



Teemu Moisas

Paalutustyömaan mittaukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinöörityö

2.4.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Teemu Moisas
Otsikko:	Paalutustyömaan mittaukset
Sivumäärä:	26 sivua
Aika:	2.4.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Maanmittaustekniikan tutkinto-ohjelma
Ohjaaja:	Lehtori Ilkka Partonen

Insinööriyössä oli tarkoituksena tehdä yhteenveto paalutustyömaalla suoritettavista mittauksista hyödyntäen työmailla saatua käytännön osaamista ja täydentäen sitä teoriatiedolla.

Työssä tarkastelun kohteena olevilla paalutustyömailla aiheutui takymetrin tasaukseen ongelmia, mistä syntyi idea tutkia takymetrin elektronisen tasaimen toimintaa. Tasaukseen tulevat virheet laskettiin ja tuloksia verrattiin käytännön kokeella suoritettavaan testiin. Tulokset osoittivat elektronisen tasaimen pitävän takymetrin erinomaisesti tasassa vaativissakin olosuhteissa.

Työssä käytiin läpi paalutustyömaalla suoritettavat merkinnät ja mittaukset. Merkinnoissa keskityttiin kuvaamaan, miten merkit piirretään. Mittauksissa keskityttiin selvittämään, mitkä tarkkeet otetaan ja mistä kohdasta ne otetaan. Tavoitteena oli esitellä työtehtävät siinä järjestyksessä, kuin ne työmaalla toteutuvat.

Lopputuloksena syntyi raportti, jota voidaan hyödyntää paalutustyömailla uusien työntekijöiden perehdytysmateriaalina.

Avainsanat: paalutus, merkintä, tarkemittaus, työmaa

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Teemu Moisas
Title: Piling Construction Measurements
Number of Pages: 26 pages
Date: 2 April 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Land Surveying

Supervisor: Ilkka Partonen, Senior Lecturer

The purpose of this thesis was to study the operations of an electronic leveler in total station on piling site to establish whether the levelling is prone to errors, as piling can cause problems with levelling. The final year project was done by applying practical skills acquired from the field, supplementing them with theory, and summarizing the measurements performed at the piling site. An additional goal was to present the tasks of a piling site in the order they are carried out.

In the final year project, errors in levelling were calculated, and results were compared with practical test. The thesis also discussed the markings and measurements carried out at the piling site. Focusing on describing how the marks are drawn. In the measurements, the focus was on determining which as-built surveys are taken and from which point.

The results indicated that the electronic leveler kept the total station well levelled even in demanding conditions. The thesis can be utilized as training material for new employees at piling sites.

Keywords: piling, marking, exact measurements, construction site

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Paalutus	2
2.1	Paalutustekniikat	3
2.1.1	Lyöntipaalutus	3
2.1.2	Syrjäyttävä porapaalutus	4
3	Takymetrin asemointi paalutustyömaalla	7
3.1	Kompensaattori	8
3.2	Mittavirhe	12
4	Paalujen merkintä	14
4.1	Pystypaalu	14
4.2	Vinopaalu	15
4.3	Korkomerkit	17
5	Paalujen tarkemittaus	20
5.1	Paalun yläpää	20
5.2	Paalun katkaisukorko	21
5.2.1	Teräsbetonipaalun katkaisu	21
5.2.2	Teräspaalun katkaisu	22
6	Yhteenveto	25
	Lähteet	26

Lyhenteet

- GPS: *Global positioning system*. Globaali paikannusjärjestelmä.
- GNSS: *Global navigation satellite system*. Globaali satelliittien muodostama verkko, joka tarjoaa sijaintitietoa.
- SFS-EN: Suomen Standardisoimisliiton hyväksymä Euroopan standardi.
- KAPA: Kalasatamasta Pasilaan allianssi. Uuden raitiolinjan rakennushanke.
- INFRA: Infrastruktuuri. Peruspalvelut ja rakenteet, jotka mahdollistavat yhteiskunnan toiminnan.
- TARKE: Tarkistusmittaus. Mittaus jostakin kohdasta, jota voidaan verrata suunnitelmien toteutumiseen.
- DR: *Direct Reflex*. Etäisyydenmittaustapa, jossa kohde mitataan suoraan pinnasta.

1 Johdanto

Kaikki rakentaminen alkaa hyvistä perustuksista, ja paalutus on yleinen ratkaisu, kun tarvitaan tukea ylempiin kerroksiin. Tämä insinöörityö käy läpi paalutustyömailla tehtävät merkinnät ja mittaukset.

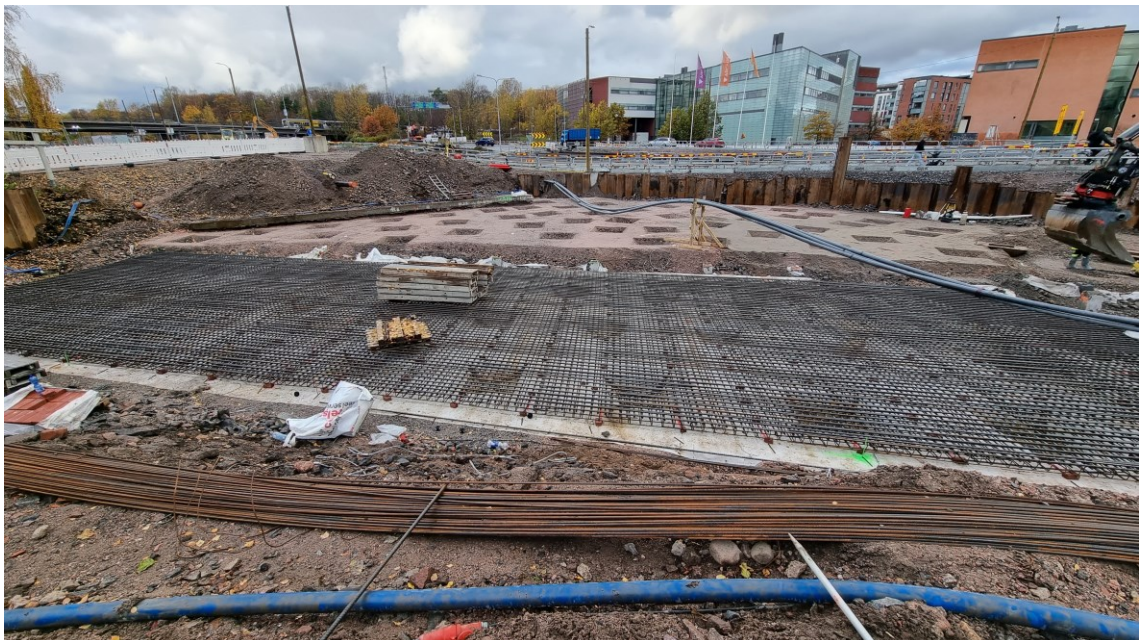
Työn tavoitteena on luoda selkeä ja käytännöllinen raportti, jota mittaajat voivat hyödyntää perehdytysmateriaalina paalutustyömaan mittauksiin liittyvissä kysymyksissä. Vastaavanlaisia käytännön mittausohjeita on melko vähän, ja usein tässä työssä käytettäviä mittaustekniikoita opitaan vasta työmaalla kokeneemalta mittaajalta. Tämä insinöörityö täydentää siis osaltaan käytännön ohjeistusta mittaajille teoriaan keskittyvän kirjallisuuden rinnalle.

Työhön on kerätty teoretietoa ja hyödynnetty opinnäytetyön tekijän omia kokemuksia Kalasatamasta Pasilaan -hankkeen paalutustyömaalta. Kalasatamasta Pasilaan- hankkeessa rakennettiin uutta raitiotietä. Pohjamaa rakennushankkeen alueilla oli suurelta osin vanhaa merenpohjaa, ja tarve paalutukselle oli suuri. Hankkeen toteutussuunitelmaan on kirjattu 73 868 neliometriä paalulaat-
taa. [KAPA Toteutussuunitelma: 17.]

2 Paalutus

Paalutus on ratkaisu, jossa maahan asennetaan kuormia ja voimia siirtäviä elementtejä maan kantavuuden ja vakauden parantamiseksi. Näin saadaan rakennelmat pysymään paremmin paikoillaan ja välttämään niiden vajoamiselta. Paalu on siis rakenneosia, jonka tarkoituksena on siirtää kuormia. [Paalutusohje 2016: 15, 19.]

Yleinen rakennuskohde, jossa paaluja käytetään, on paalulaatta. Paalujen yläpäähän valetaan betonilaatta, joka kiinnittyy paaluihin raudoituksella, kuten kuvassa 1 näkyy. Kuva on otettu Hermannin rantatieltä, Kalasatamasta Pasilaan-hankkeen työmaalta.



Kuva 1. Paalulaatan eri työvaiheita. Ylävasemmalla näkyy valmis laatta, jonka päälle kasattu jo täyttöä. Keskellä paalut katkaistu ja arina tasoitettu. Alalaidassa näkyy, kuinka rauditus on saatu valmiiksi ja laatta odottaa muotin kasausta.

Heikkojen pohjaolosuhteiden vuoksi Hermannin rantatielle tuli paljon paalulaattoja [Hermannin rantatie].

2.1 Paalutustekniikat

Paalutustekniikat valitaan rakennushankkeen mukaan, ja maaperä vaikuttaa olennaisesti siihen, mikä tekniikka parhaiten soveltuu alueelle. Yleisiä tekniikoita ovat lyöntipaalutus ja syrjäyttävä porapaalutus. [Paalutustekniikat 2023.]

Tarkemmin paalutyypit määritellään standardeilla maata syrjäyttäviin paaluihin SFS-EN 12699 [2015], kaivettaviin paaluihin SFS-EN 1536 + A1 [2015] ja pien-paaluihin, joiden läpimitta on korkeintaan 300 mm SFS-EN 14199 [2015].

Tämä insinööriyö keskittyy pääasiassa lyöntipaalutukseen ja syrjäyttävään porapaalutukseen, sekä niiden yhteydessä tehtäviin mittauksiin.

2.1.1 Lyöntipaalutus

Lyöntipaalutuksen ideana on ison betonista, teräksestä tai puusta valmistetun paalun lyöminen maahan. Paalu nostetaan pystyyn, ja paalutuskone alkaa lyömään paalun yläpäähän. Paalutuksen edetessä paalun alapää syrjäyttää maan aineksen paalun ympäriltä. [Paalutustekniikat 2023.]

Yleisimmät lyöntipaalut, joita Suomessa käytetään, ovat teräsbetonipaaluja. Paalujen koot vaihtelevat 18x18 senttimetristä 35x35 senttimetriin. [Paalutusohje 2016: 139.]

Kuvassa 2 on esitetty teräsbetonipaaluja Hermannin rantatien työmaalla. Kun paalut saavuttavat tavoitesyvyyden, ne katkaistaan suunnitelman mukaiseen katkaisukorkoon, minkä jälkeen päälle valetaan betonilaatta.



Kuva 2. Hermannin rantatien paalutustyömaalla olevia teräsbetonipaaluja. Paalut odottavat katkaisua. Vasemmassa reunassa näkyy valmis paalulaatta, johon uusi laatta liitetään.

2.1.2 Syrjäyttävä porapaalutus

Syrjäyttävässä porapaalutuksessa maahan upotetaan työputki poraamalla. Putken kärkeen asennetaan terä, joka syrjäyttää maa-aineksen sekä estää putken täyttymisen. Kun paalu on saatu tavoitesyvyyteen, sen sisälle lasketaan tarvittava rauditus ja betonimassa. [Paalutustekniikat 2023.]

Kurkimäen uuden alikulkukäytävän siltatyömaalla valettiin pilarit, jotka havainnollistavat hyvin porapaalutustekniikkaa. Kuvissa 3 ja 4 näkyy, kuinka teräsputkipaalut asennetaan ja minkälainen raudoituksesta tulee. Paalutuksen edetessä jatkokappaleet (kuva 3) hitsattiin kiinni toisiinsa.



Kuva 3. Kurkimäen alikulkukäytävien sillan pilareiden paalutustyö käynnissä. Hitsaaja liittää jatkokappaletta kiinni.

Kun tavoitesyvyys saavutetaan, teräsputket katkaistaan suunnitelmien mukaiseen katkaisukorkoon, minkä jälkeen teräsputket täytetään raudoituksella ja sementillä (kuva 4). Ympäriille rakennetaan muotti, johon silta valetaan (kuva 4).

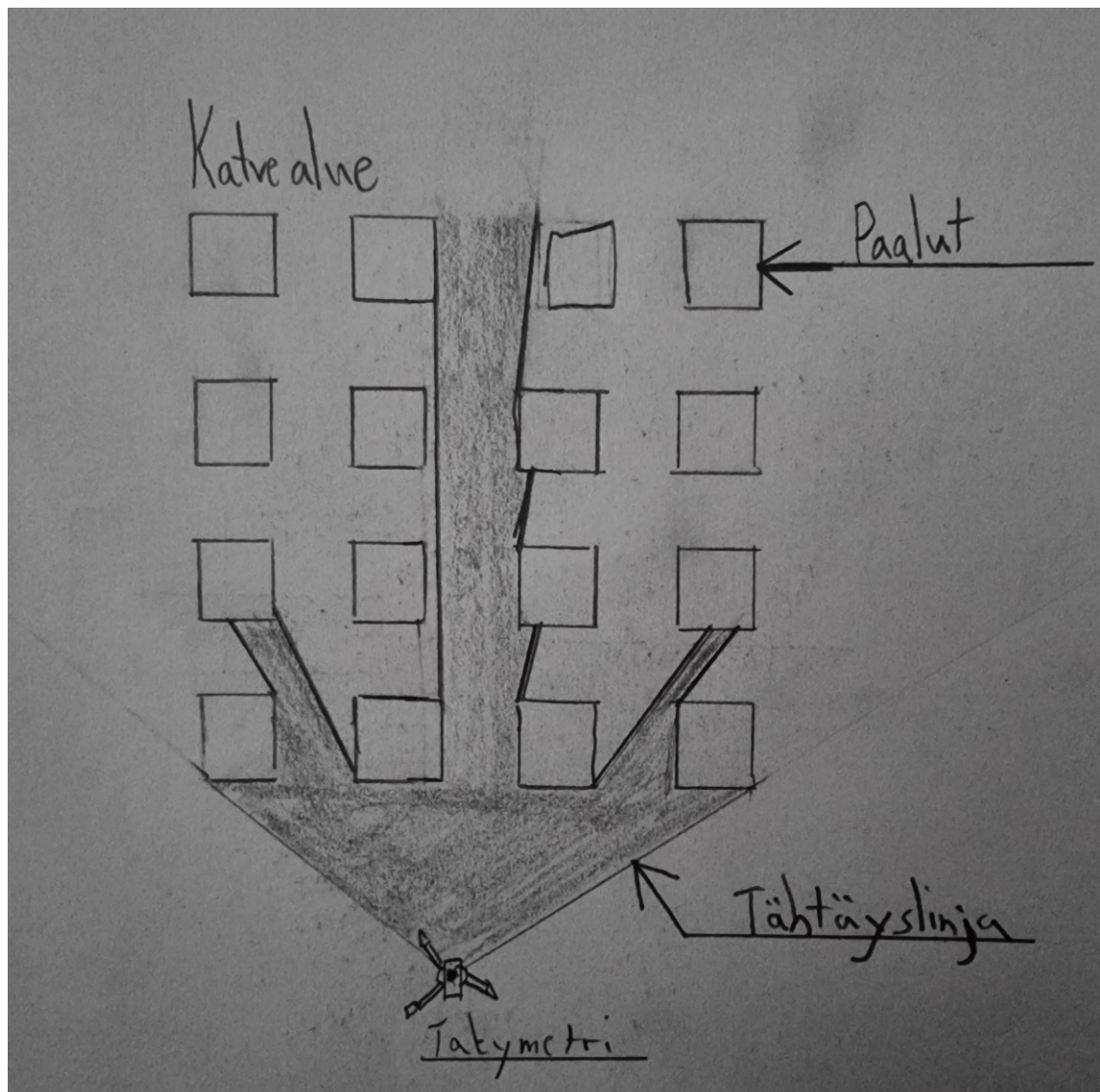


Kuva 4. Paalun yläpää. Teräsputki on täytetty raudoituksella ja sementillä. Tästä muodostuu sillan tukirakenne. Kuvassa näkyy, kuinka sillan muotti on rakennettu pilarin ympärille.

Paaluttamalla tällä tekniikalla saadaan valettua riittävän pitkät pilarit siirtämään siltaan kohdistuvat voimat maahan tai kallioon [Paalutusohje 2016: 15].

3 Takymetrin asemointi paalutustyömaalla

Mittaajat käyttävät avukseen robottitakymetriä, ja sen asemointi paalutustyömailla on haastavaa. Takymetri ei voi olla työkoneiden kulkureiteillä, ja tähtäysalueen pitäisi kattaa mahdollisimman monta paalua kerrallaan. Asemapistettä pitäisi olla sellaisessa paikassa, jossa näkyvyys tähyksiin säilyy. Kuva 5 hahmottelee, kuinka osa paaluista jää edessä olevien paalujen taakse piiloon. Tämän vuoksi takymetri joudutaan asemoimaan useita kertoja, jotta kaikki paalut saadaan mitattua.



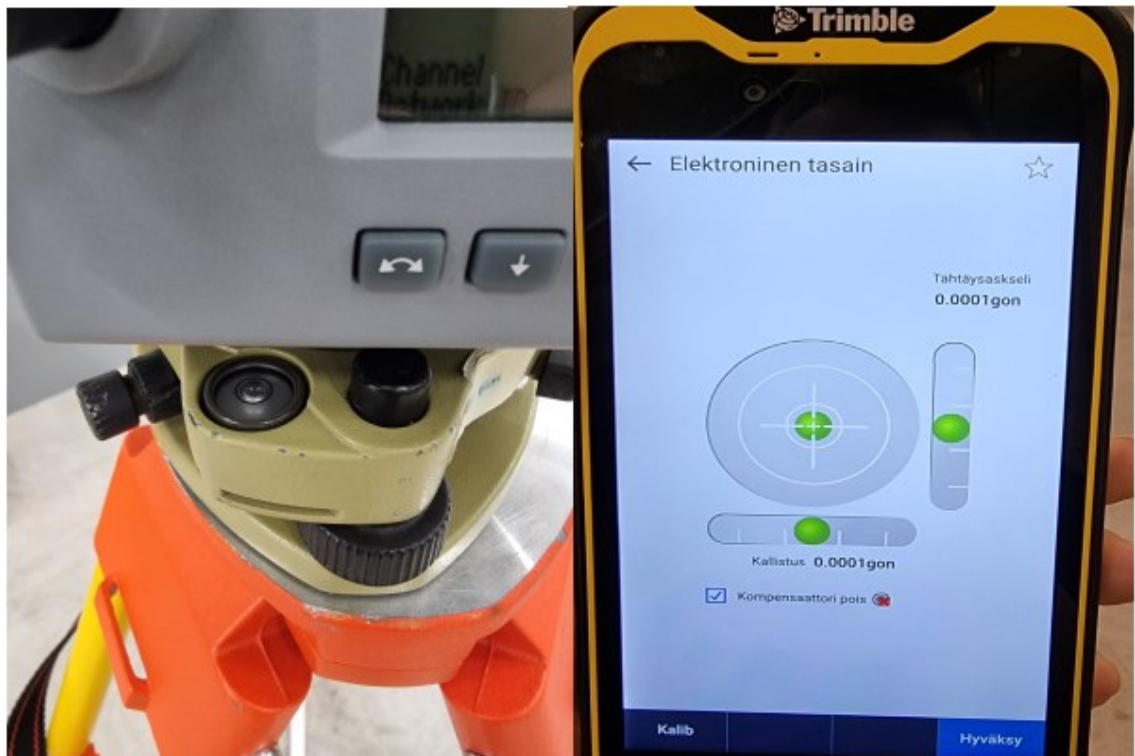
Kuva 5. Takymetrin sijainti vaikuttaa merkittävästi siihen, kuinka monta paalua voidaan mitata kerralla. Paalut ovat usein ryhmissä, jolloin sisempiin paaluihin voi olla vaikea löytää tähtäyslinja.

Vaikka takymetrille löytyy hyvä sijainti, työkoneiden liikehdintä ja paalutus aiheuttavat maaperän järjestyksiä [Paalutusohje 2016: 192, 193]. Seuraavassa luvussa käsitellään sitä, miten nykyaikaiset mittalaitteet hyödyntävät elektronisia tasaimia pitääkseen mittaustarkkuuden kunnossa.

3.1 Kompensaattori

Kompensaattori eli elektroninen tasain pitää tähtäyslinjan paikoillaan, vaikka takymetrin tasaus muuttuu [Laurila 2012: 21, 239]. Työkoneiden liikehdintä ja paaluihin kohdistuvat iskut vapisuttavat maata, joka puolestaan häiritsee koneen tasausta [Paalutusohje 2016: 192, 193]. Tärinään auttaa takymetrin kompensaattori, joka pyrkii säilyttämään koneen tasauksen.

Kuvassa 6 näkyy, kuinka kupla siirretään ensin silmämääräisesti keskelle käyttäen rasiatasainta ja hienosäätö tehdään elektronisella tasaimella.

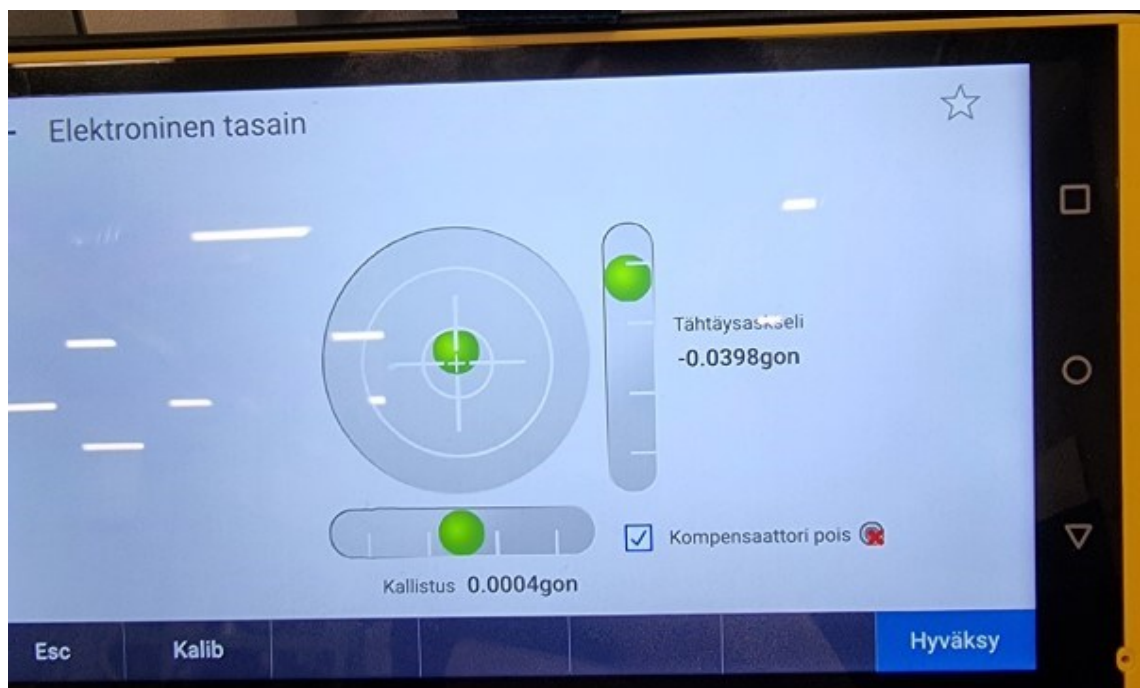


Kuva 6. Tasattu takymetri. Vasemmalla näkyy rasiatasaimen kupla ja oikealla elektroninen tasain.

Käytännön kokeella selvitettiin, millainen liike 10 metrin matkalla tapahtuu, jos kompensattori on pois käytöstä ja tähtäysakselia liikutetaan ~ 0.04 goonia, mikä simuloi työmaalla tärinästä aiheutuvaa kallistusta. Tavoite oli havainnollistaa virheen määrää, jos kojeen elektronisen tasaimen luvut kasvavat, ja sitä missä kohtaa koje kannattaa asemoida uudestaan. Samalla testattiin elektronisen tasaimen rajat.

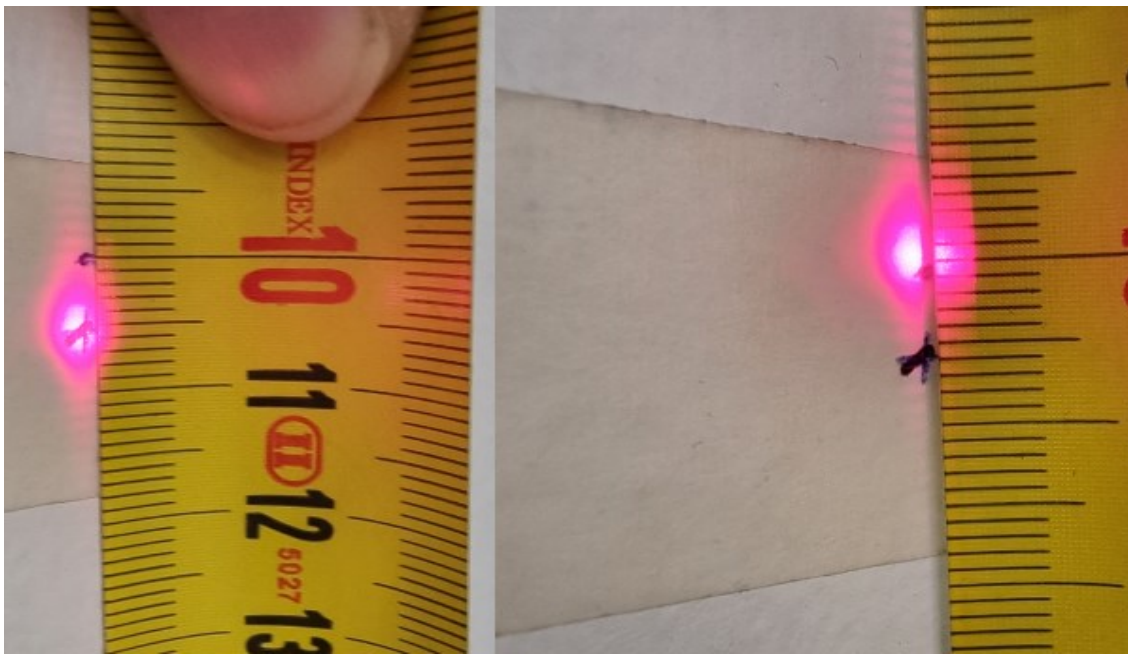
Koe suoritettiin Trimblen takymetrillä Metropolia Ammattikorkeakoulun Myllypuron kampuksen tiloissa. Joissain maastotietokoneissa on mahdollisuus näyttää akselit myös asteina, mutta Trimblen TDC6-maastotietokoneessa tätä ominaisuutta ei löytynyt. Käytännössä tällä ei ole merkitystä, koska arvot ovat kuitenkin hyvin lähellä toisiaan. 1 gooni vastaa $0,9$ astetta, ja se saadaan jakamalla $180/200$. [Laurila 2012: 31.]

Kaaviossa (kuva 11) näkyy, että 10 metrin päässä on $0,35$ cm suuruinen virhe kallistuksen ja tähtäysakselin ollessa $0,01^\circ/0,011$ gon. Kokeessa päästiin lähelle samaa lukemaa, kuten, kuvat 7 ja 8 osoittavat.



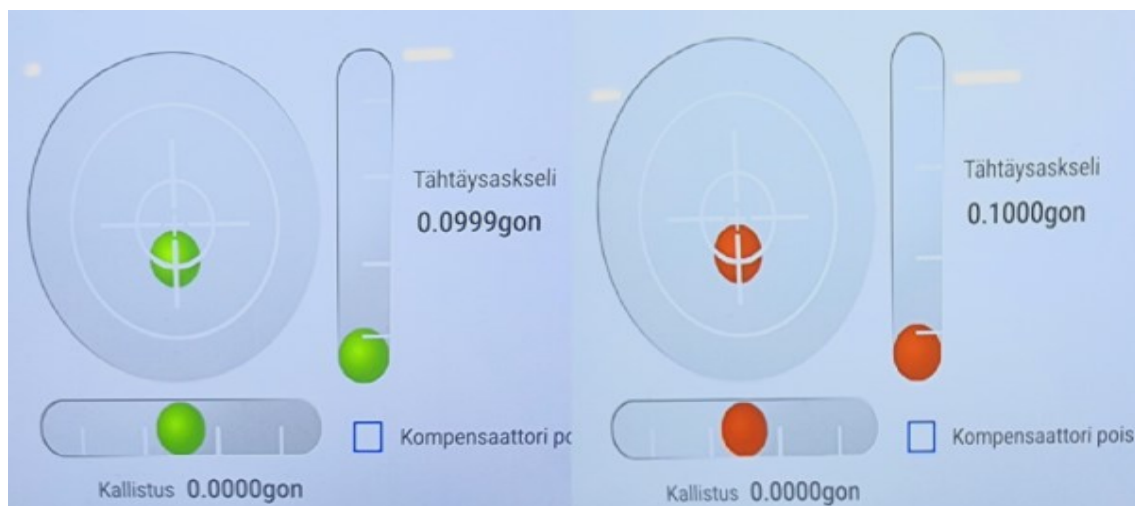
Kuva 7. Trimblen TDC6-maastotallennin. Elektroninen tasain on säädetty niin, että tähtäysakseli on -0.398 goonia. Tämä vastaa 0.036° . Kompensaattori on poistettu käytöstä.

Kohde mihin tähdättiin, oli 10 metrin päässä. Seinään teipattiin noin silmien korkeudelle pala teippiä, ja siihen piirrettiin musta piste. Pisteestä mitattiin lasersäteen liike, joka oli noin 0,5 cm. Kuvan 8 havainnot vahvistavat teoreettisen laserkutoimituksen, joka tehtiin kaavalla 1. Siirtymä 10 metrin etäisyydellä on siis noin 0,3–0,5 cm riippuen kallistuksen suuruudesta.



Kuva 8. Lasersäteen liike mitattuna tähtäyspisteestä. Liike on noin 0,5 cm.

Seuraavaksi testattiin kompensattoria tähtäämällä samaan tähtäyspisteeseen. Kompensaattorin ollessa päällä huomattiin, että yhtä arvoa liikuttaessa raja, jossa se vielä toimii, on 0,1 goonia. Kuva 9 näyttää, miten kupla muuttuu punaiseksi tähtäysakselin ylittäessä 0,0999 goonia.



Kuva 9. Kompensaattorin raja tähtäysakselia muutettaessa.

Kuva 10 näyttää, missä raja on, jos molempia akseleita siirretään. Raja on noin 0,07 goonia.



Kuva 10. Kompensaattorin raja tähtäysakselia sekä kallistusta muutettaessa. Arvojen kasvaessa 0,07 yläpuolelle kompensaattori ei enää toimi.

Viimeiseksi testattiin, mihin asti takymetri korjaa liikettä eli yrittää kohdistaa laserin takaisin keskipisteeseen, kun jalkaruuveja käännetään ja tähtäysakseli muuttuu. Havaittiin, että 0,75 goonin jälkeen laser ei enää palannut itsestään tähtäyspisteeseen vaan alkoi liikkua ylöspäin.

Kokeen perusteella voidaan siis todeta, että kompensattori pitää laitteen tasauksen melko hyvin, vaikka työkoneiden ja paalutuksen aiheuttama värinä siirtää kallistusta ja tähtäysakselia. Kompensaattorin ollessa pois käytöstä virheen suuruus on käytännössä vain kymmenesosa paalujen sijaintitoleranssin määrästä, kun pysytään alle $\sim 0,011$ goonin / $0,01^\circ$ lukemissa, kuten kuvan 11 kaavio näyttää.

Vaikka testin tulokset osoittavat, kuinka kompensattori toimii, ja vaikka virheet ovat melko pieniä lyhyellä matkalla, on silti suositeltavaa laitetta asemoidessa pyrkiä pääsemään mahdollisimman lähelle nollaa. Mitä tarkemmin takymetrin tasaa lähelle nollaa, sitä suurempi alue kompensattorilla on käytössä, ja mittauksia voidaan suorittaa pidempään.

3.2 Mittavirhe

Mittauksia tehdessä on hyvä tuntea virheiden mahdollisuudet ja se, kuinka paljon kompensattori auttaa tasaamaan laitetta. Ilman kompensattoriakaan mitaustarkkuus ei kärsi vielä merkittävästi, ennen kuin arvot alkavat lähennellä asteen sadasosia ja mittausetäisyys on kymmeniä metrejä. Kuvan 11 kaavio näyttää, kuinka mittavirhe kasvaa lineaariesti etäisyyden kasvaessa. Kaaviossa x-akselilla on etäisyys metreinä, ja y-akselilla on virheen mitta senttimetreinä. Tässä tapauksessa takymetrin tasaus on siirtynyt niin, että tähtäysakseli ja kallistus ovat molemmat $0,01^\circ/0,011$ gon sekä kompensattori on pois käytöstä.

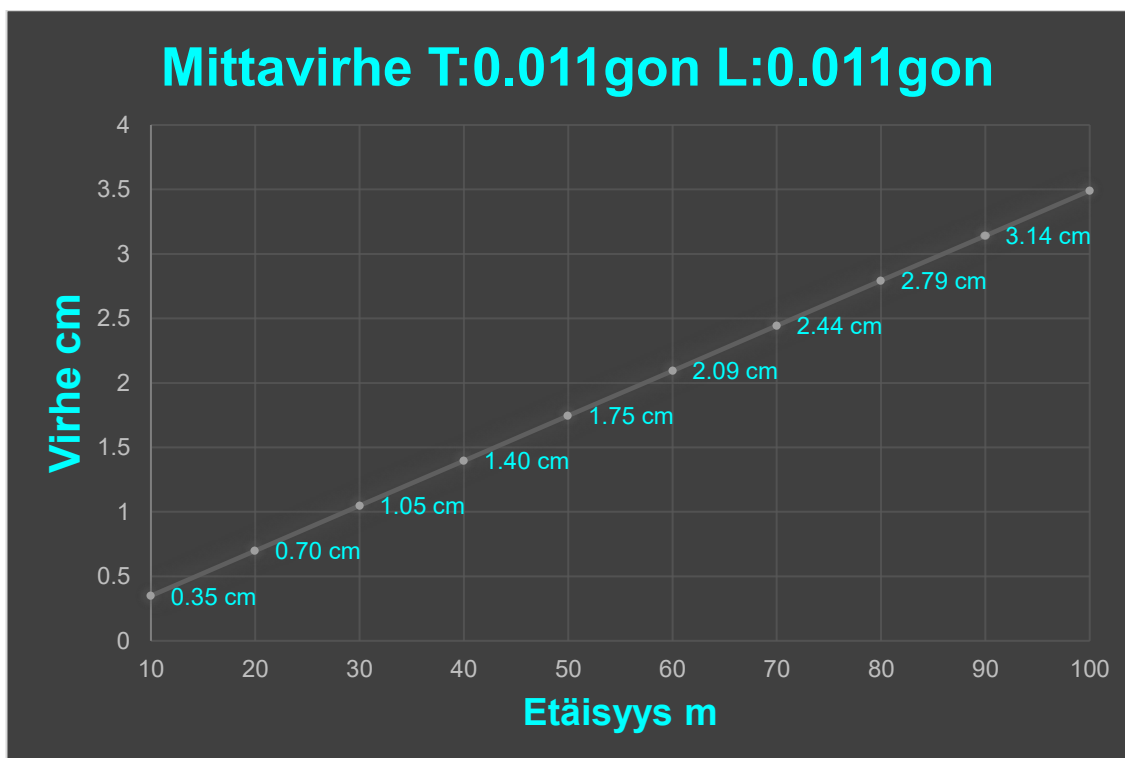
Virhe on laskettu hyödyntämällä suorakulmaisen kolmion ratkaisua kaavalla 1 [Laurila 2012: 43].

$$d = r * (\tan (\theta T) + \tan (\theta L)) \quad (1)$$

d on virhe (m)

r on etäisyys (m)

θ on kallistuskulman muutos (gon)



Kuva 11. Mittausvirheen suuruus kasvaa suhteessa etäisyyteen. Trendiviiva kuvaa kuinka virhe kasvaa lineaaristi. T = Tilt / Kallistus L = Level / tähtäysakseli.

Kuten trendiviiva näyttää, 50 metrin etäisyydellä virhe on vasta 1.75 cm, ja tiedetään, että paalujen sijaintitarkkuus on yleensä 10-15 cm, joten toleranssit eivät ylity, vaikka kojeen tasaus on kärsinyt [Paalutusohje 2016: 183]. Työmaan olosuhteiden takia takymetri joudutaan usein tuomaan melko lähelle paaluja, ja näin mittausetäisyys ei pääse kasvamaan kovin suureksi. Takymetrillä pystyy siis mittaamaan vielä näilläkin lukemilla.

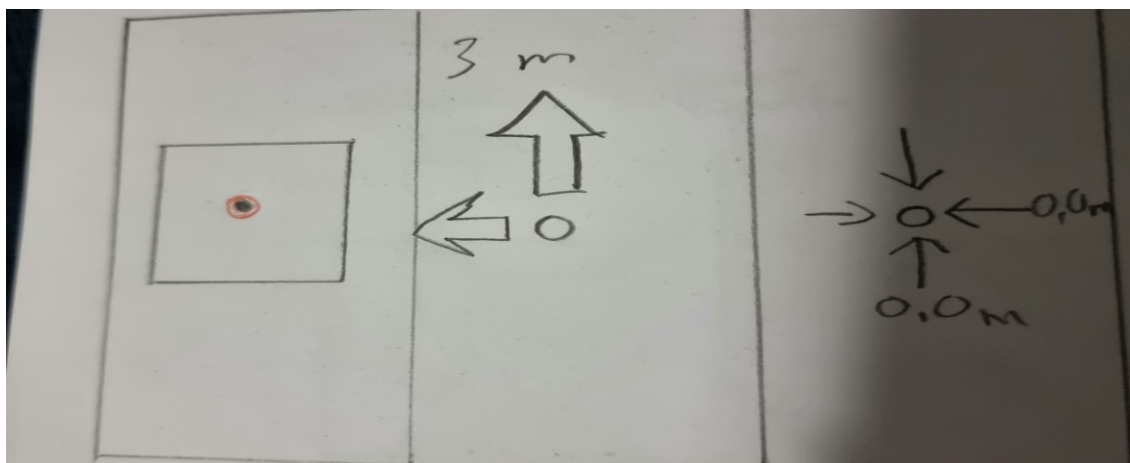
4 Paalujen merkintä

Paalujen sijainti perustuu takymetrin asemointiin ja sijaintimittaukseen [Laurila 2012: 14]. Pääasiassa työ tehdään takymetrillä, mutta tarvittaessa voidaan käyttää myös GNSS-vastaanotinta. Toimintaperiaate on kuitenkin molemmilla laitteilla sama.

Mittaajan tarvitsee paalujen merkinnässä takymetrin ja prisma-auvan lisäksi spraymaalilla, tusseja, liituja, harjateräksiä tai puukeppejä sekä moskan. Tärkeintä on saada paaluille selkeät merkit maahan. Lisäksi on merkittävä katkaisukorkojen sijainnit paalujen kylkiin. Työmaalla roiskuu likaa paaluihin, joten merkinnät pitää tehdä riittävän suurella koolla, jotta ne näkyvät vielä roiskeiden altakin.

4.1 Pystypaalu

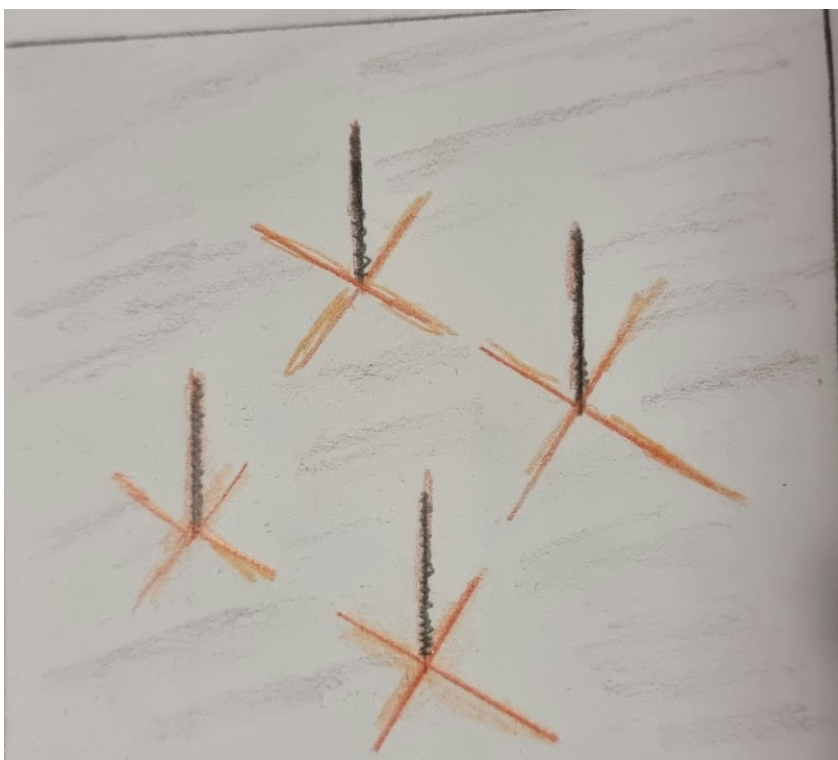
Pystypaalujen merkintä aloitetaan valitsemalla paalun keskipiste aktiiviseksi maastotallentimen näytöltä. Kun piste on valittu, voidaan aloittaa merkintä. Näytöllä näkyy suunta ja matka kohteeseen. Kuvasarja (kuva 12) näyttää, kuinka keskipiste valitaan ja miten tallennin neuvoo, mihin suuntaan pitää kulkea.



Kuva 12. Vasemmalla paalun keskipiste valittu. Keskellä seurataan nuolia paalun luokse. Oikealla haetaan paalun tarkka sijainti.

Keskipisteen löydyttyä prismaauvaa voi hyödyntää painamalla maahan pienen painauman, minkä jälkeen maahan maalataan spraymaalilla ruksi. Merkin täytyy olla riittävän iso, jotta paalutuskoneen kuljettaja näkee sen ohjaamosta asti. Merkin ollessa riittävän iso se ei myöskään häviä, vaikka työkoneet ajaisivat sen päältä.

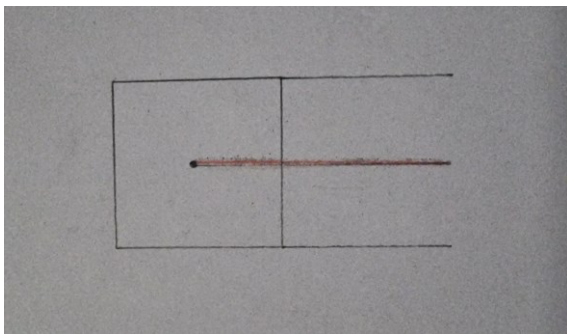
Usein pelkkä maalimerkki ei riitä, vaan käytetään harjaterästä, jotta merkit pysyvät paremmin tallessa. Harjateräs lyödään maahan ruksin keskelle (kuva 13). Maa on usein kivistä ja harjaterästen lyöminen työlästä. Jos harjaterästä lyödessä sijainti liikkuu pois keskipisteestä, on sijainti tarkistettava uudelleen.



Kuva 13. Paaluryhmä merkittynä harjateräksillä. Spraymaalilla on hyvä käyttää runsaasti, jotta paalutuskoneen kuljettaja näkee merkit ohjaamosta. Silmämääräisesti voi myös tarkistaa, ovatko merkit menneet linjaan.

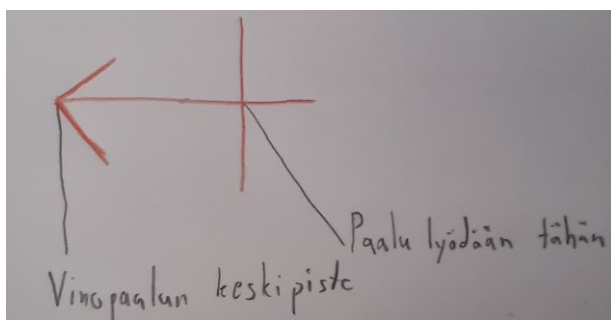
4.2 Vinopaalu

Vinopaalujen merkintä on ongelmallisempaa kuin tavallisten suoraan lyötävien paalujen. Mittaajan on huomioitava aineistosta, jos työmaalle löydetään vinopaaluja. Vinopaalun tunnistaa erilaisesta symbolista, jossa on 3 väkistä (kuva 14).



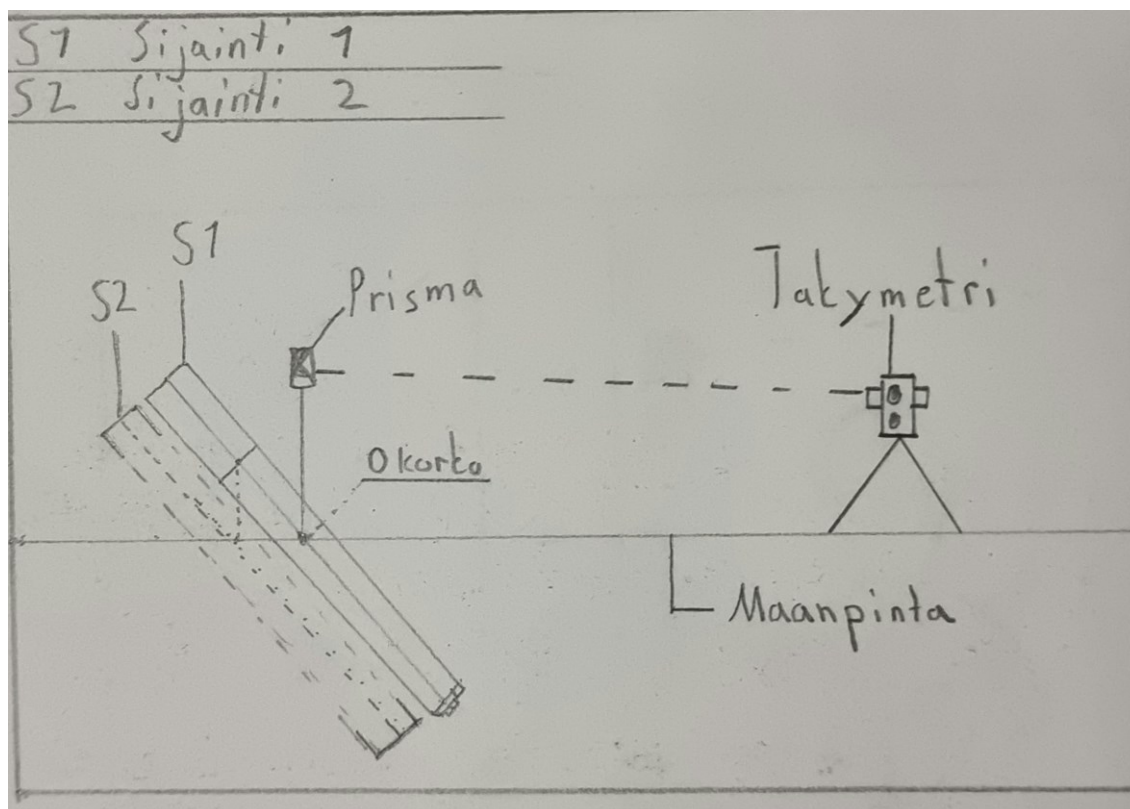
Kuva 14. Vinopaalun symboli. Neliön sisällä on vinopaalun keskipiste, josta lähtee paalun keskiviiva punaisella.

Vinopaalun merkintä aloitetaan valitsemalla keskiviiva. Seuraavaksi etsitään linjasta, missä kohtaa maanpintaa korko näyttää nolla. Tämä on paalun lyöntikohta ja se merkitään kuten pystypaaluissa. Seuraavaksi valitaan vinopaalun keskipiste ja haetaan sen sijainti. Kun se on löytynyt, voidaan piirtää nuoli siihen suuntaan, mihin paalu kallistuu. Näin saadaan vinopaalun oikea lyöntikohta sekä kallistuksen suunta.



Kuva 15. Vinopaalun merkki. Oikealla on paalun lyöntikohta. Vasemmalla näkyy paalun keskipisteen sijainti, eli mihin suuntaan paalu kallistuu.

Kuvasta 16 näkee, miten väärin merkitty paalu siirtyy. Paalu tulee oikeaan sijaintiin 1 (kuva 16), kun haetaan maanpinnan tasosta keskiviivan nollakorko. Mikäli käytettäisiin paalun keskipistettä, joka näyttää katkaisukoron ja paalun suunnitellun yläpään sijainnin, paalu lyötäisiin sijaintiin 2.

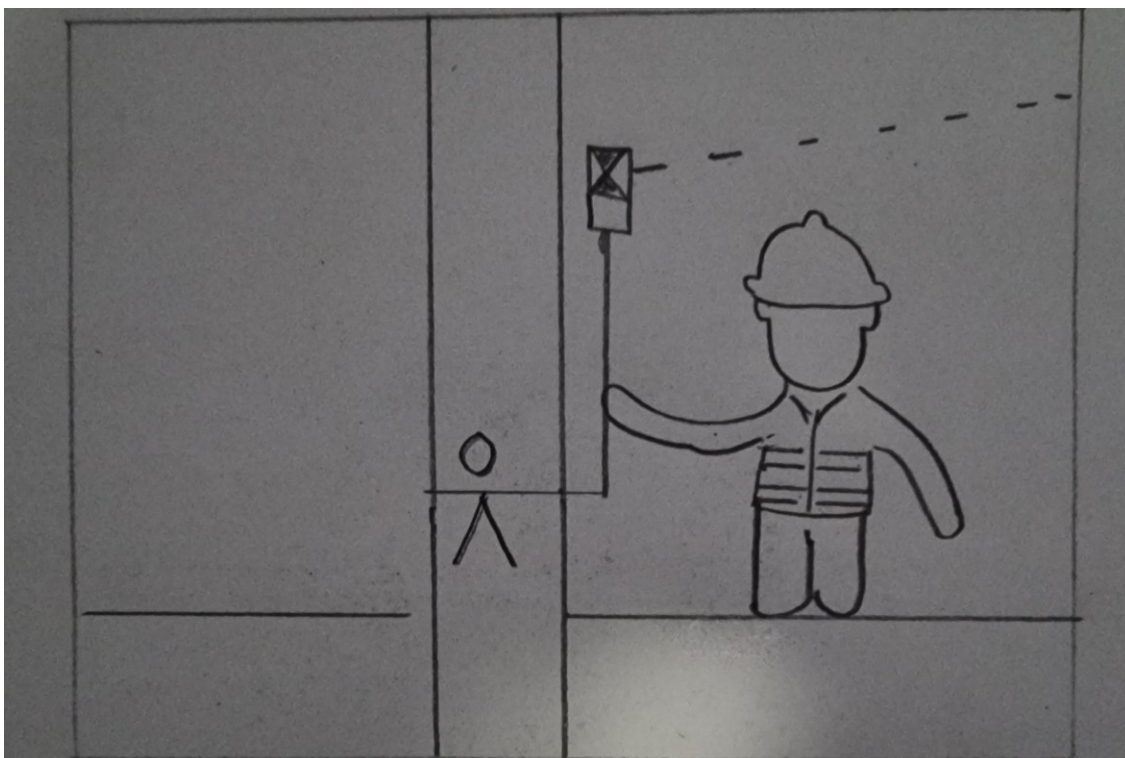


Kuva 16. Vinopaalu merkitään sen keskiviivan mukaan. Haetaan maanpinnalta nollakorko viivan suunnassa, jolloin löydetään, mistä kohti paalu lyödään maahan.

4.3 Korkomerkit

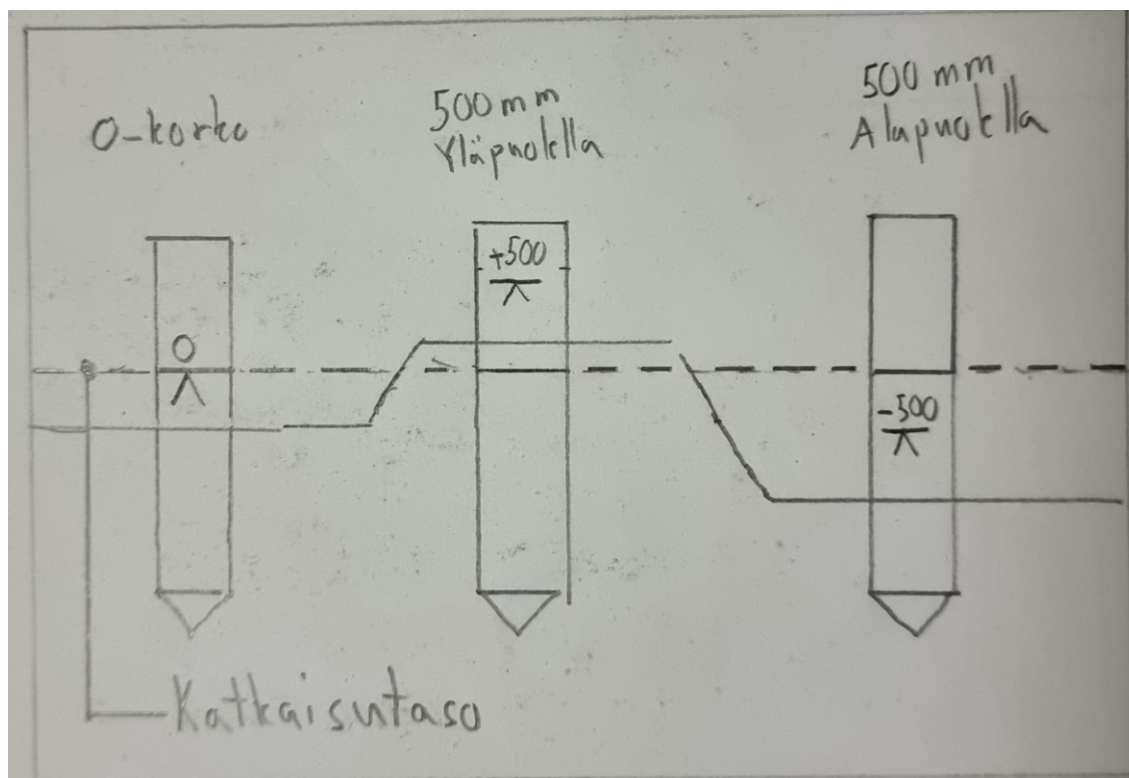
Korkomerkki tarkoittaa viivaa, jonka alapuolelle tulee nuoli. Korkomerkkejä on käytetty jo ennen nykyisiä moderneja mittalaitteita merkitsemään korkeuksia karttojen valmistuksen apuna. [Bench marks and levelling points 2010.]

Paaluihin merkitään katkaisukorko valitsemalla tallentimella ensin paalu, joka halutaan merkitä. Paalun korkeus löytyy samalla tavalla, kuten sijainnin merkinnässä toimittiin. Valitaan paalun keskipiste ja aloitetaan merkintä. Viedään prisma suoraan paalun viereen ja etsitään missä kohtaa kulkee katkaisutaso. Kun katkaisutaso on löytynyt, piirretään paaluun merkki korkeuden ilmoittamiseksi. Merkintä yksin voi olla hankalaa, joten usein kannattaa pyytää työmaalta apumies merkitsemään viivoja. Mittamies osoittaa koron, ja apumies kumartuu piirtämään viivan prisma suoran alapään kohdalle. Kuvassa 17 näkyy, kuinka korko merkitään hakemalla oikea korkeus prisma suoran avulla.



Kuva 17. Mittamies pitelee prisma-sauvaa ja merkitsee paalun kylkeen katkaisukoron. Katkaisukorko merkitään korkomerkillä. Kuvassa katkaisukorko on saatu nollakorkoon, joten viivan yläpuolelle voi kirjoittaa nollan.

Työmaat pyritään tasoittamaan ennen paalutuksen aloittamista, mutta välillä katkaisukorot jäävät maan alle tai liian ylös. Korkomerkkiä ei siis aina ole mahdollista asettaa nolnaan. Kuva 18 näyttää kuinka eri tasoihin lyötyjen paalujen katkaisutaso on sama, mutta korkomerkkiin on lisätty plusmerkki tai miinuserkki osoittamaan koron olevan 500 mm yläpuolella tai 500 mm alapuolella.



Kuva 18. Korkomerkki pyritään merkitsemään mahdollisimman lähelle nollaa. Jos tämä ei ole mahdollista, käytetään tasalukuja kuten 500 mm.

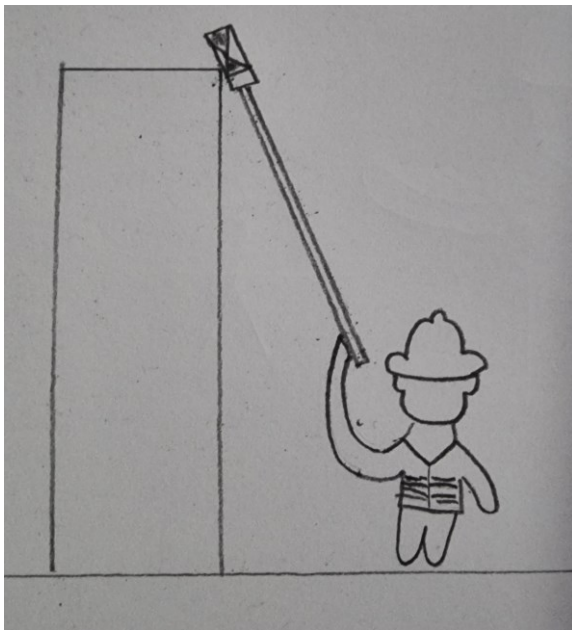
Työmaalla tehdään yhteistyötä kaivinkonekuskin kanssa. Mittamiehen tehtyä korkomerkit kaivinkonekuski näkee, mihin tasaan maa pitää tasoittaa, että paa-
lut päästään katkaisemaan.

5 Paalujen tarkemittaus

5.1 Paalun yläpää

Paalujen tarkemittaus eli tarkistusmittaus aloitetaan paalujen yläpäästä. Paalujen kärki eli alin kohta voidaan laskea yläpään korkeuden perusteella. Paalujen katkaisukorkoja ei kannata merkitä, ennen yläpään tarkkeen mittausta, koska katkaisun jälkeen yläpään korkeus on mahdotonta selvittää. Aina tarkkeen mitaamisen jälkeen kannattaa paaluun merkitä spraymaalia, jotta tiedetään, mistä paaluista tarkkeet on jo mitattu.

Paalujen yläpään mittauksessa ei tarvitse keskittyä sijaintiin, vaan pelkkä korkeus riittää. Tarkkeen voi ottaa DR-menetelmällä eli mitata suoraan pinnasta tai käyttää prismaa. Kätevä tapa mitata korkeampia paaluja on käyttää prisman korkeutena nollaa ja asettaa se kuvan 19 osoittamalla tavalla paalun viereen.



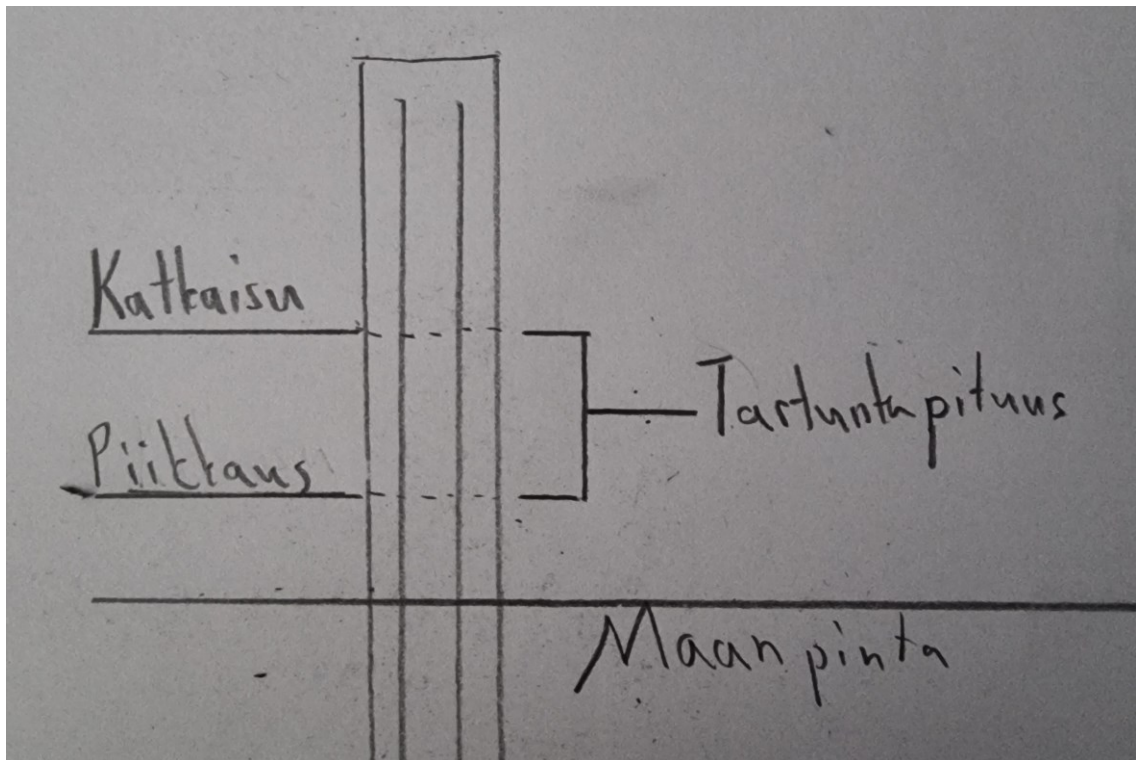
Kuva 19. Paalun yläpään tarkkeeksi riittää vain korkeus. Se voidaan mitata kuvan osoittamalla tavalla viemällä prisma paalun kulmaan.

Jos takymetrin saa työmaalla korkeaan asemaan paalujen yläpuolelle, on DR-mittaus nopeampi keino. Kun paalujen yläpäiden mittausdata siirretään 3D-winissä paaluaineiston päälle, saadaan yhdistettyä paalunumero ja korkeus.

5.2 Paalun katkaisukorko

5.2.1 Teräsbetonipaalun katkaisu

Paalun katkaisun jälkeen paalun on ulotuttava vähintään 50 mm paaluanturaan, jos muita vaatimuksia ei ole. Paalut katkaistaan käsityökaluilla tai koneellisesti. Yleensä teräsbetonipaalut katkaistaan sahaamalla paalun sisällä kulkevat raudat poikki timanttisahalla. Rautojen katkettua paalu saadaan kumottua esimerkiksi kaivinkoneen kauhalla. Katkaisussa on huomioitava, jos paalut halutaan liittää anturaan raudoituksella. Siinä tapauksessa paalu katkaistaan tartuntapi- tuuden yläpäästä ja piikataan katkaisukorkoon asti, jolloin teräsbetonipaalun si- sällä olevat raudat saadaan näkyviin (kuva 20). [Paalutusohje 2016: 176-177.]



Kuva 20. Teräsbetonipaalun tartuntapituus. Raudat piikataan esiin ja ne saadaan liitettyä päälle tulevaan raudoitukseen.

Paalun katkaisukorko mitataan sen keskeltä. Mittauksen jälkeen paaluun merkitään ruksi osoittamaan, että paalusta on mitattu tarke (kuva 21). Katkaisukoron tarke kertoo paalun toteutuneen sijainnin ja korkeuden. Työmaan suunnittelijat

voivat tarkistaa tarkkeiden perusteella toleranssipoikkeamat ja päättää tarvitaanko esimerkiksi lisäpaaluja [Paalutusohje 2016: 256]. Katkaisukoron ja yläpään välisestä matkasta voidaan laskea, kuinka paljon hävikkiä kyseisestä paalusta kerääntyi.



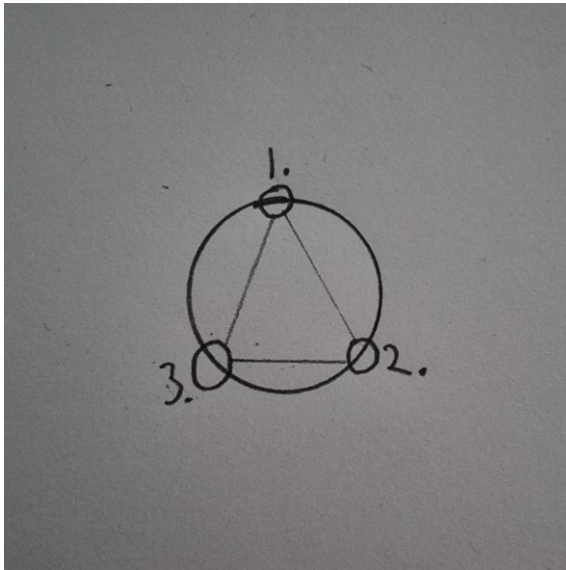
Kuva 21. Katkaistuja teräsbetonipaaluja. Tarkemittauksen jälkeen paaluihin kannattaa merkitä spraymaalilla, jolloin tiedetään, mitkä paalut on jo mitattu. Työmaalla voi toimia useampi mittaaja ja näin vältetään turhilta mittauksilta.

Teräspaaluissa korko mitataan hieman eri tavalla. Teräspaalut ovat onttoja putkia, joten niistä ei suoraan saada keskipistettä. Pienempiin teräspaaluihin tulee myös paaluhattuja [Paalutusohje 2016: 176-177].

5.2.2 Teräspaalun katkaisu

Teräspaalut katkaistaan yleensä polttoleikkaamalla [Paalutusohje 2016: 178]. Jos putken päähän ei ole vielä asetettu paaluhattua, pyöreän teräspaalun keskipiste mitataan kolmella pisteellä ympyrän kehältä. Pisteet mitataan niin, että ne muodostavat kolmion kuten kuva 22 näyttää. Jos paaluhattu on jo asennettu, voidaan mittaus suorittaa normaalisti keskeltä. Paaluhattuja käytetään yleensä

pienpaaluissa siirtämään kuormia perusrakenteilta paaluihin [Paalutusohje 2016: 173].



Kuva 22. Ympyrän keskipiste saadaan mittaamalla kolme pistettä sen reunoilta.

Kolmen pisteen avulla voidaan 3D-Winissä laskea paalulle keskipisteen sijainti. Tällä tavalla mitatessa täytyy huomioida paaluhatun paksuus. Kuvan 23 paalut, joihin tulevat paaluhatut ovat 3 cm paksuja, voidaan mitata seuraavien esimerkkien mukaan.

Esimerkki yksi: Prismasauvan fyysinen pituus pidetään 10 cm:ssä ja tallentimeen vaihdettaisiin prismakorkeudeksi $10 - 3 = 7$ cm. Tällä keinolla saadaan oikea korkeus, jossa paaluhatun paksuus on myös huomioitu.

Esimerkki kaksi: Prismasauvan pituutta kasvatetaan kolmella senttimetrillä ja tallentimeen asetettu prismakorkeus pidetään 10 cm:ssä.



Kuva 23. Mitattuja pienpaaluja. Kuvan oikeassa laidassa näkyy kallistunut paaluhattu.

Teräspaalujen mittauksessa on riskinä väärän koron käyttäminen. Kuten kuvassa näkyy, osasta paaluista puuttuu paaluhattu, ja prismakorkeuden säätäminen edestakaisin aiheuttaa helposti vääriä tuloksia.

6 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä työn tekijän omat kokemukset ja aiheeseen liittyvää teoriaa koosteeksi, jossa käydään läpi, miten paalutustyömaalla suoritetaan mittaukset käytännössä. Maanmittausalalta löytyy paljon teoriaa ja toleransseja käsittelevää kirjallisuutta, mutta itse käytännön ohjeita vähän. Työssä pyrittiin esittämään paalujen merkinnän ja tarkemittausten eri vaiheet.

Työssä käytiin läpi yleisimmin käytetyt paalutustekniikat ja selvitettiin, mistä paalutuksessa on kyse. Käytännön kokeella saatiin testattua elektronisen tasaimen toimintaa. Vastaavanlaista tutkimusta on kiireisen aikataulun vuoksi työmaalla hankala ruveta suorittamaan. Kokeella vahvistettiin teoreettinen laskukaava ja todettiin, että sen antamat luvut luvut pitävät paikkansa.

Työssä onnistuttiin tiivistämään paalutustyömaalla tehtävissä mittauksissa tarvittava osaaminen selkeäksi kokonaisuudeksi, jonka avulla paalutustyömaalle saapuva mittaaja osaa suorittaa tarvittavat työtehtävät. Työtä voidaan käyttää opetusmateriaalina, kun perehdytetään uutta työntekijää paalutustyömaan mittauksiin.

Lähteet

Bench marks and levelling points. 2010. Verkkoaineisto. Heritage and history. <<https://www.heritageandhistory.com/contents1a/2010/05/bench-marks-and-levelling-points/>>. Luettu 12.03.2024

Hermannin rantatie. Verkkoainesto. Kalasatamasta Pasilaan. <<https://www.kalasatamastapasilaan.fi/hermannin-rantatie/>>. Luettu 29.02.2024

Laurila, Pasi. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. 4. uudistettu painos. E-kirja. Rovaniemen Ammattikorkeakoulu.

Merikallio, Lauri; Nieminen, Ville & Tynismaa, Merja. 2021. KAPA toteutussuunitelma. Verkkoaineisto. Kalasatamasta Pasilaan. <https://www.kalasatamastapasilaan.fi/wp-content/uploads/2021/11/KAPA_Toteutussuunitelma_FINAL.pdf>. Luettu 12.03.2024

Paalutustekniikat. 2023. Verkkoaineisto. Junttan Oy. <<https://junttan.com/fi/paalutusasiantuntija/paalutustekniikat/>>. Luettu 1.11.2023

RIL 254-2016. Paalutusohje PO-216. 2016. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.