
- Reflectorstab POA 52
- Laukku POA 100 OPT3
- Kolmijalka PUA 36
- PC-software PROFIS layout V1.3

Tarjous siis pitää Hiltin oman CAD -ohjelmiston, jolla ei ole vuosittaisia kustannuksia. Mukaan tulee myös akut, laturit, sekä kiinnike maastotallentimelle. Tarjoukseen sisältyy mittajatkke prismalle, sekä iso ja pieni 360° prismat. Tarjouksen mukana luvattiin myöskin kaksi ilmaista koulutuspäivää. Lisähintaa vastaan saatavilla myös tarkemmin mittaava 3” versio kojeesta.

Laitteen sovellukset:

- Sijainnin ja korkojen paikannus kaivannolle, muoteille sekä kiinnityspisteille lattiaan ja kattoon
- Etäisyyksien ja kaatojen tarkka mittaus
- Pisteiden ja linjojen vertikaalinen siirto kerrosten välillä
- Tarkistusmittaukset, pinta-alojen määrittelyt sekä suunnittelu (www.hilti.fi. Luettu 10.4.2013)

Trimble

Takymetri: Trimble S6 3” -robottitakymetrikalusto

- Elektromagneettinen MagDrive™ -takymetri
- Kääntymis- ja seurantanopeus 115° (128 gon/s)
- SurePoint™ -virheenhallintajärjestelmä
- Autolock® -toiminto

- Aktiivinen- ja passiivinen prisma seuranta (0,2 – 1000 m)

- Robottitoiminto integroidulla 2.4 Ghz radiolla
- Drplus™ prismaton pintaheijastus toiminto
 - Prismaton mittaus 0,5 – 2200 m, laserluokka 1
- USB ja Bluetooth® -yhteydet myös runkoon
- GPS-haku toiminto (haku alle 3 s)

Lisäoptioina takymetriin ovat MultiTrack aktiivinen prismanseuranta, sekä koneen runkoon integroitava kamera.

Maastotallennin: Trimble TSC3® -maastotietokone

- 2.4 Ghz integroitu radio robottimittauksiin
- Windows mobile 6.5
- Trimble® Access™ – mittausohjelma
- Integroitu 3G -modeemi
- Integroitu kamera
- Integroitu GPS
- Integroitu kompassi
- Sisältää kaikki takymetri ja GPS-ohjelmat
- Sauvapidike
- Sisäinen akku (30 h mittaukseen)
- Kuljetuslaukku

Lisävarusteina kantolaukku ja kantoremmit takymetrille, tasausalusta, hiilikuitu teleskooppisauva, 360° passiiviprisma, 2 kpl Li-ion 5.0 Ah akkuja, latausteline sekä lasikuitu jalusta.

Tarjous sisältää yhden koulutuspäivän. Ohjelmistoihin sisältyy yhden vuoden tuki, jonka aikana ohjelmistopäivitykset ovat ilmaisia.

CAD -ohjelmistot

Ainoiastaan hiltin tarjouksessa CAD –ohjelmisto sisältyy takymetripakettiin. Muilla valmistajilla CAD –ohjelmistot ovat hinnoiteltuna erikseen joko 12 kk lisensseinä, tai pysyvinä lisensseinä. Leican oma CAD ohjelmisto on nimeltään Leica GEO Office, TopConin MAGNET Office Tools. Trimblen ohjelmisto on Trimble Business Center Standard. Ohjelmista on saatavina peruspakettien lisäksi myös kattavampia paketteja. Muita ohjelmistovaihtoehtoja ovat myös esimerkiksi AutoCAD, 3DWin sekä Draftsight.

5.3.2 Tarjousten vertailu

Seuraavassa taulukossa (TAULUKKO 1) verrataan eri valmistajien takymetriä yleisiä ominaisuuksia, sekä ominaisuuksia Alasen Rakennus Oy:n tarpeisiin nähden. Mukaan on myös otettu tarjouksiin sisältyviä muita etuuksia. Taulukossa ”X” tarkoittaa, että kyseinen ominaisuus löytyy, ”O” tarkoittaa että se on saatavilla esim. laajennuspaketin mukana ja ”–” tarkoittaa, että kyseistä ominaisuutta ei ole saatavilla. Kysymysmerkillä ilmaistaan, että tietoa saatavuudesta ei ole. Tiedot tarjousten hinnoista ovat luottamuksellisia, joten ne löytyvät vain tilaajalle menevässä versiossa.

Ominaisuus	Leica Viva TS12 P R400	TopCon PS 105	Hilti POS 150 BC	Trimble S6
Käsitteltävät tiedostoformaatit	ASCII, DXF, LandXML	GT, MMH360, DXF, DWG, SHP, CSV, LandXML	?	DXF- ja muut yleisimmät formaatit, sekä monia muita
Ohjelmistojen riittävyys tavanomaisten rakennustyömaan mittausten suorittamiseksi	X	X	X	X
Tiedonsiirto	Bluetooth, CF -muistikortti, USB -tikki	SD -kortti, USB -tikki	USB -tikki, ?	USB -tikki, Bluetooth
Reaaliaikainen tiedonsiirto	X	O	?	X
Prismaton mittaus	400m	1000m	?	1300m
Mittaus prisman kanssa	2000m	6000m	?	5500m
Tarkkuus	7" (2mgon)	5" (1,5mgon)	5" (1,5mgon)	3"
3" versio kojeesta	O	O	O	X
Koulutuspäivät	1kpl	2kpl	2kpl	1kpl
Tiedostojen katselu taustakuvana	O	X	?	X
Pisteen graafinen valinta kartalta	X	X	X	X
GPS -haku	-	O	-	X
Kamera	-	O	-	X

TAULUKKO 1. Tarjousten ominaisuuksien vertailu

Monipuolisimmat ominaisuudet ovat Trimblen ja TopConin laitteissa. Leica tarjous puolestaan on ylivoimaisesti edullisin. Muiden tarjousten hintaerot ovat keskenään pienempiä. Yrityksen tarpeisiin nähden kaikkien tarjouspaketit ovat kuitenkin tällä hetkellä riittäviä. Ennen kojeen hankkimista tulee kuitenkin miettiä onko tulevaisuudessa tulossa vaativampia mittauksia, jotka tarvitsevat monipuolisemman kaluston. Yrityksellä ei kuitenkaan ole täyspäiväistä mittamiestä, joten tulee myös huomioida saadaanko monipuolisesta kalustosta kaikkea hyötyä irti.

CAD -ohjelmistoissa ei hintansa puolesta ole isoakaan eroa eri takymetrivalmistajien välillä. Yrityksen tarpeiden kannalta kaikista näistä löytyy tarvittavat ominaisuudet mittausten suorittamiseen. Takymetrin ja CAD -ohjelmiston yhteensopivuuden kannalta onkin suositeltavaa, että ohjelmiston ottaa samalta valmistajalta kuin kojeen. Lisäksi toimituksen yhteydessä järjestetyssä koulutuspäivässä käydään läpi myös CAD -ohjelmiston käyttö.

5.3.3 Kannattavuuslaskelma

Täydelliset laskelmat kojeiden ja ohjelmistojen takaisinmaksuajasta löytyvät tilaajan versiosta liitteenä (liite 5). Laskelmissa verrattiin eri valmistajien kalustopakettien hintoja sekä kuluja itse suoritetuista mittauksista Alasen Rakennus Oy:n antamaan arvioon konsulttipalveluiden vuosittaisista kustannuksista. Takaisinmaksuaika vaihteli välillä 6 - 15,5 vuotta riippuen takymetripaketista, sekä vuosittaisesta käytön määrästä.

5.4 Takymetrin käyttö

5.4.1 Mittausvälineiden käsittely

Takymetrin ja muiden mittalaitteiden käsittelyssä on tärkeää noudattaa asianmukaista huolellisuutta jotta kojeet säilyvät toimintakuntoisina ja tarkkoina. Mittauskojeen mukana tulevista käyttöohjeista pitäisi selvittää kojeen tekniset tiedot, huolto-ohjeet, toimintojen tarkastusmenettelyt, ja sääntöohjeet. Näitä noudattamalla pystytään ylläpitämään laitteen toimintakunto ja tarkkuus, sekä myöskin arvioimaan laitteen huoltotarpeet. (Laurila 2012, 361.)

Mittalaitteita tulee aina käsitellä varovasti. Erityistä varovaisuutta tulee noudattaa kun laite otetaan kuljetuskotelosta, laitettaessa se takaisin, sekä muutenkin laitetta liikuteltaessa. Ennen takymetrin laittamista kuljetuskoteloon, tulee sen telkiruuvit avata, sekä huomioida että koje on asetettu koteloon ohjeiden mukaisesti. Kuljetusasento ilmoitetaan yleensä koteloon liimatussa tarrassa. Takymetriä ei tulisi kuljettaa lyhyitäkin matkoja kolmijalkaan kiinnitettynä. Ennen kojeen liikuttelua, saa telkiruuvit kiristää vain kevyesti, jotta mahdollisen iskun sattuessa kojeen osat pääsevät liikkumaan. (Laurila 2012, 362.)

Riippuen mittausten vaatimista tarkkuuksista, tulisi takymetrin antaa tasaantua ympäristön lämpötilaan ennen mittausten suorittamista. Kojeen materiaaleista ja lämpötilaeroista riippuen voi tähän mennä jopa puoli tuntia aikaa. Nopea lämpötilan muutos tai kojeen epätasainen lämpeäminen saattavat häiritä kojeen tasausta

ratkaisevasti. Talvella suoritettavissa mittauksissa pitää myös muistaa, että kolmijalka ei pysy pitkiä aikoja lumen ja jään päällä tasattuna. (Laurila 2012, 363.)

Kostunutta kojetta ei saa säilyttää kuljetuskotelossaan, vaan sisätiloissa ilmavassa ja kuivassa paikassa. Laitteen optisiin osiin ei saa koskea paljain sormin. Optisia osia puhdistettaessa on selvitettävä osien valmistusmateriaali ja mahdollinen pinnoitus, jotta puhdistusaineet eivät naarmuttaisi tai syövyttäisi niitä. (Laurila 2012, 363.)

Mittaustuloksissa tulevien virheiden välttämiseksi tulisi mittausrakenteet tarkastaa ja kalibroida säännöllisesti laitevalmistajan ohjeiden mukaan. Takymetrillä kalibrointi tulisi yleensä suorittaa kerran vuodessa. Kojeen ulkoinen puhdistus tulisi myös suorittaa kerran vuodessa, sekä täydellinen puhdistus viiden vuoden välein. Seuraavassa kuviossa (KUVIO 4) on esitettyä takymetrin huoltorytmi. (Laurila (2012, 366.)

Käyttökohde	Toimenpide	Vaaituskoje	Takymetri
Helppo ympäristö	Kalibrointi	2 kertaa/vuosi	kerran vuodessa
	Ulkoinen puhdistus	kerran vuodessa	kerran vuodessa
	Täydellinen puhdistus	joka kolmas vuosi	joka viides vuosi
Vaativa ympäristö	Kalibrointi	4 kertaa/vuosi	2 kertaa/vuosi
	Ulkoinen puhdistus	2-3 kertaa/vuosi	2 kertaa/vuosi
	Täydellinen puhdistus	joka toinen vuosi	kerran vuodessa

KUVIO 4. Laurila (2012, 366) takymetrin ohjeellinen kalibrointi- ja huoltorytmi.

Takymetrissä olevien nestetasainten kunto tulisi tarkastaa aina tasauksen yhteydessä. Ensin koje tasasataan yhteen asentoon, jonka jälkeen sitä käännetään 180°. Mikäli tasaus säilyy käynnön jälkeen, on tasaimen kunnossa. Jos tasaimen kupla poikkeaa keskiasennosta, korjataan puolet poikkeamasta tasaamalla koje jalkaruuveilla. Toinen puoli korjataan tasaimen säätöruuveilla. (Laurila 2012, 366.)

Prismavakio tarkoittaa elektro-optisen etäisyydenmittauksen korjausta, joka riippuu takymetrin ja etäisyydenmittauksessa käytettävästä prismasta. Mikäli prismavakio ei ole kunnossa, se voi aiheuttaa senttimetrin virheitä mitattavissa etäisyyksissä.

Prismavakio voidaan tarkastaa tunnetun vertailumatkan avulla käyttämällä esimerkiksi kalibroituja mittanauhaa. (Laurila 2012, 373.)

Takymetrin keskistys tunnetun pisteen päälle suoritetaan optisen luodin avulla. Mikäli optinen luoti näyttää väärin, syntyy virheitä sekä tähtäysuuntiin, että etäisyyksiin. Tästä syystä optinen luoti tulisi tarkastaa säännöllisin väliajoin. Optisen luodin tarkastusmenetelmiä on erilaisia riippuen sen sijainnista takymetrissä, joten tarkastus tulee suorittaa laitevalmistajan ohjeen mukaan. Optisen luodin säätötoimenpide ei välttämättä ole aivan yksinkertainen, joten varmintä on antaa laitevalmistajan huollon hoitaa mahdollisesti tarvittava säätäminen. (Laurila 2012, 374.)

5.4.2 Takymetrin orientointi

Työmaalla takymetrillä tehtävien mittausten aloittava toimenpide on takymetrin orientointi. Orientoinnilla tarkoitetaan kojeen paikan määrittämistä koordinaatistossa ja korkeusjärjestelmässä. Samalla suoritetaan kojeen ja tähyksen keskitys ja tasaus mittauspisteille, sekä koje- ja tähyskorkeuksien mittaaminen. (Laurila 2012, 252.)

Ensimmäinen toimenpide on kojeen keskittäminen ja tasaaminen. Tällöin takymetri asetetaan siten, että koje tulee vaakasuoraan. Samalla pysty akseli tulee pystysuoraan maanpinnalla olevan pistemerkin kohdalle (mikäli mittaukset suoritetaan tunnetulta pisteeltä). Keskitys ja tasaus suoritetaan tasainten sekä optisen luodin avulla. Kojeen asentoa säädetään kolmijalan jalkojen ja tasausalustan jalkaruuvien avulla. Kun orientointi suoritetaan tunnetulle pisteelle, riittää että siitä suoritetaan yksi tähtäys jollekin tunnetulle pisteelle, jota kutsutaan tässä tapauksessa liitospisteeksi. Liitospisteen avulla saadaan jatkossa suoritettavien mittausten suuntakulmat. (Laurila 2012, 253, 257.)

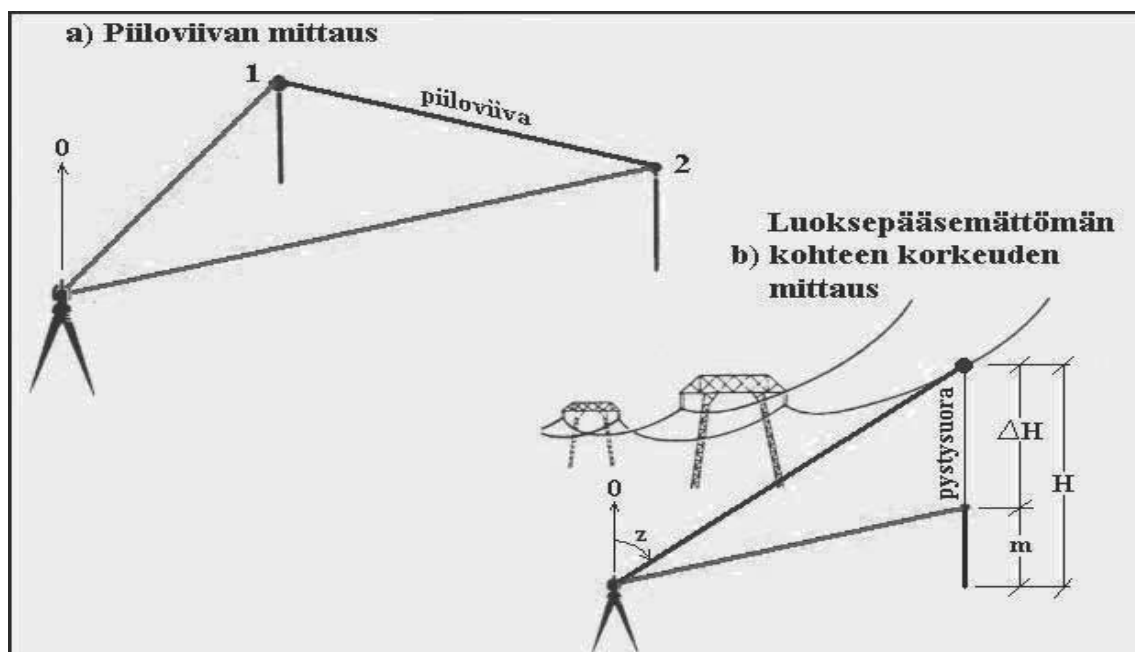
Orientointi vapaalle asemapisteelle eroaa siten, että tähtäys tarvii suorittaa kahdelle tunnetulle pisteelle. Kojee laskee asemapisteen sijainnin koordinaatistossa, sekä sen korkeusaseman näiden mittausten mukaan. Mittauksen luotettavuutta voidaan lisätä käyttämällä usempaa liitospistettä. (Laurila 2012, 259, 260.)

5.4.3 Takymetrimittaukset

Piiloviiva ja luoksepääsemätön kohde

Piiloviivan ja luoksepääsemättömän kohteen mittaamiseen tarvittavat ominaisuudet löytyvät useimmista takymetreistä vakiona. Piiloviivan mittaus tarkoittaa kahden pisteen välisen etäisyyden ja korkeuseron mittaamista siten, että mittaus suoritetaan pisteiden välisen yhdysjanan ulkopuolelta. Mittaus voidaan suorittaa, vaikka pisteiden välillä olisi jokin näköeste. Korkealla sijaitsevan kohteen korkeuden ja tasosijainnin mittaus onnistuu asettamalla prisma kohteen kautta kulkevalle pystysuoralle kohteen alapuolelle. Ensiksi mitataan prismaan pystykulma ja vinomatka, jonka jälkeen siirretään tähtäys varsinaiseen mittauskohteeseen, johon mitataan pystykulma.

(Laurila 2012, 262.)



KUVIO 5. Laurila (2012, 262.) Piiloviivan sekä luoksepääsemättömän kohteen mittaus.

Kartoitusmittaukset

Laaja-alaiset kartoitukset tehdään pääosin kaukokartoituksin, mutta niitä joudutaan usein tarkastamaan ja täydentämään maastossa takymetri- ja satelliittimittauksin. Yksittäisen rakennustyömaan kartoitus voidaan suorittaa pelkästään maastomittauksin. Myös erityistä tarkkuutta vaativat kartoitukset tehdään maastossa, sillä maastomittaukset ovat yleisesti ottaen tarkempi mittaustapa. (Laurila 2012, 262.)

Takymetrillä kartoitettaessa menetelmänä on tasosijainnin osalta säteittäinen mittaus ja korkeuden osalta trigonometrinen korkeudenmittaus. Mittaustulokset tallennetaan sähköiseen muotoon, ja käsitellään tietokoneavusteisesti kartan muotoon. Tiedonhallinnan kannalta on tärkeää koodata mittaushavainnot. Yleensä koodauksessa käytetään neljää tunnusta: pintatunnus, viivanumero, lajikoodi ja pistenumero. Pintatunnus kertoo sijaitseeko piste esimerkiksi maan tai kallion pinnalla. Samalla viivalla, vaikkapa tien keskilinjalla oleville pisteille, annetaan sama viivanumero. Lajikoodi luokittelee kohteen, esimerkiksi jos piste kuuluu aitaan, kohteessa on lämmitystolppa tai jokin muu selkeä maamerkki. Pistenumero taas on pisteen yksilöivä tunnusnumero. (Laurila 2012, 263.)

Koodi	Kohteen kuvaus	Koodi	Kohteen kuvaus
703	Aita	1180	Porttaali
702	Aita kivi	3100	Puhelinjakokaappi
601	Ajoradan reuna	3000	Puhelinkioski
218	Apupiste	8837	Purkuputkenpää sv
1181	Asfaltti	1101	Pylväsmuuntaja
1193	Auton lämmitystolppa	1187	Pysäköintimittari
710	Avokallio	632	Päällysteen reuna
8900	Epäselvä kaivo	619	Raide

KUVIO 6. Laurila (2012, 264.) Esimerkinä Rovaniemen kaupungin käyttämiä lajikoodeja.

Maastomallimitaukset

Tietotekniikkaan tukeutuvaa rakennusteknistä suunnittelua ja ympäristön visualisointia kolmiulotteisina kuvina ja esityksinä, jotka perustuvat maastoon ja rakennettuun ympäristöön, kutsutaan maastomalliksi. Siihen sisältyy maanpinnan korkeudet mallinnettuna jatkuvaksi pinnaksi sekä lisäksi mahdollisesti maalajipintoja, rakennuksia, johtotietoja ja maanalaisia tiloja. Maastomallin muodostamista varten täytyy maastosta mitata malliin tulevien pintojen muotoa kuvaavien pisteiden korkeuksia ja koordinaatteja. Mittausten laskennan yhteydessä pisteet yhdistetään kolmioiksi, jotka muodostavat kolmioverkkomallin. Mallintamisen jälkeen alueelle voidaan laskea esim. korkeuskäyrät sekä erilaisia poikkileikkauksia. (Laurila 2012, 265.)

Rakenteesta on kartoitusmenetelmästä riippumatta tärkeää mitata taiteviivoja. Taiteviivoilla tarkoitetaan kohteita, joissa tapahtuu pinnan kaltevuuden- tai ominaisuuksien muutos, esimerkiksi ojan penkalla tai pohjalla tapahtuu jyrkkä kaltevuuden muutos. Kolmioverkkomallinnuksessa mallikolmioiden kannat sijoitetaan aina taiteviivoille, mikä parantaa mallinnuksen luotettavuutta ja tarkkuutta. (Laurila 2012, 266.)

Rakentamisen mittaukset

Rakennussuunnitelmien toteutuksen yhteydessä tehdään erilaisia merkintä- ja asennusmittauksia. Lähtökohtana merkintämittauksille on jokin rakennussuunnitelma, kuten asemapiirustus, jossa on kuvattu kohteen sijainti. Merkintämittauksessa suunniteltu sijainti merkitään rakennuspaikalle, jonka mukaan itse rakentaminen tapahtuu. Takymetri soveltuu hyvin merkintämittauksiin tarkkuutensa ja muiden ominaisuuksiensa puolesta. Merkintämittauksissa tehdyt virheet voivat aiheuttaa suuriakin taloudellisia menetyksiä, joten niissä on syytä olla erityisen huolellinen. (Laurila 2012, 267.)

Tarkastusmittaukset

Tarkastusmittauksilla todetaan aikaisempien mittauksien tarkkuus tai tarkastettavien kohteiden toleranssivaatimusten toteutuminen. Työmaalla tehdään tarkastusmittauksia rakentamisen eri vaiheissa, kuten elementtejä vastaanotettaessa, valmiin rakennuksen osan valmistuttua, ja koko rakennusprojektin loppuvaiheessa. Tarkastettavia kohteita voivat olla esimerkiksi rakennustyömaan pisteistön tarkkuus, tai asennetun elementin sijainnin poikkeama suunnitellusta sijainnista. (Martikainen 1990, 195.)

Ennen rakentamisen aloittamista sopimusosapuolten on syytä sopia tarkastusmittauksiin liittyvistä yksityiskohdista, jossa ilmenee seuraavat asiat:

- Tarkastettavat kohteet, niiden ominaisuudet sekä käytettävät toleranssit
- Missä rakentamistyön vaiheessa tarkastukset tehdään
- Tarkastuksen vastuosapuolet
- Mittausmenetelmät
- Hylkäystapauksen aiheuttamat toimenpiteet ja seuraukset

- Tarkastuksen aloitus- ja päätösaika
- Tarkastustulosten dokumentointi

(Martikainen 1990, 195.)

Seuraavassa listassa esimerkkejä tarkastettavia kohteita:

- Anturan mitat ja korkeustaso
- Perus-, -tihennys-, ja käyttöpisteiden sekä luodittujen pisteiden taso- ja korkeussijainti
- Työmaalle toimitettujen tehdasvalmisteisten elementtien mitat
- Elementtien epäkeskisyys
- Pystysuoruus (erityisesti porras- ja hissikuilut)
- Elementtien välisen sauman vällys
- Elementtien kantavien pintojen mitat
- Rakennuksen lattiapintojen vaakasuoruus
- Pintojen yhteensopivuus
- Pintojen ja elementtien poikkileikkauksen muoto

(Martikainen 1990, 196.)

Tarkastusmittauksia voidaan tehdä rakennusprojektin eri vaiheissa. Rakennuselementtejä valmistavassa tehtaassa voidaan elementit tarkastaa ennen niiden toimitamista eteenpäin. Silti syytä on suorittaa vastaanottotarkastus työmaalla ennen niiden asentamista. Rakennusprojektin aikana tehtävät tarkastusmittaukset voidaan suorittaa tietyn rakennusosan tai vaiheen valmistuttua. Lopputarkastus suoritetaan ennen luovuttamista rakennuttajalle. Tarkastusmittauksia on syytä tehdä riittävän paljon, jotta mahdolliset mittapoikkeamat todetaan riittävän ajoissa ja ne tulisi ajoittaa siten, että korjaustoimien aiheuttamat lisäkustannukset olisivat mahdollisimman pieniä.

(Martikainen 1990, 196.)

Tarkastusmittauksiin on nimettävä vastuuhenkilö, joka vastaa mittausten käytännön toteuttamisesta. Vastuuhenkilönä toimii yleensä pääurakoitsijan tai aliurakoitsijan edustaja, tai näiden nimeämä konsultti. Myös viranomainen tai rakennuttajan edustaja voi toimia vastuuhenkilönä. (Martikainen 1990, 197.)

Tarkastusmittauksissa voidaan käyttää samoja mittausmenetelmiä, joita käytettiin alkuperäisissä mittauksissa. Mittaukset tulee dokumentoida havaintokirjaan ja talletettava siten, että ne ovat aina saatavilla. Dokumentoinnissa tulisi olla ainakin seuraavat asiat:

- Mittauskohde
- Mitatut arvot, mahdollinen laskenta ja sen analysointi
- Päivämäärä, kellonaika ja paikka
- Mittauksen suorittajan nimi
- Käytetty kalusto, valmistusnumero ja kalibrointitodistukset
- Mittauskojeelle tehdyt tarkastukset
- Mittauspisteiden sijainti (uudet pisteet)
- Käytetyt lähtöpisteet
- Lämpötila ja muut säätökijät
- Muut mahdollisesti mittaukseen vaikuttavat tekijät

(Martikainen 1990, 197, 198.)

5.5 Tietokoneavusteinen mittaus

Suuri osa takymetrimittauksiin liittyvistä töistä tehdään tietokoneavusteisesti. Mitattavat pisteet, linjat yms. luodaan tietokoneella sähköiseen kuvaan, josta ne siirretään takymetrin muistiin. Näinollen työmaalla mitattaessa ei tarvitse suorittaa laskutoimenpiteitä ja itse mittaus käy nopeasti.

Tietokoneavusteisessa mittauksessa ensimmäinen tarvittava asia on CAD -ohjelmisto. Ohjelmistolla tulisi pystyä lukemaan ja käsittelemään ainakin 2D -kuvia. Ylivoimainen markkinointijohtaja näistä ohjelmista on Autodesk'in AutoCAD. AutoCAD on kuitenkin kohtuullisen kallis ohjelmisto ja yksinkertaisissa mittaustöissä pärjää hyvin halvemminkin ohjelmistolla. Suurella osalla takymetrivalmistajista löytyy myös oma ohjelmisto huomattavasti halvempaan hintaan, ja niistä löytyvät tarvittavat ominaisuudet tavanomaisten mittausten suorittamiseen. Lisäksi monella takymetrivalmistajalla kaupan ohessa tulee muutama koulutuspäivä, jossa käydään läpi myös ohjelmiston perustoiminnot.

Pisteiden luonti ohjelmistoon tyhjälle pohjalle paperikuvaa apunakäyttäen on työlästä. Tästä syystä kuvat tulisi saada myös sähköisesti. Työmailla joissa on tarvetta takymetrimittauksille, tulisi tarve sähköisestä kuvasta ilmoittaa rakennuttajalle jo urakkaa solmittaessa. Suurin osa CAD -ohjelmistoista lukee .dwg muotoisia tiedostoja, joten sähköiset piirustukset tulisi pyytää ainakin tässä muodossa. Suunnittelukuvassa ei välttämättä aina ole tarpeeksi mittoja merkittynä, joten tästäkin syystä olisi hyvä pyytää kaikista työmaista piirustukset paperiversion lisäksi myös sähköisenä versiona. Koneella saa nopeasti laskettua puuttuvat mitat ja tulostettua ne paperille. Lisäksi kuvat pysyvät koneella hyvin järjestettynä ja ne löytyvät sieltä nopeasti, toisin kuin paperiversioilla on tapana käydä. Sähköisestä kuvasta saadaan myös nopeasti laskettua pinta-aloja ja tilavuuksia esimerkiksi betonin tilaamiseen.

Sähköistä kuvaa käsiteltäessä ennen takymetrimittauksia on tärkeää luoda riittävän kattava pisteryhmä. Paikalleenmitattavien pisteiden lisäksi tulee kuvaan lisätä riittävä määrä tunnettuja kiintopisteitä takymetrin orientointia varten. Kiintopisteitä on hyvä olla reilusti mahdollisten näköesteiden takia. Pisteryhmää luodessa tulee sekä kiintopisteistä, että mitattavista pisteisistä tulee löytyä pisteen koordinaatit, sekä mittauksesta riippuen myös korkeusasema. Kiintopisteistä on hyvä myös laittaa lisäkommenttina sen sijainti, esim. kallio, jotta sen löytyminen työmaalla helpottuu.

6. TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tarjouskilpailussa voittajaksi selviytyi opinnäytetyön tekijän mielestä Leica Viva TS12 P R400, sekä CAD -ohjelmistoksi Leica Geo Office. Ominaisuuksiensa ja yrityksen tarpeiden puolesta kyseisessä takymetrissä hintalaatusuhde on paras. Takaisinmaksuaika kyseisellä laitteella vuosittaisen käytön määrästä riippuen 6-9,5 vuotta. Monissa teollisuuden kohteissa takymetriltä vaadittava tarkkuus on 3”, joten yrityksen mittauskohteista riippuen lisähintaa vastaan on suositeltavaa ottaa suoraan kyseinen versio laitteesta, jottei hetken päästä todeta laitetta riittämättömäksi. Lisähinta tarkempaan takymetriin nostaa takaisinmaksuaikaa noin vuodella. Hyödyllistä voi myös olla ottaa vertailulinja -sovellusohjelma, mikä helpottaa sivukaltevuuksien mittauksia.

CAD -ohjelmistoksi Leica Geo Office peruslisenssi on hyvä valinta, sillä se on sopivan hintainen ja siitä löytyy tarvittavat ominaisuudet yrityksen tekemien mittausten suorittamiseen. Lisenssi on kertamaksu, ja mikäli se todetaan myöhemmin riittämättömäksi, on siihen tarjolla laajennuspaketteja. Myös yhteensopivuuden kannalta on järkevää ottaa CAD -ohjelmisto samalta valmistajalta kuin takymetri. Takymetrin toimituksen yhteydessä järjestettävässä koulutuksessa käydään läpi myös CAD -ohjelmiston perustoiminnot.

Yrityksen mittaustarpeen ollessa kausiluonteista ja vaihtelevaa, järkevin tapa mittausten suorittamiseen on takymetri mittauksiin koulutettu timpuri. Lisäksi ainakin yhden työnjohtajan olisi hyvä perehtyä laitteen käyttöön.

Huolellisesti käytettynä takymetrit ovat erittäin pitkäkestoisia laitteita, joten oman kaluston hankkiminen tässä tapauksessa on perusteltua. Takaisinmaksuajassa käytetyt lukuarvot olivat vielä arvioitu todennäköisesti hieman yläkanttiin, joten todellinen takaisinmaksuaika on luultavasti laskettuja arvoja pienempi. Lisäksi laskuissa ei ole otettu huomioon mahdollisia konsulttipalveluista johtuvia odotusaikoja, sekä sitä, että moni mittaus, jossa olisi voitu käyttää takymetriä, on tähän asti suoritettu jollain muulla tavalla. Mittausten alkaessa sujua hyvin, on mahdollisuus vielä mittausspalveluiden myyntiin tutuille yrityksille, joilta oma kalusto puuttuu.

Pituudeltaan opinnäytetyöstä tuli samaa luokkaa, kuin aluksi arvioitiin. Pohjana työlle käytettiin pääasiassa kirjallisuutta sekä takymetreistä saatuja tarjouksia, mutta osittain lisätietoa haettiin myös takymetrejä valmistavien yrityksen verkkosivuilta. Muilta osin lähtötiedot työlle olivat melko vähäiset, sillä työn tekijän edelliset kokemukset takymetrikalustosta olivat vähäisiä, ja niistä oli aikaa useita vuosia. Työn edetessä takymetri tuli kuitenkin ainakin teorian osalta hyvin tutuksi.

Työn tilaajan kannalta työ onnistui kohtuullisen hyvin. Tilaajan kannalta tärkeimmät asiat olivat takymetrin hankinta, sekä sen kannattavuuden arviointi, jotka muodostivat työn painopisteen. Eri takymetriä keskenäistä vertailua kuitenkin hankaloitti se, että vastaavia tietoja ei ollut saatavilla kaikilta valmistajilta.

Työssä käydään referoituna läpi takymetrin käyttöä, sekä käsittelyä. Tulevan mittamiehen kannalta nämä asiat helpottavat itse mittausten suorittamista.

LÄHTEET

Laurila P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet.

Martikainen M. & Santala J. 1990. Rakennusmittaus.

Salmenperä H. 2002. Maasto- ja rakennusmittauksen perusteet.

www.hilti.fi

www.leica-geosystems.fi

www.geotrim.fi

www.topgeo.fi

LIITTEET

LIITE 5. Takaisinmaksuaika laskelman periaate

Takymetrin takaisinmaksuaika (vuosina) saadaan laskettua kaavasta:

$$n \cdot v = t + n \cdot t_v + n \cdot m_v$$

n = Takaisinmaksuaika

v = Konsulttipalveluille tähän mennessä käytetyt vuosittaiset kustannukset

t = Takymetrin sekä ohjelmistojen kertahankintakulut

t_v = Takymetrin vuosittaiset huolto ja kalibrointikustannukset, sekä mahdollisesti ohjelmistojen vuosittaiset kustannukset

m_v = Oman mittamiehen vuosittaiset palkkakustannukset yritykselle

Lopullista laskentaa varten kaava pyöritellään muotoon:

$$n \cdot v = t + n \cdot t_v + n \cdot m_v$$

$$n \cdot v - n \cdot t_v - n \cdot m_v = t$$

$$n = \frac{t}{v - t_v - m_v}$$