

MITTAUSPERUSTAN RAKENTAMINEN

Karjalainen Ulla-Maija
Kinnunen Leevi

Opinnäytetyö
Insinööri
Maanmittaustekniikka

2023

Insinööri
Maanmittaustekniikka

Tekijä	Ulla-Maija Karjalainen Leevi Kinnunen	Vuosi	2023
Ohjaaja	Janne Matilainen		
Toimeksiantaja	Lapin ammattikorkeakoulu		
Työn nimi	Mittausperustan rakentaminen		
Sivu- ja liitesivumäärä	36 + 14		

Tässä opinnäytetyössä raportoidaan ja demonstroidaan mittausperustan rakentamista. Tekemämme mittausperusta tuotettiin palvelemaan tulevaisuuden opiskelijoita ja opetusta Lapin ammattikorkeakoulun sekä Rovaniemen koulutuskuntayhtymän Jokiväylän kampuksilla. Työssämme avaamme myös mittausalan termistöä ja käsitteitä, jotta lukija saa paremman käsityksen siitä, mitä menetelmiä olemme työssämme käyttäneet. Pisteverkkoa rakennettaessa otettiin huomioon se, miten mittausperusta tulee palvelemaan monia toimijoita nyt ja tulevaisuudessa.

Mittauksissa käytimme Trimble DiNi -sarjan tarkkavaaituskojetta, GNSS-kojeena käytössämme oli Leica GS18i, jossa maastotallentimena CS30 sekä Leica MS60 -takymetriä, jossa käytimme CS20 maastotallenninta. Rakennetuille maapisteille korkeus tuotiin vaaitsemalla maanmittauslaitoksen korkeuspisteeltä. Pisteiden koordinaatit mitattiin keskiarvomittauksina. Maapisteitä käytettiin orientointiin, joilla saatiin koordinaatit rakennetuille seinäpisteille.

Opinnäytetyömme tuloksena saimme rakennettua Jokiväylän kampukselle toimivan ja hyvän mittausperustan, joka sisältää kolme maapistettä sekä yhdeksän seinäpistettä. Tuotetuilla pisteillä on laitteiden orientointi helpompaa, tarkempaa sekä nopeampaa. Rakennetut pisteet myös mahdollistavat opetuksen kehittämisen ja uudistamisen tulevaisuudessa. Kaikki työssä tuotettu ja kerätty mittausdata luovutetaan Lapin AMK:n, Rovaniemen koulutuskuntayhtymän (myöhemmin REDU) ja Rovaniemen kaupungin käyttöön. Mittausdataa kerätessä noudattimme JHS 184-ohjeistuksia.

Avainsanat

mittausperusta, rakentaminen, pisteverkko, mittausdata

Land Surveying Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Ulla-Maija Karjalainen Leevi Kinnunen	Year 2023
Supervisor	Janne Matilainen	
Commissioned by	Lapland University of Applied Sciences	
Subject of thesis	Making of geodetic network	
Number of pages	36 + 14	

The aim of this thesis study was to describe how a new geodetic network was designed and built. To meet this purpose, our project was based on a needs-based approach. The research process has revealed that certain points in the existing campus network are outdated or even destroyed. Therefore, it was necessary to create a new geodetic network that would serve all current and future users of the Jokiväylä campus. In doing so, we have considered the needs of students and teachers to ensure its effectiveness for many years to come.

Measurements were taken using the Trimble DiNi series of precision survey instruments. This set of tools included a Leica GS18i Global Navigation Satellite System (GNSS) instrument with a CS30 recorder and a Leica MS60 total station with a CS20 as the recorder. The elevation for the built-up land points was obtained by levelling from an Ordnance Survey's elevation point and the coordinates of these points were averaged. The ground points also served as an orientation to get the coordinates of wall points.

As a result of our thesis, we were able to construct a reliable and accurate geodetic network for the Jokiväylä campus, which consists of three ground points and nine wall points. These points allow for easier, faster, and more precise orientation of the equipment. The constructed points also allow potential future upgrades and improvements in teaching methods.

This work has produced and collected a significant amount of measurement data, which will be available to all partners. The measurement data was collected following the guidelines from JHS184, so that it can be considered dependable.

Key words

Geodetic network, measurement data, build

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	YLEISTÄ	9
2.1	Koordinaattijärjestelmät	9
2.2	RTK-GNSS-mittausmenetelmä	9
2.3	Korkeusjärjestelmät	10
2.4	Takymetrimittaus	11
2.5	Korkeuden vaaitseminen	11
3	MITTAUSPERUSTA	13
4	VALMISTELEVAT TYÖT	14
4.1	Ohjeistusten tarkastelu ja valinta	14
4.2	Työsuunnitelma	15
4.3	Tarvittavat luvat ja niiden hakuprosessi	16
4.4	Tilatut tutkimukset	17
5	MAAPISTEIDEN RAKENTAMINEN JA MITTAUS	18
5.1	Maapisteiden rakentaminen	18
5.2	Maapisteiden mittaus ja käytetyt tekniikat	19
5.3	Käytetyt laitteet ja pisteiden nimeäminen	21
6	KORKEUDEN VAAITSEMINEN PISTEILLE	25
7	SEINÄPISTEIDEN RAKENTAMINEN JA MITTAUS	27
7.1	Seinäpisteiden rakentaminen	27
7.2	Seinäpisteiden mittaus	28
7.3	Apupisteet mittauksen tukena	30
8	MITTAUSTEN TARKKUUDET	31
8.1	RTK-mittaus	31
8.2	Takymetrimittaus	31
8.3	Tarkkavaaitus	31
9	MITTAUSTEN RAPORTOINNIT	32
9.1	RTK-mittaukset	32
9.2	Korkeuden vaaitseminen	32

9.3 Seinäpisteiden mittaus	32
10MITTAUSPERUSTAN YLLÄPITO	33
11TULOKSET	34
11.1 Mittausperusta	34
11.2 Data	34
12POHDINTA	35
LÄHTEET	37
LIITTEET	38

ALKUSANAT

Haluamme kiittää kaikkia yhteistyö tahoja, jotka ovat mahdollistaneet opinnäytetyön toteuttamisen. Ensimmäisenä haluamme kiittää ohjaavaa opettajaamme Janne Matilaista. Haluamme myös kiittää Sami Ylittervoa Nord Survey Oy:stä tarkkavaaituskojeen lainasta.

Erytiskiitoksemme haluamme antaa REDU:n maanrakennusalan opiskelijoille, sekä heidän opettajalleen Kari Karjalaiselle. Haluamme kiittää myös muita yhteyshenkilöitä REDU:lla, jotka mahdollistivat opinnäytetyön tekemisen.

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

ETRS89	Yhtenäinen eurooppalainen koordinaattijärjestelmä European Terrestrial Reference System
ETRS-GK26	Paikallisesti käytettävä koordinaattijärjestelmä
EUREF-FIN	Euroopan terrestrisen vertausjärjestelmän 1989 suomalainen kolmiulotteinen realisaatio, Suomen uusin koordinaattijärjestelmä
GNSS	Maailman laajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä, Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
JHS	Julkisen hallinnon suositus
PDOP	Position Dilution of Precision
PPM	Miljoonasosa Parts per million
REDU	Rovaniemen koulutuskuntayhtymä
RTK	Reaaliaikainen kinemaattinen mittaus, Real Time Kinematic

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin palvelemaan Lapin ammattikorkeakoulun maanmittaustekniikan opetusta tulevaisuudessa. Lähtökohta opinnäytetyöllemme oli tarvehakuinen. Opintojemme aikana olemme huomanneet, että kampuksella olevat mittapisteen eivät ole enää tarkkoja ja osa niistä on jo tuhoutunut. Vanha mittausperusta koostui lähinnä asfalttinauloista, jotka ovat hyvinkin alttiita mekaaniselle rasitukselle. Tästä johtuen ne siirtyvät ja irtoavat helposti, jolloin orientoinnit eivät ole laadukkaita. Teimme opinnäytetyömme parityönä tehtävän teknisen toteuttamisen laajuuden takia.

Tavoitteenamme oli rakentaa mittausperusta, joka on riittävän kattava ja tarkka, jotta sen kehittäminen ja jopa pisteluokkien korottaminen on tulevaisuudessa mahdollista. Lisäksi opinnäytetyömme tarkoituksena oli syventää jo oppimaamme mittaustekniikan osaamista ja perehtyä myös itse tarkemmin siihen, mitä mittausperustan rakentaminen kaikkien ohjeistuksien mukaisesti vaatii teki-jältään.

Opinnäytetyömme tarkoituksena oli tuottaa Lapin Ammattikorkeakoulun Joki-väylän kampukselle toimiva ja kattava mittausperusta, noudattamalla JHS 184:aa sekä Liikenneviraston ohjetta 18/2017 tie- ja ratahankkeiden maastotiedoille. Lisäksi rakentamistamme pisteistä tehtiin pistekortit, jotka kaiken keräämämme mittausdatan lisäksi toimitetaan Lapin AMK:lle, Rovaniemen koulutus kuntayhtymälle (myöhemmin REDU) sekä Rovaniemen kaupungin käyttöön.

Mittauksissa käytimme monipuolisesti eri mittauslaitteistoja sekä maanmittauslaboratorion tiloja. Suoritimme työssämme myös toistoja ja tarkistusmittauksia, jotta saimme karsittua mahdolliset virheiden mahdollisuudet minimiin. Työmme tuloksena tuotimme uuden mittausperustan, jota voidaan hyödyntää opetuksessa ja sillä saadaan tarkempaa mittausdataa opiskelijoiden käyttöön. Mittausperustan avulla opetuksessa voidaan jatkossa hyvin käytännönläheisesti opettaa eri tapoja niin orientointiin kuin uusien mittauspisteiden rakentamiseenkin. Tekemämme työ myös mahdollistaa eri mittaustekniikoiden opettamista tulevaisuuden opiskelijoille käytännönläheisesti, teorian sijaan.

2 YLEISTÄ

2.1 Koordinaattijärjestelmät

1918 perustetun Geodeettisen laitoksen tehtävänä oli luoda koordinaattijärjestelmä Suomen kartaston laatimista varten. Ensimmäinen tasokoordinaattijärjestelmä luotiin mittauksilla, jotka perustuivat perusviivoihin sekä kulmahavaintoihin. GPS-satelliittimittausten myötä on pystytty luomaan tarkkoja globaaleja koordinaattijärjestelmiä. Vuonna 1989 luotiin yhtenäinen eurooppalainen koordinaattijärjestelmä, jonka pohjalta on realisoitu nykyinen EUREF-FIN koordinaatisto, jonka maanmittauslaitos otti käyttöön 2010. Tästäkin huolimatta on vielä kuntia, joissa on käytössä vanhoja koordinaattijärjestelmiä. (Palmunen 2022, 30.)

EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmä kuvataan luvussa 3, kuviossa 1, jossa on selkeytetty eri pisteluokat. E1 ja E1b luokan runkopisteverkko, joita on yhteensä 463 kappaletta, mitattiin vuosina 1996–1999. Runkopisteverkkoa on tihennetty maanmittauslaitoksen toimesta E2 ja E3 luokan runkopisteillä. Mittausperustojen varsinaisina lähtöpisteluokkina käytetään E4-E6 luokan pisteitä. EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmän kanssa käytetään koko Suomen kattavaa ETRS-TM35FIN- sekä ETRS-GK: n-koordinaattijärjestelmiä. TM35FIN-koordinaattijärjestelmää käytetään yleensä kartasto- ja paikkatietopalveluissa. Paikallisesti käytetään mitataavallisesti tarkempaa ETRS-GK: n-koordinaattijärjestelmää. (Palmunen 2022, 30.)

2.2 RTK-GNSS-mittausmenetelmä

Puhekielessä esiintyy vielä terminä GPS, mutta oikea termi on GNSS (Maailman laajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä), sillä siihen lukeutuvat kaikki paikannusjärjestelmät maailmassa: Yhdysvaltain GPS, Euroopan unionin Galileo, Kiinan BeiDou, Venäjän GLONASS, Japanin QZSS, Intian IRNSS. RTK-GNSS-mittausmenetelmässä tunnetulle pisteelle pystytetty tukiasema lähettää liikkuvalla paikantavalle vastaanottimelle vaihehavaintonsa. Laite laskee sijaintinsa tukiaseman suhteen, jolloin tukiasema saa tarkan sijainnin olemassa olevaan järjestelmään nähden. Tätä mittausmenetelmää voidaan pitää luotettavana, kun etäisyys

GNSS-tukiasemaan säilyy kohtuullisena (0–10 kilometriä). Pidemmällä välimatkoilla vastaanottiin kohdistuvat erilaiset matkan mukaan kasvavat virhetekijät. Mikäli käytössä ei ole kiinteää RTK-GNSS-tukiasemaa tämä mittausmenetelmä on huono päivittäisiin mittauksiin. Menetelmä sopii hyvin kohteisiin, joissa työalue pysyy samana pitkäaikaisesti, jolloin voidaan perustaa pysyviä tukiasemia. (Palmunen 2022, 17–21.)

Omissa mittauksissamme matka tukiasemaan oli lyhimmillään 133 metriä. Tukiasema sijaitsee REDU:n kiinteistöllä. Leica GS18i:ssä on käytössä SmartNet verkkokorjausjärjestelmä, joka käyttää apunaan myös muita tukiasemia. RTK-GNSS-mittausmenetelmää voidaan pitää hyvinkin luotettavana mittausmenetelmänä, riippuen tukiaseman läheisyydestä, satelliittien määrästä sekä laitteessa olevasta lisenssistä. Käytössä olevasta lisenssistä riippuen löydettyjen satelliittien määrä voi vaihdella suurestikin. XY-sijainti vastaa tarkkuudeltaan JHS 184 -ohjeistusta, jonka voimme todeta suorittamistamme mittausarjoissa. Suurin virhe tällä menetelmällä yleensä onkin korkeuden määrittämisessä. Tämän vuoksi mittausohjeena on tuoda korkeustieto pisteille vaaitsemalla. Staattiseen mittaukseen verrattuna RTK-mittaus ei ole yhtä tarkka, sillä staattisessa mittauksessa, tulos perustuu tarkempaan laskentaan, sekä satelliittivastaanottimien keskinäiseen keskusteluun. (JUHTA 2017.)

2.3 Korkeusjärjestelmät

Vuosien saatossa Suomeen on luotu neljä eri korkeusjärjestelmää. NN eli Normaali Nolla ja se vaaittiin vuosina 1892–1910. Nollakorkona käytettiin Katajanokan sillassa sijainnutta merenpinnan nollapistettä. Mittauslinja ulottui ainoastaan Oulu–Kajaani-linjalle. N60-korkeusjärjestelmä ulottui koko suomen alueelle ja sen vaaitukset tehtiin vuosina 1935–1954. Lähtökorkeus otettiin Helsingin mareografista mitatuista keskivedenpinnoista. Ennen tämän vaaituksen valmistumista luotiin väliaikaiset korkeusjärjestelmät N43 sekä Lappiin oma LN-korkeusjärjestelmä. N2000 vaaittiin vuosina 1978–2006. Tämän korkeusjärjestelmän korkeudet ovat normaalikorkeuksia EVRS:n (European Vertical Reference System) määritelmän mukaisesti, kun taas vanhemmat korkeusjärjestelmät olivat ortomet-

risiä. Näiden korkeuksien erot ovat keskimäärin 2 senttimetriä, mutta suurimmillaan jopa 8 senttimetriä. Maannousu aiheuttaa näin suuren vaihtelun korkeusjärjestelmissä. Suomessa maannousua aiheuttaa jääkausi, joka vaikutti noin 116 000–11 500 vuotta sitten. Jäämassan vaikutuksesta maankuori painui ja sen palautuminen jatkuu edelleen. Maanpinta tulee nousemaan vielä noin sata metriä. Tämän vuoksi korkeusjärjestelmiä joudutaan uusimaan suhteellisen usein. (Palmunen 2022, 12–14.)

2.4 Takymetrimittaus

Takymetri, joka ennen tunnettiin myös teodoliittinä on kulmamittauslaite, joka mittaa kohteiden pysty- ja vaakakulman sekä etäisyyden kojeeseen nähden. Tunnettaessa takymetrin lähtöpiste ja suunta koordinaatiston suhteen, voidaan laskea kohteen koordinaatit. Takymetrimittaus on tarkin mittausmenetelmä. Takymetreissä tasotarkkuus on parempi kuin korkeustarkkuus. Mittaukset voidaan suorittaa kahdessa eri kojeasennossa, toinen kojeasento tarkoittaa, että kojeen molempia akseleita käännetään 180 astetta. Kahden kojeasennon keskiarvoa voidaan pitää luotettavampana. Tämä menetelmä poistaa suurimman osan kojeen sisäisistä kulmalukuvirheistä. Takymetrin orientoinnissa koje asemoidaan käytettyyn koordinaatistoon. Hyvän orientoinnin saavuttaminen hyvän mittausperustan lisäksi, vaatii myös huolellisuutta mittaajalta. Orientoinnit on syytä tehdä kahdessa kojeasennossa tarkkuuta vaativissa mittauksissa. Jotta voidaan olla varmoja orientoinnin tarkkuudesta mittauksen jälkeen, tarkistetaan ne orientointipisteeseen. (Palmunen 2022, 17–21.)

2.5 Korkeuden vaaitseminen

Vaaitus on tarkin tapa siirtää korkeuksia. Mittausmenetelmänä se on yksinkertainen. Vaaituskoje tasataan suoraan, jonka jälkeen korkeuseroja mitataan vaakapinnan suhteen. Tätä menetelmää käytetään mittausperustan korkeudenmittauksissa. JHS 184 -ohjeistuksen mukaan tarkkavaaitusmenetelmän tarkkuuden on oltava 10 ppm, tämä arvo tulee sulkuvirheen suhteellisesta virheestä eli kilometrillä sulkuvirhettä saa olla korkeintaan 10 millimetriä. Käytimme työssämme uudempaa kojetyyppiä, joka on digitaalinen, ja koje lukee viivakoodilatasta tarkan

korkeuslukeman (Palmunen 2022, 31–32.). Tarkkavaaituskoje on takymetrin tavoin kalibroitava kahden vuoden välein (ISO 9001).

Jonovaaituksessa havaintoja otetaan eteen- ja taakse havaintoina, näiden erotuksista digitaalinen koje laskee automaattisesti korkoa lattapisteille. Kuvio 3 havainnollistaa vaaituksen mittausvaihetta. Vaaitus aloitetaan taakse mittauksella, jonka jälkeen latta siirretään kojeen toiselle puolelle ja mitataan eteen mittaus. Tämän jälkeen siirretään kojetta ja mitataan taakse mittaus ja latta siirtyy. Vaaitus jatkuu tällä tavalla aina vaaituksen sulkuun asti. Vaaitus päättyy eteen mittaukseen. (Laurila 2012, 219.)

Tarkkavaaituksen ero perinteisen vaaitukseen on kojeen ja latan tyyppi. Tarkkavaaituskoje on nykyisin täysin digitaalinen koje, joka lukee viivakoodilattaa millin kymmenyksien tarkkuudella. Perinteisestä vaaituskojeesta poiketen tarkkavaaituskoje suorittaa laskennat koroille automaattisesti. Lähtöpisteen korkeuden tulee olla oikein. Myös vaaituksen sulkemisen yhteydessä vaaditaan huolellisuutta syötettäessä sulkupisteen korkeus. Näitä tietoja voi olla hankala muuttaa, kun on päättänyt vaaituksen. Kojeella voi suorittaa myös jonotasoituksen, jolloin koje tasoittaa sulkuvirheen automaattisesti vaaituksen lattapisteille. Suurin riski jonovaaituksen virheelle onkin, jos lähtö- tai lopetuspisteen korko syötetään laitteelle väärin. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö muutenkin vaaituksen aikana tulisi noudattaa huolellisuutta. Latassa on kaksi tasainta, ylhäällä ja alhaalla ja niiden avulla latta pidetään suorassa, ennen havaintojen tallentamista. (Palmunen 2022, 31–32.)

3 MITTAUSPERUSTA

Nykypäivänä RTK-mittaukset ovat jo hieman vähentäneet mittausperustan tarvetta, mutta edelleen tarkkuutta vaativissa kohteissa on mittausperusta lähtökohta kaikille mittauksille, puhutaanpa sitten hankkeista, maanrakennus- tai toteutamittauksista. Kaikki kohteet, joita mitataan, olivatpa ne rakennuksia, siltoja, teitä tai junaratoja, tarvitsevat mittausperustan. Hyvä mittausperusta onkin edellytys sille, että kaikki maastoon suunnitellut rakenteet saadaan oikeille paikoilleen.

Koordinaatisto koostuu kolmesta ulottuvuudesta, X, Y ja Z, mittausperustaan tarvitaan tämä kolmiulotteinen järjestelmä, jotta kohteet saadaan mitattua oikein ja suunniteltuun sijaintiin. Mittausperusta koostuu perus- ja käyttöpisteistä, joille on mitattu koordinaattiarvot. Jokaiselle mittausperustalle määritellään tasoluokka sekä käytettävä koordinaattijärjestelmä. Monet rakenteet ja muun muassa sillat vaativat niin suurta tarkkuutta, ettei niitä voida toteuttaa pelkästään GNSS-mittauksilla. Mittausperustaa voidaan käyttää myös GNSS-laitteiden tarkkuuden kontrollointiin.

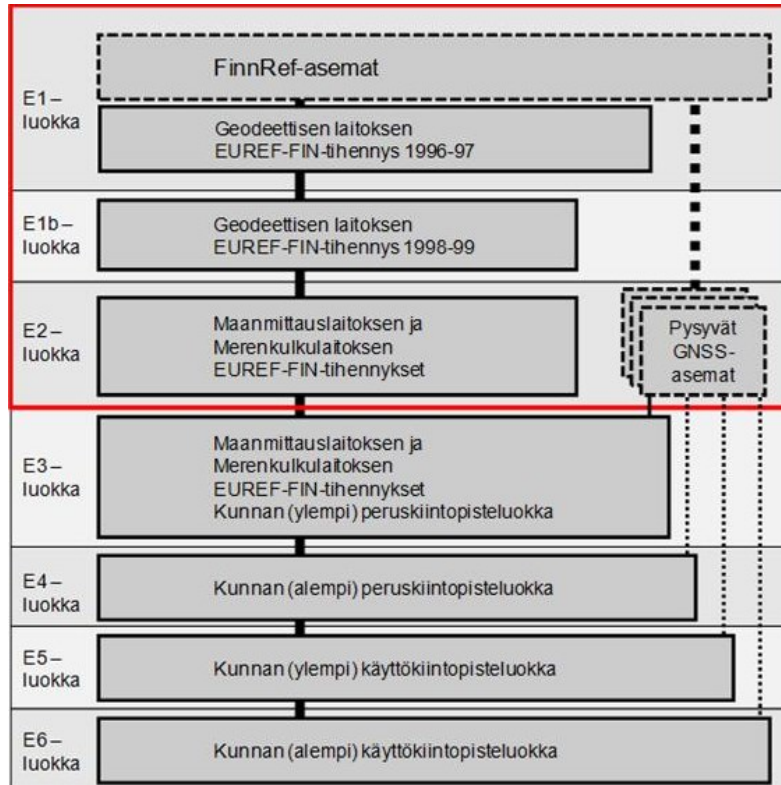
Aina laadittaessa lähtötietoa, on mittausaineisto sidottava fyysisiin pisteisiin. Virallisen taso- ja korkeuskiintopistetiedon saa maanmittauslaitokselta tai kunnalta, mutta pisteitä tuhoutuu, katoaa tai yksinkertaisesti siirtyy, joka johtaa mittausarpeeseen paikallisesti. Kun käytössämme on hyvä mittausperusta, voimme varmistua siitä, että tehdyt suunnitelmat toimivat keskenään. Mikäli mittausperusta tehdään huonosti, nousevat virheet esiin suunnitelmien toteutusvaiheessa.

4 VALMISTELEVAT TYÖT

4.1 Ohjeistusten tarkastelu ja valinta

Opinnäytetyössämme pääsimme hyödyntämään ohjeistuksia mittausperustan rakentamisesta. Valikoimme käytettäviksi ohjeistuksiksi JHS 184:n eli julkisen hallinnon suosituksen 184 (JUHTA 2017) sekä Liikenneviraston ohjeen 18/2017 Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot mittausohjeen (Liikennevirasto 2017). Ohjeistukset ovat esimerkiksi juuri mittausperustan rakentamisessa toiminnan kivi-jalka, jota tulee noudattaa mahdollisimman tarkkaan ja jos poikkeuksia joudutaan tekemään, tulee niistä olla maininta ja yhteisymmärrys kaikkien osapuolien kanssa. Joissakin tapauksissa voidaan JHS-ohjeistuksia pitää jopa määräyksinä.

JHS 184 määrittää tarkkuuteen vaadittavat elementit mittaustapa kohtaisesti, näistä mittaustavoista valitsimme RTK-mittauksen (Reaaliaikainen kinemaattinen mittaus), joten noudatimme RTK-mittauksen ohjeita. Valitsimme RTK-mittauksen, koska se mahdollisti haluamamme tuloksen, lisäksi valintaan vaikutti saatavilla olevat mittauskojeet. Vaihtoehtona oleva staattinen mittaustapa vaatii useamman mittalaitteen käyttöön samanaikaisesti ja lisäksi jälkilaskenta vaatii paljon aikaa ja resursseja, emmekä olleet varmoja riittääkö maanmittauslaboratorion koneiden teho suorittamaan laskentaa. Suosituksissa kerrotaan muun muassa mitä arvoja tulisi asettaa esimerkiksi PDOP:n (Position Dilution of Precision) tai korkeuskulman minimiarvoksi. Ohjeistuksesta löytyy myös perusteet pisteiden luokitteluun eli siihen minkä tasoluokan pisteestä on kyse. (Kuvio 1). (JUHTA 2017.)



Kuvio 1. Pisteiden luokittelu (Juhta 2017)

Liikenneviraston 18/2017 Tie- ja ratakankkeiden maastotiedot-mittausohjeessa mittausperustan rakentamisen ohjeet perustuvat JHS184: ään. Ulkomuoto on hieman selkeämpi, lisäksi ohjeessa käsitellään maastomittausta mittaustekniikan kannalta. Tässä ohjeessa tukeuduimme osioon mittausperustasta, jossa käsitellään esimerkiksi pisteiden tarkkuuksia, mittausten suorittamista ja korkeuden mittausta. (Liikennevirasto 2017.)

4.2 Työsuunnitelma

Opinnäytetyön alussa teimme työsuunnitelman. Työsuunnitelmaan konsultoitin ensimmäisenä ohjaavaa opettajaa. Opettajan kanssa kartoitimme koulun toiveet mittausperustasta, sen laadusta sekä pisteiden sijainneista. Suunnitteluvaiheessa konsultoimme lisäksi Rovaniemen koulutuskuntayhtymän (myöhemmin REDU) maanmittauksen opettajaa, jotta tuleva mittausperusta palvelisi myös heidän tarpeitaan.

Suunnitteluvaiheessa päädyimme aloittamaan mittausperustan pisteet rakennetuista maapisteistä. Maapisteiden suunnittelupisteet kävimme mittaamassa GNSS-laitteistolla. Tämän jälkeen suunnitelmapisteistä luotiin kartta 3D-Win ohjelmistolla. Lisäksi luotiin suunnitelma seinäpisteistä kaavakartalle. Suunnitteluvaiheessa päätimme myös mittaustavat, pisteiden rakenteet, pisteiden sijoittelun, koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät sekä mitä loppuaineistoja laadimme. Mittausperustan maapisteiden mittaustavaksi valikoitu RTK-mittaus, jonka toteutimme keskiarvomittauksena, seinäpisteille sijainnit mitattiin näistä maapisteistä takymetrillä. Luovutukseen tulevia aineistoja ovat muun muassa pisteiden XYZ-sijaintitiedot, pistekortit, karttakuva pisteiden sijainneista.

4.3 Tarvittavat luvat ja niiden hakuprosessi

Kartoitimme tarpeet tarvittaville luville. Kartoittamiseen tarvitsimme suunnitelman pisteiden sijainneista ja kiinnityksestä. Maapisteitä on kolme, niistä yksi sijaitsee REDU:n kiinteistöllä ja kaksi Lapin ammattikorkeakoulun kiinteistöllä. REDU:n kiinteistöllä sijaitsevan pisteen rakentamiseen saimme luvan REDU:n kiinteistöpäälliköltä. Opinnäytetyöhömmme suhtauduttiin positiivisesti ja toiveena oli, että myös heille toimitetaan työstämme kerätty data.

Lapin ammattikorkeakoulun kiinteistölle ja rakennuksiin asennettaviin pisteisiin saimme luvan kiinteistöpäälliköltä. Kiinteistöpäällikkö pyysi tarkemman selvityksen pisteiden sijainneista, laadusta, kiinnitystavasta sekä pisteiden eheyttämisestä (liite 1). Tämän selvityksen laadimme ja lähetimme kiinteistöpäällikölle sähköpostitse. Lisäksi kysyimme Rovaniemen kaupungilta lupaa pisteen sijoitukseen heidän kiinteistölleen, johon saimme luvan kaupungin geodeetilta sekä mittaus työnjohtajalta. Tämän luvan kysyimme, koska vaikutti siltä, että Lapin ammattikorkeakoulun parkkipaikan pohjoispäädyssä kaapeleita on paljon, mikä olisi saattanut olla esteenä pisteen rakentamiselle. Kaapelinäytön jälkeen pystyimme kuitenkin toteamaan, ettei estettä ollut ja piste pystyttiin rakentamaan suunnitellulle paikalleen.

4.4 Tilatut tutkimukset

Ennen maapisteiden asentamista tarvitsimme kaapelinäytön, jotta välttyisimme mahdollisilta kaapelirikoilta. Kaapelinäytössä todennetaan olemassa olevat kaapelit ja johdot kohteissa, joissa aiotaan suorittaa kaivuutyötä. Verkkoyhtiöillä on käytössään laitteisto, joka havaitsee maanalaisia sähkö- ja datakaapeleita sekä vesiputkia. Olemassa olevan datan sekä laitteiston havaintojen perusteella maastoon merkitään havaitut kaapelit kaivettavalle alueelle.

Työ tilattiin kaivulupa.fi-palvelusta ja sieltä meille toimitettiin kaapelikartat alueesta, sekä muut tarvittavat liitteet. Ensimmäisessä näytössä meille selvisi, että Elisan kaapelinäyttö tulee tilata johtotieto.fi-palvelusta. Kaapelinnäyttöjä tuli siis yhteensä kaksi kappaletta, joista toinen oli Telian ja toinen Rovaniemen verkon. Elisalta saimme kaapelitiedot karttakuvana ja dwg-tiedostona. Näytöt sujuivat jouhevasti ja kaapelit merkittiin maastoon maalimerkein. Merkityt kaapelit kartoitettiin lisäksi myös GNSS-laitteistolla.

5 MAAPISTEIDEN RAKENTAMINEN JA MITTAUS

5.1 Maapisteiden rakentaminen

Maapisteet rakennettiin ja asennettiin REDU:n maanrakennusalan opiskelijoiden toimesta. Annoimme REDU:lle ohjeistuksen siitä minkä laatuisen pisteen haluamme maahan asennettavan. Maapiste on valettu metrin mittaiseen 110 millimetrin rumpuputken sisään ja valuun on kiinnitetty 160 millimetriä pitkä ja 16 millimetrin halkaisijalla oleva terästappi (kuvio 2). Maapisteitä varten kaivettiin 105 senttimetriä syvä kaivanto, johon valetut putket upotettiin ja maa tiivistettiin.



Kuvio 2. Maapisteet valmiina ennen asennusta

5.2 Maapisteiden mittaus ja käytetyt tekniikat

Maapisteiden mittaus toteutettiin JHS 184-ohjeistuksen mukaisesti, niitä tehtiin kolme kappaletta, joille tavoiteltiin laatuluokkaa E5. RTK-mittausta ei suositella toteutettavaksi, mikäli pisteiden väli on alle 500 metriä (JUHTA 2017). Tämän suhteen teimme poikkeuksen ja suoritimme mittaukset RTK-mittauksena, vaikka pisteväli on alle 500 metriä. Maapisteitä suunniteltaessa halusimme tehdä pisteet niin, että on olemassa näkyvyys vähintään kahden pisteen välillä. Vaikka saimme luvan rakentaa pisteitä myös kaupungin kiinteistöille, päädyimme rakentamaan pisteet oppilaitosten kiinteistöille. Liitteissä 6, 7 ja 8 on pistekortit, joista havaitaan pisteiden sijainnit maastossa.

Maapisteille korkeus tuotiin vaaitsemalla maanmittauslaitoksen korkeuspisteeltä (pistenumero 63051), joka on korkeusluokkaa 1. Korkeuspisteen pistekortti on esitetty liitteessä 4. Tässä työvaiheessa käytimme Nord Survey Oy:ltä lainattua tarkkavaaituskojetta. Lähin maanmittauslaitoksen korkeuspiste löytyy Rovaniemen vanhalta sillalta, Jorma Eton tieltä. Matkaa koulun alueelle kertyy noin kaksi kilometriä suuntaansa.

JHS 184 määrittää myös muita ohjeita tarkkuuden ylläpitämiseksi. Antennikorkeus ei saa ylittää kahta metriä, PDOP-arvon tulee olla alle 5. Jotta mittaustulos on hyväksyttävä, tulee olla yhteys vähintään seitsemään satelliittiin. On myös suositeltavaa, että korkeuskulman raja on 10–15 astetta. (JUHTA 2017.)

Maapisteiden XY-sijainnin mittaus toteutettiin RTK-mittauksena siten, että GNSS-laitteisto keskistettiin maapisteiden päälle kolmijalan ja tasausalustan avulla, jonka jälkeen yhdelle pisteelle toteutettiin kolme mittaussarjaa. Kuvio 2 havainnollistaa laitteiston keskistystä pisteille. Jokainen mittaussarja sisälsi viisi mittausta ja jokainen mittaus sisälsi viisi RTK-/EPOK-havaintoa eli yhteensä viisitoista mittausta ja seitsemänkymmentäviisi RTK-/EPOK-havaintoa jokaisella pisteellä. Jokaisen yksittäisen mittauksen jälkeen koje alustettiin uudelleen. Koordinaattijärjestelmänä mittauksissa käytettiin ETRS-GK26 ja korkeusluokkana N2000. Pisteiden sijaintitieto on myös muunnettu ETRS-TM35 koordinaattijärjestelmään maastotallentimella, on huomioitava, että nämä koordinaatit ovat muunnoksia, jolloin on riski, että niissä on virhettä. ETRS-GK26 koordinaattikaista on

järjestelmä, joka on käytössä Rovaniemen alueella ja esimerkiksi Rovaniemen kaupunki käyttää ETRS-GK26 järjestelmää omissa mittauksissaan (Rovaniemen Kaupunki 2022.). Lisäksi oli perusteltua käyttää kyseistä järjestelmää, koska ETRS-TM35-koordinaattijärjestelmässä on suuri mittakaavavirhe käytettävän projektion ja leveytensä takia, tämän vuoksi päädyimme käyttämään ETRS-GK26 koordinaattijärjestelmää. (Palmunen 2022, 84.)



Kuvio 3. GNSS-kojeen tasaus maapisteen päälle.

5.3 Käytetyt laitteet ja pisteiden nimeäminen

Kojeena sijaintiedon mittaukseen käytimme Leican GNSS-laitteistoa. Vastaanottimena toimi Leica GS18i ja maastotallentimena Leica CS30. GS18i keskistettiin kolmijalkojen avulla pisteen päälle ja tasaukseen käytettiin tasausalustaa. Ennen mittauksen aloituksia asetimme tallentimeen vaadittavat asetukset, eli PDOP-arvon maksimiksi 5. Korkeuskulmanrajan asetimme 15 asteeseen. EPOK havaintojen määrän pidimme viitenä havaintona. EPOK on mittauksen ajankohta, johon vertailutaso liittyy. Koordinaatit ovat siis sidottuna aikaan. (Laurila 2012, 156.)

Pisteet nimettiin niiden sijainnin mukaan ja pyrimme nimeämisessä loogisuuteen, jotta tulevaisuudessakin on helpompi hahmottaa, mikä piste on kyseessä. Lapin ammattikorkeakoulun kiinteistöllä sijaitsevat maapisteen on nimetty AMK1 ja AMK2. REDU:n kiinteistöllä sijaitseva piste on nimetty REDU1. Pisteiden sijaintilaskelmat on esitetty taulukoissa 1, 2 ja 3.

Taulukko 1. Pisteiden sijaintilaskelmat AMK1

AMK1			
Mittaus 1	X	Y	Z
	7376516,421	26487643,318	77,965
	7376516,423	26487643,317	77,969
	7376516,425	26487643,317	77,973
	7376516,426	26487643,317	77,970
	7376516,422	26487643,318	77,970
KA	7376516,424	26487643,317	77,971
MAX	7376516,426	26487643,318	77,973
MIN	7376516,421	26487643,317	77,965
	DX	DY	DZ
	0,005	0,001	0,008
Mittaus 2	X	Y	Z
	7376516,425	26487643,320	77,962
	7376516,428	26487643,321	77,965
	7376516,429	26487643,320	77,970
	7376516,429	26487643,321	77,968
	7376516,429	26487643,322	77,969
KA	7376516,429	26487643,321	77,969
MAX	7376516,429	26487643,322	77,970
MIN	7376516,425	26487643,320	77,962
	DX	DY	DZ
	0,004	0,002	0,008
Mittaus 3	X	Y	Z
	7376516,433	26487643,321	77,972
	7376516,436	26487643,322	77,973
	7376516,439	26487643,321	77,980
	7376516,445	26487643,323	78,005
	7376516,426	26487643,325	77,961
KA	7376516,436	26487643,324	77,983
MAX	7376516,445	26487643,325	78,005
MIN	7376516,426	26487643,321	77,961
	DX	DY	DZ
	0,019	0,004	0,044
KA YHT	7376516,430	26487643,321	77,974
KA MAX	7376516,436	26487643,324	77,983
KA MIN	7376516,424	26487643,317	77,969
	KA DX	KA DY	KA DZ
	0,011	0,007	0,014

Taulukko 2. Pisteiden sijaintilaskelmat AMK2

AMK2			
Mittaus 1	X	Y	Z
	7376612,31	26487655,646	77,620
	7376612,309	26487655,646	77,623
	7376612,307	26487655,647	77,620
	7376612,307	26487655,648	77,617
	7376612,307	26487655,647	77,621
KA	7376612,307	26487655,647	77,619
MAX	7376612,310	26487655,648	77,623
MIN	7376612,307	26487655,646	77,617
	DX	DY	DZ
	0,003	0,002	0,006
Mittaus 2	X	Y	Z
	7376612,308	26487655,643	77,629
	7376612,308	26487655,642	77,630
	7376612,308	26487655,643	77,632
	7376612,307	26487655,642	77,628
	7376612,306	26487655,642	77,626
KA	7376612,307	26487655,642	77,629
MAX	7376612,308	26487655,643	77,632
MIN	7376612,306	26487655,642	77,626
	DX	DY	DZ
	0,002	0,001	0,006
Mittaus 3	X	Y	Z
	7376612,312	26487655,647	77,629
	7376612,313	26487655,645	77,634
	7376612,315	26487655,646	77,638
	7376612,315	26487655,643	77,634
	7376612,315	26487655,644	77,639
KA	7376612,315	26487655,644	77,637
MAX	7376612,315	26487655,646	77,639
MIN	7376612,313	26487655,643	77,634
	DX	DY	DZ
	0,002	0,003	0,005
KA YHT	7376612,310	26487655,644	77,628
KA MAX	7376612,315	26487655,647	77,637
KA MIN	7376612,307	26487655,642	77,619
	KA DX	KA DY	KA DZ
	0,008	0,005	0,017

Taulukko 3. Pisteiden sijaintilaskelmat REDU1

REDU1			
Mittaus 1	X	Y	Z
	7376486,323	26487709,292	78,052
	7376486,324	26487709,295	78,062
	7376486,323	26487709,297	78,037
	7376486,321	26487709,298	78,055
	7376486,324	26487709,300	78,029
KA	7376486,323	26487709,298	78,040
MAX	7376486,324	26487709,300	78,062
MIN	7376486,321	26487709,292	78,029
	DX	DY	DZ
	0,003	0,008	0,033
Mittaus 2	X	Y	Z
	7376486,324	26487709,299	78,043
	7376486,325	26487709,298	78,061
	7376486,321	26487709,295	78,064
	7376486,315	26487709,292	78,033
	7376486,330	26487709,302	78,041
KA	7376486,322	26487709,296	78,046
MAX	7376486,33	26487709,302	78,064
MIN	7376486,315	26487709,292	78,033
	DX	DY	DZ
	0,015	0,010	0,031
Mittaus 3	X	Y	Z
	7376486,322	26487709,282	78,050
	7376486,325	26487709,284	78,052
	7376486,324	26487709,284	78,049
	7376486,323	26487709,286	78,044
	7376486,323	26487709,286	78,045
KA	7376486,323	26487709,286	78,045
MAX	7376486,325	26487709,286	78,052
MIN	7376486,323	26487709,284	78,044
	DX	DY	DZ
	0,002	0,002	0,008
KA YHT	7376486,323	26487709,294	78,044
KA MAX	7376486,323	26487709,298	78,046
KA MIN	7376486,322	26487709,286	78,040
	KA DX	KA DY	KA DZ
	0,001	0,012	0,006

6 KORKEUDEN VAAITSEMINEN PISTEILLE

Korkeuden vaaitseminen toteutettiin jonovaaituksena tarkkavaaituskojeella. Kojeena käytimme Trimblen DiNi-sarjan tarkkavaaituskojetta. Korkeus pisteille tuotiin maanmittauslaitoksen korkeuspisteeltä 63051 (liite 2), joka sijaitsee Rovaniemen vanhalla rautatiesillalla. Piste 63051 on korkeus 83.745, korkeusluokassa N2000. Vaaituksen sulkeminen tapahtui myös samaan 63051 korkeuskiintopisteeseen. (Maanmittauslaitos 2022.)



Kuvio 4. Vaaitustyö meneillään

Vaaitus suoritettiin onnistuneesti. Kokonaismatka vaaituksessa oli 4037,77 metriä ($2049,15+1988,62=4037,77$), josta taakse havaintojen matkat yhteensä 1988,62 metriä ja eteen havaintojen matkat yhteensä 2049,15 metriä. Luvuista voimme todeta matkatasapainon pysyneen kohtuuden rajoissa neljän kilometrin matkalla. Matkatasapainon numeerinen arvo vaaituksessamme on siis 60,53 ($2049,15-1988,62=60,53$) metriä eteen mittauksien eduksi. Sulkuvirhettä tällä matkalla meille kertyi -0,00669 metriä eli 6,7 millimetriä. Pisteelle 63051 mitattu arvo vaaituksen lopussa oli 83,75169 metriä merenpinnasta, kun maanmittauslaitoksen ilmoittama korkeus on 83,745 metriä merenpinnasta.

Virhe kilometriä kohden on siis 1,6 millimetriä ($0,00669/4037,77*1000000=1.656$). Pisteidemme korot tasoitetussa vaaituspöytäkirjassa ovat seuraavat:

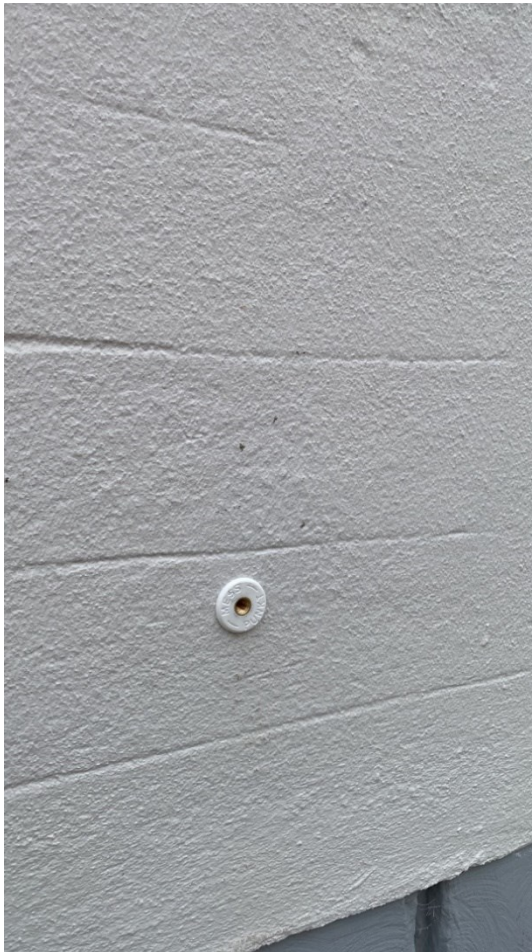
- AMK1 78,02218 = 78,022
- AMK2 77,67954 = 77,679
- REDU1 78,08408 = 78,084.

Ohjeistuksen mukaan sulkuvirhe voi korkeimmillaan olla 10 ppm, joten voidaan todeta, että tekemämme vaaitus täyttää ohjeistuksen vaatimuksen (Liikennevirasto 2017). Liitteenä 3 olevasta vaaituspöytäkirjasta voidaan havaita raporttoimamme virheet.

7 SEINÄPISTEIDEN RAKENTAMINEN JA MITTAUS

7.1 Seinäpisteiden rakentaminen

Seinäpisteiden rakentamisen työt alkoivat pisteiden sijoittamisella rakennuksien kivijalkoihin. Pisteet tehtiin kivijalkaan iskuporakoneella, ensin porattiin 10 millimetrin terällä neljän sentin syvyyteen, joka viimeisteltiin 12 millimetrin terällä noin 2–3 sentin syvyyteen. Tämän jälkeen asennettiin paikalleen seinäkiinnike tähystä varten. Kiinnikkeet lyötiin vasaralla pohjaan ja tapit levitettiin pultilla, jossa on M8-kierre. Kuvio 4 havainnollistaa valmiin seinäpisteen, jossa on paikallaan M8-kierre. Kierteisiin voidaan asentaa tähyksen kiinniketapit, joihin laitetaan tähys pikalukituksella. Tähyksenä voi käyttää keltaista muovirunkoista tähystä, Leican miniprismaa ja Leican 360°-prismaa.



Kuvio 5. Seinäkiinnike asennettuna.

7.2 Seinäpisteiden mittaus

Orientointi takymetrille tehtiin rakentamistamme maapisteistä, joista tehdyllä orientoinnilla voitiin mitata sijainti seinäpisteille. Koska seinäpisteitä on sijoitettu hyvän näkyvyyden kannalta eri paikkoihin, ei kaikkia pisteitä voi mitata suoralla orientoinnilla maapisteistä. Ratkaisimme ongelman tekemällä muutamia apupisteitä, joiden avulla sijainnin sai vietyä piilossa oleville seinäpisteille.

Orientointi oli tässä työn vaiheessa kriittinen tekijä tarkkuuden mahdollisimman hyvään säilymiseen. Kun orientoimme takymetria, käytimme aina vähintään kolmea pistettä, jotta välttyisimme koordinaattien kiertymiseltä. Käyttäessämme useampaa pistettä orientoinneissa hyödyksi, lisäsimme orientointien luotettavuutta. Orientoinnit tehtiin vapaalle asemapisteelle, jolloin saimme määritettyä optimaalisen paikan takymetrille ja saimme hyvän näkyvyyden liitospisteille. Lisäksi orientointi alueen sisällä pysyminen lisää koordinaattien vakautta. (Laurila 2012, 259.)

Seinäpisteiden mittaukset toteutettiin Leican MS60 takymetrillä

ja Leican CS20 maastotallentimella. Pisteille asennettiin muovirunkoinen tähyys (Goecke Schwelm MP46) ja Leican miniprisma (Leica GMP101), joihin mitattiin pisteen sijainti. Käytössä olevien muovirunkoisten tähyksien ja Leican miniprisman mitat tyvestä keskikohtaan ovat toisiaan vastaavia. Vaikka muovirunkoisella tähyksellä emme havainneet suuria eroja, on miniprisma aina varmempi käytössä. Kuvio 5 havainnollistaa karkeasti muovirunkoisen tähyksen ja miniprisman kokoa. Testaamalla totesimme prismojen ja muovirunkoisen tähyksen olevan toisiaan vastaavia ja mittaustulokset poikkesivat hyvin vähän toisistaan. Esimerkkinä voidaan käyttää pistettä AMKSP2. Taulukosta 4 voi selkeästi tarkastella käytettyjen tähyksien eroja.

Taulukko 4. Tähyksien vertailutaulukko.

AMKSP2			
	Tarratähyys	Miniprisma	Ero
Korkeus	78,480	78,478	0,002
Pohjoinen	7376559,462	7376559,462	0,000
Itä	26487635,301	26487635,303	-0,002



Kuvio 6. Tähyksien vertailu mittanauhan avulla sekä tähykset pisteisiin asennettuina.

Leica miniprisma

- Prisma halkaisija 25,4 mm
- Prismavakio +17,5 mm Offset: – 17 mm
- Kohdistustarkkuus 1,0 mm
- Mittausmatka n 2000 m

(GEOMATICS 2023.)

Goecke Schwelm MP46 tarra-tähys

- Ø 25 mm halkaisija

Seinäpisteiden sijaintitiedot ovat mitattu ETRS-GK26 koordinaattijärjestelmään ja korkeusjärjestelmään N2000. Pisteet ovat siis samassa järjestelmässä kuin maapisteetkin. Seinäpisteet on koottu liitteeseen neljä, mistä löytyy koordinaattilistaus, karttakuva ja valokuvia. Seinäpisteiden sijaintitiedot myös muunnettiin ETRS-TM35-koordinaatistoon maastotallentimella, on huomioitava, että muunnetuissa koordinaateissa on riski virheille.

7.3 Apupisteet mittauksen tukena

Mittasimme joitakin apupisteitä edistämään mittauksien sujuvuutta, sillä kaikkialta ei ollut näkyvyyttä kaikkiin kolmeen maapisteeseen, joita käytimme sijaintien viennissä pisteille. Apupisteet rakennettiin ja suunniteltiin siten, että saimme näkyvyyden kolmeen liitospisteeseen, tähän käytimme maapisteitä. Näin varmistimme, että saimme hyvän ja tarkan orientoinnin ja pystyimme luottamaan apupisteiden laatuun. Liitteeseen viisi on koottu apupisteiden sijaintitiedot. Apupisteet toimivat tukena orientoinnissa, mitatessamme sijaintia seinäpisteille. Seinäpisteiden mittauksessa käytimme aina vähintään yhtä maapistettä, poikkeuksena AMKSP9, joka on hieman katveessa. Apupisteet olivat pakollisia työntoteutuksen kannalta, ne eivät välttämättä ole enää löydettävissä maastosta.

8 MITTAUSTEN TARKKUUDET

8.1 RTK-mittaus

Mittausten tarkkuudessa noudatimme huolellisuutta, sekä JHS 184-suositusta. Maapisteitä mitatessamme tarkkuuden ja kojeen asetuksissa noudatimme JHS 184-ohjeistusta RTK-mittauksesta. Mittausten tulokset pysyivät hyvin suosituksen sallimissa rajoissa. Taulukot 1, 2 ja 3 havainnollistavat hyvin sen, kuinka pieniä eroja mittaussarjoissa esiintyy. Ohjeistuksen noudattaminen edesauttaa tarkkuudessa. Tällä tavoin saimme suoritettua riittävän määrän havaintoja, jotka ovat toisistaan irrallisia seurattaessa XY-sijaintia.

8.2 Takymetrimittaus

Takymetrimittauksissa tarkkuus perustui laadukkaisiin useamman liitospisteen orientointeihin. Mittaukset suoritettiin orientointi alueen sisäpuolella, jolloin koordinaattien kiertyminen saatiin eliminoitua tai ainakin minimaaliseksi. Lisäksi seinäpisteitä mitatessa mittaus suoritettiin kahdella kojeasennolla. Kahden kojeasennon mittauksien keskiarvot tarkistettiin ja kirjattiin sen mukaan koordinaattitilistaukseen. Käytössämme oli Leican MS60 multistation, josta hyödynsimme takymetrimittauksen ominaisuuksia. Laitteen kulmanlukutarkkuus valmistajan ilmoittamana on 1" (0,3 mgon). Kojeen mittausnopeus on 1. 5 s.

8.3 Tarkkavaaitus

Kojeena tarkkavaaituksessa Trimblen DiNi 03, jonka ilmoitettu tarkkuus on 0,3 millimetriä kilometrin edestakaisessa vaaituksessa, kojeen kalibrointi oli voimassa. Vaaituksessa huomioimme Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot mittausohjetta. Vaaituksen ohjeistuksen mukaan vaaituksen tarkkuuden tulee olla 10ppm. Saavutimme vaaditut laatuksiteerit, tarkkuuden ollessa 1,6ppm. Lisäksi ohjeistuksen mukaan tähtäyksien etäisyyksien tulee olla alle 100 metriä, me pyrimme pitämään tähtäys etäisyyden 50 metrissä, mittauksemme matka tasapaino oli 60,53 metriä (Liikennevirasto 2017.)

9 MITTAUSTEN RAPORTOINNIT

9.1 RTK-mittaukset

RTK-mittauksia voidaan pitää onnistuneina ja tuloksia hyvinä. Onnistumista RTK-mittauksissa kuvataan taulukoissa 1, 2 ja 3, joista pystymme havaitsemaan yksittäisten mittauksien eroja toisistaan. Kalustona käytimme Leican GS18i GNSS-kojetta, kolmijalkoja, pakkokeskistysalustaa sekä maastotallentimena Leica CS30: aa. RTK mittauksissa noudatettiin JHS 184-ohjeistuksia, josta teimme poikkeuksen pistevälin suhteen. JHS 184-ohjeistuksen mukaan pistevälin tulisi olla vähintään 500 metriä, jos mittaukset toteutetaan RTK-mittauksena (JUHTA 2017). Mittauksen tulokset on raportoitu kohdassa 3.2.

9.2 Korkeuden vaaitseminen

Korkeudenvaaituksen toteutimme tehokkaasti. Oman haasteensa vaaitukseen toi suuret korkeusvaihtelut, koska käytössämme oli kaksi metriä pitkä viivakoodilatta. Jyrkissä nousuissa ja laskuissa lyhyellä latalla, joudutaan käyttämään välillä hyvinkin lyhyitä tähtäysmatkoja. Vaaitusmatka meillä oli noin neljä kilometriä, sulkuvirhettä koko matkalle tuli ainoastaan 6,7 millimetriä.

9.3 Seinäpisteiden mittaus

Seinäpisteiden mittaus tapahtui myös tehokkaasti, sillä maapisteemme olivat toimivia ja niistä sai tarkan orientoinnin mikä nopeutti mittausta huomattavasti, aikaa ei tarvinnut käyttää tarkkuuksien kanssa pohtimiseen. Seinäpisteistä tuli visuaalisesti miellyttäviä, sekä helppokäyttöisiä tulevaisuutta ajatellen. Seinäpisteet eivät myöskään yleensä liiku routimisen johdosta.

10 MITTAUSPERUSTAN YLLÄPITO

Maapisteiden ylläpitäminen on tärkeää, jotta voidaan havaita ajoissa pisteen liikuminen, mikäli sitä tapahtuu. Maapisteen rakenne ei ylety routarajan alapuolelle, joten on olemassa suuri riski sille, että routa siirtää maapisteitä.

Suosittellemmekin, että keväisin tarkistetaan pisteiden sijaintitiedot, seinäpisteitä voidaan pitää luotettavampina roudan jälkeen, kuin maapisteitä, johtuen roudan pienestä vaikutuksesta rakennuksien sokkeleihin. Tarkistus suoritetaan mittaamalla pisteiltä vähintään yhden viiden havainnon keskiarvomittaus, jonka tulosta tulee vertailla tämän opinnäytetyön tuloksiin.

Mikäli havaitaan yli 60 millimetrin eroja X- ja Y-koordinaateissa suosittelemme suorittamaan pisteille mittaukset uudestaan seuraavilla toimenpiteillä:

- Vähintään kaksi viiden havainnon mittaussarjaa, jossa yksi havainto sisältää vähintään viisi EPOK havaintoa. Jokaisen yksittäisen mittauksen jälkeen GNSS koje tulee alustaa uudelleen.
- Excelillä lasketaan pisteiden keskiarvotulokset, sekä maksimin ja minimin erot. (Laskentapohja löytyy opettajilta.)
- Myös korko tulee vaaita uudelleen viralliselta korkopisteeltä

Seinäpisteet ovat jokseenkin huoltovapaita, mutta niitäkin tulisi tarkkailla ja mikäli havaitsee eroa, tulee suorittaa myös uudestaan mittaus pisteelle ja verrata eroja opinnäytetyön tuloksiin ja saamiinsa tuloksiin. Mikäli ero on huomattava, yli 60 millimetriä, olisi hyvä päivittää pisteen sijaintitieto viimeksi mitattuun.

11 TULOKSET

11.1 Mittausperusta

Mittausperusta koostuu kolmesta E5-luokan maapisteestä, joille sijainti on mitattu RTK-mittauksena, sekä korkeus on vaaittu maanmittauslaitoksen ensimmäisen luokan korkeuskiintopisteeltä. Maapisteet on sijoitettu kolmion muotoon Lapin AMK:n, sekä REDU:n kiinteistöillä. Näistä kolmesta maapisteestä on johdettu yhdeksän kappaletta seinäpisteitä, joiden sijainnit on mitattu takymetrillä. Myös korkeus näille pisteille on viety takymetrillä. Seinäpisteiden sijainnit on jaettu tasaisesti C-rakennuksen ja päärakennuksen yhteyteen. Mittausperustan raportointiin on sisällytetty myös jo olemassa ollut seinäpiste (AMKSP3), jonka sijainti mitattiin luotuun mittausperustaan.

11.2 Data

Lopputuloksena on tuotettu paljon erilaista dataa käytettäväksi tulevaisuudessa. Kaikki kerätty data toimitetaan Lapin ammattikorkeakoulun, REDU:n sekä Rovaniemen kaupungin yhteyshenkilöille.

- Maapisteet sekä niiden pistekortit (Liite 6, Liite 7, Liite 8.)
- Maapisteiden koordinaattilistaus, XY-tiedostona sekä GT-tiedostona
- Seinäpisteiden valokuvat
- Seinäpisteiden karttakuva
- Seinäpisteiden koordinaattilistaus, XY-tiedostona sekä GT-tiedostona
- Kaapelikartoitukset XY-tiedostona

Kaikki tiedostot löytyvät erillisinä tiedostoina, jotka ovat lähetettynä yhteistyö tahoille, joten niiden käyttö on helppoa, eikä vaadi itse opinnäytetyön liitteistä kopiointia.

12 POHDINTA

Työn lähtökohtana oli tarve uudelle mittausperustalle, joka palvelee tulevaisuudessa niin Lapin AMK:ssa maanmittaustekniikkaa opiskelevia, kuin REDU:lla kartoittajiksi opiskeleviakin. Saavutimme tavoitteet ja saimme rakennettua kampukselle mittausperustan, jolla tulevaisuudessa on helpompaa ja nopeampaa suorittaa mittausharjoituksia. Enää opiskelijat eivät joudu etsimään asfalttinauloja maastosta.

Tulevaisuudessa rakennettu mittausperusta mahdollistaa myös erilaisten uusien mittausharjoitusten toteuttamisen muun muassa maapisteiden tarkistusmittausten muodossa. Lisäksi mittausperustaa voidaan käyttää myös vaativampiin mittausharjoituksiin, mikäli maapisteiden tarkkuusluokkaa halutaan korottaa esimerkiksi luokkaan E4.

Uskomme, että tekemämme työ tulee palvelemaan hyvin kaikkia jo aiemmin mainittuja yhteistyökumppaneita ja mahdollistaa kehitystyön mittaustekniikan opetukseen pitkälle tulevaisuuteen.

Johtopäätöksenä voimme todeta, että rakentamamme mittausperusta on ohjeistuksien mukainen, eikä sen oikeellisuutta tarvitse mittaustöitä tehdessä kyseenalaistaa. Lisäksi voidaan todeta, että Leican miniprismaa voidaan käyttää yhdessä muovirunkoisen tähyksen kanssa. Tämän asian totesimme käytännön mittaamisella ja pystyimme todentamaan asian toimivaksi yhtälöksi työssämme.

Tuloksiin pääseminen vaati paljon työtä ja olimme siihen myös siihen varautuneet. Saavuttamamme tulokset mittauksista palkitsivat kovan työn. Opinnäyte-työ opetti meitä maltillisuuteen, jotta saavutamme haluttuja lopputuloksia. Tarkkuus ja maltillisuus ovat tärkeitä ominaisuuksia maanmittauksessa, jotta vältetään huolimattomuusvirheitä. Virheiden korjaaminen on aikavievää, mutta toisaalta myös opettavaista.

Kokeilun ja erheiden kautta pääsimme haluttuun lopputulokseen, jolloin nämä pienet erheet mielestämme paransivat käsitystä siitä, kuinka laajasta ja moniosaisesta aiheesta tässä opinnäytetyössä todella oli kyse. Tämä tuo tulevaisuudessa varmuutta työn tekemiseen, koska virheistä oppii.

Olimme hyvinkin itseohjautuvia ja oma-aloitteisia tekemisen suhteen, tämä loi varmuutta meidän suorittamiseemme. Työskentelyotteemme oli tehokas, emmekä joka asiassa jääneet odottamaan ohjaavan opettajan mielipidettä. Työotteessamme näkyy jo kesätöiden tuoma työkokemus itse mittaustyöhön, ohjelmien käyttöön kuin olemassa oleviin määräyksiin ja ohjeistuksiinkin. Tässä emme kuitenkaan vielä täysin luottaneet pelkästään muistiin, vaan tarkistimme tärkeimmät määreet aina lähteistämme.

Loppupäätelmänä voimme todeta, opinnäytetyömme kokonaisuudeksi, joka on opettanut meille paljon ja vahvistanut ammattitaitoamme maanmittaustekniikan alalla. Pääsimme siis asettamiimme tavoitteisiin ja voimme itse olla tyytyväisiä lopputulokseen.

LÄHTEET

Geomatics 2023. Leica GMP101 Mini Prsim. Viitattu 18.01.2023. <https://geomatics.cc/wiki/survey-prisms/leica-gmp101-mini-prism>

ISO 9001. Kansainvälinen standardi.

JUHTA 2017. JHS184 Kiintopistemittaus EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmässä. Viitattu 10.11.2022. <https://www.suomidigi.fi/ohjeet-ja-tuki/jhs-suositukset/jhs-184-kiintopistemittaus-euref-fin-koordinaattijarjestelmassa>

Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulu.

Liikennevirasto 2017. Liikenneviraston ohjeita 18/2017. Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot Mittausohje. Viitattu 30.11.2022. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2017-18_maastotiedot_mittausohje_web.pdf.

Maanmittauslaitos 2022. Kiinteistötietopalvelu. Viitattu 20.09.2022. <https://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/kiinteistotietopalvelu>.

Palmunen, J. 2022. Mittausperustan mittaus, käyttö ja vaikutukset infrahankkeiden maastomittauksissa. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinööri. Opinnäytetyö. Viitattu 23.11.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2022052010781>.

Rovaniemen Kaupunki 2022. Rovaniemen paikkatieto ja kartat. Viitattu 21.11.2022. Paikkatieto ja kartat - Rovaniemi - Arktinen pääkaupunki.

LIITTEET

- Liite 1. Selvitys pisteiden sijainneista, laadusta, kiinnitystavasta sekä eheyttämisestä
- Liite 2. MML, korkeuskiintopisteen pistekortti
- Liite 3. Vaaituspöytäkirja 5 sivua
- Liite 4. Seinäpisteiden koordinaattilistaus kuvineen
- Liite 5. Apupisteet
- Liite 6. Pistekortti AMK 1
- Liite 7. Pistekortti AMK 2
- Liite 8. Pistekortti REDU 1

Liite 1. Selvitys pisteiden sijainneista, laadusta, kiinnitystavasta sekä eheyttämisestä 1/2

Selvitys pisteiden vaikutuksesta

Taroituksena on rakentaa mittausrunko, joka palvelee maanmittaustekniikan opiskelijoita Lapin ammattikorkeakoululla sekä kartoittaja opiskelijoita Redulla. Koulun tämänhetkinen mittausrunko on suurimmalta osin tuhoutunut, eikä se ole riittävä tarkkojen mittaustulosten saamiseen. Uusi mittausrunko tulee palvelemaan oppilaitoksia ja opetusta vuosia eteenpäin. Opinnäytetyössämme teemme myöskin suunnitelman pisteiden huoltamiseen, jolloin se tulee palvelemaan opetus käytössä vuosia.

Maapisteet kuten seinäpisteetkin tulevat palvelemaan opetusta, täten pisteiden kestävyys maassa ja rakennuksissa tulee olemaan useamman vuoden. Voisimme väittää, että heti ainakin 5 vuotta ja mikäli sitä pidetään aktiivisesti kunnossa, kestää se vielä pidempään.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus ei siis ole rakentaa viikoksi ja purkaa pois. Vaan palvella mahdollisimman monen opiskelijan oppimisen mahdollisuuksia. Tätä mahdollisuutta kattavan pisteverkon muodossa koulullamme ei ole ollut.

Mitä tulee kuoppien eheytyksen. Rakentamisen jälkeen pisteen kohdalle jää pieni kuoppa, noin. 5-10 cm syvä, jotta nurmikon leikkaaminen ei aiheudu ongelmaksi, tämän lisäksi piste merkitään keltaisella näkövöityspotkella. Pisteet sijoitetaan siten että lumen auraaminen ei vaikuta pisteiden olemassaoloon.

Seinäpisteet kiinnitetään kahdella tapaa. Tapa 1, kivijalkaan porataan n.5 cm syvä reikä, johon kiinnitetään tähyksen kiinnitys. Tapa 2, ulkovuoraukseen kiinnitetään laatta, jonka voi kiinnittää neljällä pienemmällä ruuvilla sekä asianmukaisella kiinnityksen varmistuksella eli ruuvitulpalla.

Näiden ehostamisen voi joskus tulevaisuudessa toteuttaa esim. pienillä määrillä laastia sekä maalilla. Rakennuksien veden pitävyyteen pisteiden rakentaminen ei vaikuta.

Liite 2. MML, korkeuskiintopisteen pistekortti

KIINTEISTÖTIETOPALVELU**Tietoja kiintopisterekisteristä**

Tulostettu 11.10.2022

Kiintopiste

Kiintopisteen numero:	63051
Kiintopisteen nimi:	
Kunta:	Rovaniemi
ETRS89-koordinaatit	
Pisteen mitannut organisaatio:	Ei mitattu
N (ETRS-TM35FIN):	7375733.0
E (ETRS-TM35FIN):	443614.6
Lat (ETRS89):	66.495675 (66°29'44.43000")
Lon (ETRS89):	25.732954 (25°43'58.63440")

KKJ-koordinaatit

Pisteen mitannut organisaatio: Ei mitattu

N60-korkeus

Pisteen mitannut organisaatio:	Geodeettinen laitos
Viitenumero:	GL55.
Korkeustarkkuusluokka:	1. luokka
H:	83.378

N2000-korkeus

Pisteen mitannut organisaatio:	Geodeettinen laitos
Viitenumero:	GL2007
Korkeustarkkuusluokka:	1. luokka
H:	83.745

Muita tietoja

Yleislehtijaon karttalehti:	361207b
TM35-karttalehti:	T4324E3
GPS-sopivuus:	Ei tietoa
Keskusmerkin tyyppi ja alusta:	pultti sillarakenteessa
Kiintopisteen sijainti:	rautatiestä pohjoiseen 3.7 metriä
Sijainti maanpinnasta:	
Lisätietoja:	

Liite 3. Vaaituspöytäkirja 1/5

For MS Adr	1 TO	miru22.dat							
For MS Adr	2 TO	LU							
For MS Adr	3 TO	Aloita Jono	TE	1					
For MS Adr	4 KD1	1		1			Z	0.00000	
For MS Adr	5 TO	Aloita Jono	TE+	2					
For MS Adr	6 KD1	63051	1	2			Z	83.74500	
For MS Adr	7 KD1	63051	1	08:30:071	2 Rb	1.37969 m	HD	47.259 m	
For MS Adr	8 KD1	1		08:32:011	2 Rf	1.55691 m	HD	58.359 m	
For MS Adr	9 KD1	1		08:32:01	2			Z	83.56761
For MS Adr	10 KD1	1		08:35:171	2 Rb	1.37058 m	HD	37.398 m	
For MS Adr	11 KD1	2		08:37:201	2 Rf	0.49972 m	HD	39.436 m	
For MS Adr	12 KD1	2		08:37:20	2			Z	84.43834
For MS Adr	13 KD1	2		08:40:031	2 Rb	1.69548 m	HD	13.653 m	
For MS Adr	14 KD1	3		08:40:511	2 Rf	0.95930 m	HD	17.299 m	
For MS Adr	15 KD1	3		08:40:51	2			Z	85.17447
For MS Adr	16 KD1	3		08:42:071	2 Rb	1.25335 m	HD	41.203 m	
For MS Adr	17 KD1	4		08:43:431	2 Rf	1.85598 m	HD	13.422 m	
For MS Adr	18 KD1	4		08:43:43	2			Z	84.57175
For MS Adr	19 KD1	4		08:44:571	2 Rb	1.08207 m	HD	11.318 m	

For MS Adr	20 KD1	5		08:46:591	2 Rf	1.87933 m	HD	8.479 m	
For MS Adr	21 KD1	5		08:46:59	2			Z	83.77445
For MS Adr	22 KD1	5		08:47:501	2 Rb	0.70651 m	HD	11.755 m	
For MS Adr	23 KD1	6		08:49:181	2 Rf	1.85112 m	HD	13.658 m	
For MS Adr	24 KD1	6		08:49:18	2			Z	82.62980
For MS Adr	25 KD1	6		08:50:401	2 Rb	0.74122 m	HD	10.022 m	
For MS Adr	26 KD1	7		08:52:371	2 Rf	1.78955 m	HD	4.197 m	
For MS Adr	27 KD1	7		08:52:37	2			Z	81.58145
For MS Adr	28 KD1	7		08:53:551	2 Rb	0.93417 m	HD	6.912 m	
For MS Adr	29 KD1	8		08:54:581	2 Rf	1.87106 m	HD	5.610 m	
For MS Adr	30 KD1	8		08:54:58	2			Z	80.64454
For MS Adr	31 KD1	8		08:55:561	2 Rb	0.88493 m	HD	8.415 m	
For MS Adr	32 KD1	9		08:56:411	2 Rf	1.84220 m	HD	6.255 m	
For MS Adr	33 KD1	9		08:56:41	2			Z	79.68724
For MS Adr	34 KD1	9		08:57:361	2 Rb	0.47275 m	HD	19.262 m	
For MS Adr	35 KD1	10		08:59:421	2 Rf	1.83682 m	HD	8.436 m	
For MS Adr	36 KD1	10		08:59:42	2			Z	78.32313
For MS Adr	37 KD1	10		09:01:021	2 Rb	0.71147 m	HD	30.463 m	
For MS Adr	38 KD1	11		09:02:201	2 Rf	1.73728 m	HD	35.635 m	

Liite 3. Vaaituspöytäkirja 2/5

For m	M5 Adr	39 KD1	11	09:02:20	2				Z	77.29721
For m	M5 Adr	40 KD1	11	09:03:391	2 Rb	1.36193 m	HD	37.009 m		
For m	M5 Adr	41 KD1	12	09:07:161	2 Rf	1.82720 m	HD	8.328 m		
For m	M5 Adr	42 KD1	12	09:07:16	2				Z	76.83186
For m	M5 Adr	43 KD1	12	09:07:281	2 Rb	1.82707 m	HD	8.333 m		
For m	M5 Adr	44 KD1	13	09:08:301	2 Rf	1.82704 m	HD	8.347 m		
For m	M5 Adr	45 KD1	13	09:08:30	2				Z	76.83186
For m	M5 Adr	46 KD1	13	09:09:411	2 Rb	1.03996 m	HD	46.260 m		
For m	M5 Adr	47 KD1	14	09:11:051	2 Rf	1.38739 m	HD	35.503 m		
For m	M5 Adr	48 KD1	14	09:11:05	2				Z	76.48430
For m	M5 Adr	49 KD1	14	09:12:351	2 Rb	1.61063 m	HD	51.475 m		
For m	M5 Adr	50 KD1	15	09:14:091	2 Rf	1.25245 m	HD	36.311 m		
For m	M5 Adr	51 KD1	15	09:14:09	2				Z	76.84233
For m	M5 Adr	52 KD1	15	09:15:421	2 Rb	1.49159 m	HD	50.816 m		
For m	M5 Adr	53 KD1	16	09:17:461	2 Rf	0.88848 m	HD	39.993 m		
For m	M5 Adr	54 KD1	16	09:17:46	2				Z	77.44529
For m	M5 Adr	55 KD1	16	09:19:281	2 Rb	1.01125 m	HD	51.451 m		
For m	M5 Adr	56 KD1	17	09:21:051	2 Rf	1.74160 m	HD	53.339 m		
For m	M5 Adr	57 KD1	17	09:21:05	2				Z	76.71477

For m	M5 Adr	58 KD1	17	09:22:541	2 Rb	1.16925 m	HD	51.975 m		
For m	M5 Adr	59 KD1	18	09:25:341	2 Rf	1.57071 m	HD	52.728 m		
For m	M5 Adr	60 KD1	18	09:25:34	2				Z	76.31314
For m	M5 Adr	61 KD1	18	09:27:071	2 Rb	1.23203 m	HD	52.392 m		
For m	M5 Adr	62 KD1	19	09:28:471	2 Rf	1.71315 m	HD	53.483 m		
For m	M5 Adr	63 KD1	19	09:28:47	2				Z	75.83184
For m	M5 Adr	64 KD1	19	09:30:381	2 Rb	1.44735 m	HD	51.303 m		
For m	M5 Adr	65 KD1	20	09:32:161	2 Rf	1.28840 m	HD	52.400 m		
For m	M5 Adr	66 KD1	20	09:32:16	2				Z	75.99062
For m	M5 Adr	67 KD1	20	09:33:451	2 Rb	1.86250 m	HD	45.188 m		
For m	M5 Adr	68 KD1	21	09:36:001	2 Rf	1.42285 m	HD	84.038 m		
For m	M5 Adr	69 KD1	21	09:36:00	2				Z	76.43005
For m	M5 Adr	70 KD1	21	09:38:191	2 Rb	1.47809 m	HD	50.887 m		
For m	M5 Adr	71 KD1	22	09:40:041	2 Rf	0.58898 m	HD	32.530 m		
For m	M5 Adr	72 KD1	22	09:40:04	2				Z	77.31903
For m	M5 Adr	73 KD1	22	09:41:121	2 Rb	1.81248 m	HD	7.778 m		
For m	M5 Adr	74 KD1	23	09:42:001	2 Rf	0.14535 m	HD	24.239 m		
For m	M5 Adr	75 KD1	23	09:42:00	2				Z	78.98610
For m	M5 Adr	76 KD1	23	09:42:591	2 Rb	1.87460 m	HD	9.998 m		

Liite 3. Vaaituspöytäkirja 3/5

For m	M5 Adr	77 KD1	24	09:44:051	2 Rf	0.75940 m	HD	38.000 m		
For m	M5 Adr	78 KD1	24	09:44:05	2				Z	80.10122
For m	M5 Adr	79 KD1	24	09:45:321	2 Rb	0.91896 m	HD	42.553 m		
For m	M5 Adr	80 KD1	25	09:47:201	2 Rf	1.76393 m	HD	53.196 m		
For m	M5 Adr	81 KD1	25	09:47:20	2				Z	79.25609
For m	M5 Adr	82 KD1	25	09:48:551	2 Rb	1.27477 m	HD	51.129 m		
For m	M5 Adr	83 KD1	26	09:51:251	2 Rf	1.73410 m	HD	58.525 m		
For m	M5 Adr	84 KD1	26	09:51:25	2				Z	78.79658
For m	M5 Adr	85 KD1	26	09:53:061	2 Rb	0.93279 m	HD	37.824 m		
For m	M5 Adr	86 KD1	27	09:54:561	2 Rf	1.87138 m	HD	49.804 m		
For m	M5 Adr	87 KD1	27	09:54:56	2				Z	77.85785
For m	M5 Adr	88 KD1	27	09:56:271	2 Rb	1.19060 m	HD	50.116 m		
For m	M5 Adr	89 KD1	AMK2	09:58:001	2 Rf	1.36877 m	HD	32.361 m		
For m	M5 Adr	90 KD1	AMK2	09:58:00	2				Z	77.67954
For m	M5 Adr	91 KD1	AMK2	09:59:591	2 Rb	1.49536 m	HD	33.583 m		
For m	M5 Adr	92 KD1	100	10:01:341	2 Rf	0.93916 m	HD	47.355 m		
For m	M5 Adr	93 KD1	100	10:01:34	2				Z	78.23561
For m	M5 Adr	94 KD1	100	10:03:211	2 Rb	1.39592 m	HD	50.686 m		
For m	M5 Adr	95 KD1	REDU1	10:05:251	2 Rf	1.54734 m	HD	16.469 m		

For m	M5 Adr	96 KD1	REDU1	10:05:25	2				Z	78.08408
For m	M5 Adr	97 KD1	REDU1	10:05:311	2 Rb	1.54728 m	HD	16.471 m		
For m	M5 Adr	98 KD1	110	10:06:291	2 Rf	1.57909 m	HD	13.903 m		
For m	M5 Adr	99 KD1	110	10:06:29	2				Z	78.05222
For m	M5 Adr	100 KD1	110	10:07:261	2 Rb	1.66025 m	HD	14.854 m		
For m	M5 Adr	101 KD1	111	10:18:411	2 Rf	1.16454 m	HD	14.269 m		
For m	M5 Adr	102 KD1	111	10:18:41	2				Z	78.54788
For m	M5 Adr	103 KD1	111	10:19:411	2 Rb	1.16489 m	HD	10.356 m		
For m	M5 Adr	104 KD1	AMK1	10:20:291	2 Rf	1.69055 m	HD	10.326 m		
For m	M5 Adr	105 KD1	AMK1	10:20:29	2				Z	78.02218
For m	M5 Adr	106 KD1	AMK1	10:21:331	2 Rb	1.43650 m	HD	13.486 m		
For m	M5 Adr	107 KD1	120	10:23:131	2 Rf	0.25991 m	HD	6.767 m		
For m	M5 Adr	108 KD1	120	10:23:13	2				Z	79.19874
For m	M5 Adr	109 KD1	120	10:25:261	2 Rb	0.40840 m	HD	26.103 m		
For m	M5 Adr	110 KD1	121	10:28:001	2 Rf	1.51942 m	HD	35.706 m		
For m	M5 Adr	111 KD1	121	10:28:00	2				Z	78.08762
For m	M5 Adr	112 KD1	121	10:39:371	2 Rb	0.96459 m	HD	52.786 m		
For m	M5 Adr	113 KD1	122	10:41:131	2 Rf	1.29120 m	HD	48.080 m		
For m	M5 Adr	114 KD1	122	10:41:13	2				Z	77.76084

Liite 3. Vaaituspöytäkirja 4/5

For	M5 Adr	115 KD1	122	10:42:451	2 Rb	1.88204 m	HD	50.085 m		
For	M5 Adr	116 KD1	123	10:44:321	2 Rf	1.05374 m	HD	51.292 m		
For	M5 Adr	117 KD1	123	10:44:32	2				Z	78.58897
For	M5 Adr	118 KD1	123	10:46:461	2 Rb	1.94272 m	HD	49.613 m		
For	M5 Adr	119 KD1	124	10:48:191	2 Rf	1.14265 m	HD	50.364 m		
For	M5 Adr	120 KD1	124	10:48:19	2				Z	79.38888
For	M5 Adr	121 KD1	124	10:50:081	2 Rb	1.57666 m	HD	49.247 m		
For	M5 Adr	122 KD1	125	10:51:391	2 Rf	0.86155 m	HD	44.960 m		
For	M5 Adr	123 KD1	125	10:51:39	2				Z	80.10383
For	M5 Adr	124 KD1	125	10:53:281	2 Rb	0.74062 m	HD	32.509 m		
For	M5 Adr	125 KD1	126	10:54:341	2 Rf	1.77244 m	HD	8.118 m		
For	M5 Adr	126 KD1	126	10:54:34	2				Z	79.07194
For	M5 Adr	127 KD1	126	10:55:331	2 Rb	0.77683 m	HD	12.708 m		
For	M5 Adr	128 KD1	127	10:56:461	2 Rf	1.91593 m	HD	7.009 m		
For	M5 Adr	129 KD1	127	10:56:46	2				Z	77.93281
For	M5 Adr	130 KD1	127	10:57:461	2 Rb	0.44581 m	HD	24.425 m		
For	M5 Adr	131 KD1	128	10:58:441	2 Rf	1.88731 m	HD	11.622 m		
For	M5 Adr	132 KD1	128	10:58:44	2				Z	76.49125
For	M5 Adr	133 KD1	128	11:00:091	2 Rb	1.38871 m	HD	50.575 m		

For	M5 Adr	134 KD1	129	11:02:331	2 Rf	1.29531 m	HD	49.604 m		
For	M5 Adr	135 KD1	129	11:02:33	2				Z	76.58448
For	M5 Adr	136 KD1	129	11:04:131	2 Rb	1.22849 m	HD	47.224 m		
For	M5 Adr	137 KD1	130	11:06:091	2 Rf	1.75925 m	HD	46.476 m		
For	M5 Adr	138 KD1	130	11:06:09	2				Z	76.05357
For	M5 Adr	139 KD1	130	11:08:141	2 Rb	1.31051 m	HD	51.944 m		
For	M5 Adr	140 KD1	131	11:09:501	2 Rf	1.39813 m	HD	52.158 m		
For	M5 Adr	141 KD1	131	11:09:50	2				Z	75.96578
For	M5 Adr	142 KD1	131	11:11:201	2 Rb	1.65234 m	HD	50.852 m		
For	M5 Adr	143 KD1	132	11:12:551	2 Rf	1.30053 m	HD	53.268 m		
For	M5 Adr	144 KD1	132	11:12:55	2				Z	76.31741
For	M5 Adr	145 KD1	132	11:14:291	2 Rb	1.57435 m	HD	51.654 m		
For	M5 Adr	146 KD1	133	11:16:121	2 Rf	1.16666 m	HD	52.706 m		
For	M5 Adr	147 KD1	133	11:16:12	2				Z	76.72493
For	M5 Adr	148 KD1	133	11:17:461	2 Rb	1.64939 m	HD	49.281 m		
For	M5 Adr	149 KD1	134	11:19:251	2 Rf	1.02518 m	HD	52.853 m		
For	M5 Adr	150 KD1	134	11:19:25	2				Z	77.34897
For	M5 Adr	151 KD1	134	11:21:031	2 Rb	0.95406 m	HD	48.727 m		
For	M5 Adr	152 KD1	135	11:22:401	2 Rf	1.50244 m	HD	52.918 m		

Liite 3. Vaaituspöytäkirja 5/5

For m	M5 Adr	153 KD1	135	11:22:40	2			Z	76.80042
For m	M5 Adr	154 KD1	135	11:24:111	2 Rb	1.24036 m	HD	51.666 m	
For m	M5 Adr	155 KD1	136	11:25:521	2 Rf	1.70477 m	HD	53.754 m	
For m	M5 Adr	156 KD1	136	11:25:52	2			Z	76.33584
For m	M5 Adr	157 KD1	136	11:27:251	2 Rb	1.68863 m	HD	36.472 m	
For m	M5 Adr	158 KD1	137	11:29:211	2 Rf	1.28299 m	HD	67.592 m	
For m	M5 Adr	159 KD1	137	11:29:21	2			Z	76.74131
For m	M5 Adr	160 KD1	137	11:31:591	2 Rb	1.89895 m	HD	13.002 m	
For m	M5 Adr	161 KD1	138	11:33:011	2 Rf	0.94511 m	HD	21.227 m	
For m	M5 Adr	162 KD1	138	11:33:01	2			Z	77.69509
For m	M5 Adr	163 KD1	138	11:35:311	2 Rb	1.62210 m	HD	7.204 m	
For m	M5 Adr	164 KD1	139	11:36:311	2 Rf	0.20672 m	HD	36.557 m	
For m	M5 Adr	165 KD1	139	11:36:31	2			Z	79.11040
For m	M5 Adr	166 KD1	139	11:37:311	2 Rb	1.82032 m	HD	6.250 m	
For m	M5 Adr	167 KD1	140	11:38:201	2 Rf	0.23149 m	HD	19.731 m	
For m	M5 Adr	168 KD1	140	11:38:20	2			Z	80.69918
For m	M5 Adr	169 KD1	140	11:39:111	2 Rb	1.91272 m	HD	6.184 m	
For m	M5 Adr	170 KD1	141	11:40:021	2 Rf	0.30000 m	HD	17.752 m	
For m	M5 Adr	171 KD1	141	11:40:02	2			Z	82.31186

For m	M5 Adr	172 KD1	141	11:41:341	2 Rb	1.89563 m	HD	13.562 m	
For m	M5 Adr	173 KD1	142	11:42:401	2 Rf	0.34839 m	HD	17.219 m	
For m	M5 Adr	174 KD1	142	11:42:40	2			Z	83.85905
For m	M5 Adr	175 KD1	142	11:43:451	2 Rb	1.81692 m	HD	7.144 m	
For m	M5 Adr	176 KD1	143	11:44:531	2 Rf	0.38529 m	HD	44.848 m	
For m	M5 Adr	177 KD1	143	11:44:53	2			Z	85.29060
For m	M5 Adr	178 KD1	143	11:46:321	2 Rb	0.75618 m	HD	49.272 m	
For m	M5 Adr	179 KD1	144	11:48:431	2 Rf	1.87695 m	HD	33.770 m	
For m	M5 Adr	180 KD1	144	11:48:43	2			Z	84.16969
For m	M5 Adr	181 KD1	144	11:50:021	2 Rb	0.78892 m	HD	19.981 m	
For m	M5 Adr	182 KD1	145	11:52:061	2 Rf	1.44168 m	HD	34.921 m	
For m	M5 Adr	183 KD1	145	11:52:06	2			Z	83.51684
For m	M5 Adr	184 KD1	145	11:54:381	2 Rb	1.62507 m	HD	56.567 m	
For m	M5 Adr	185 KD1	630	11:56:281	2 Rf	1.39673 m	HD	51.649 m	
For m	M5 Adr	186 KD1	630	11:56:28	2			Z	83.74500
For m	M5 Adr	187 KD1	63051	1	2 Sh	0.00000 m	dz	-0.00669 m	Z
For m	M5 Adr	188 KD2	63051	1 60	2 Db	1988.62 m	Df	2049.15 m	Z
For m	M5 Adr	189 TO	Lopeta Jono		2				

Liite 4. Seinäpisteiden koordinaattilistaus kuvineen

Pisteetunnus	x	y	z	
AMSP1	233511.436	314876.61521	26.432	Seinävälä pölkön vieressä normaaleille
AMSP2	233512.116	314876.51644	27.472	Seinävälä pölkön vieressä normaaleille
AMSP3	233508.121	314876.7194	26.484	Seinävälä kiven vieressä oheisella puolella
Tämä on vain suunnitelmallinen listaus				
AMSP4	233512.431	314876.62629	26.480	Pöytäpöytä kiviä
AMSP5	233512.441	314876.51311	26.480	Pöytäpöytä kiviä
AMSP6	233512.451	314876.62276	26.480	Seinävälä kiviä
AMSP7	233512.461	314876.63111	26.480	Pöytäpöytä kiviä
AMSP8	233512.471	314876.51311	26.480	Pöytäpöytä kiviä
AMSP9	233512.481	314876.62276	26.480	Pöytäpöytä kiviä
AMSP10	233512.491	314876.51311	26.480	Pöytäpöytä kiviä
AMSP11	233512.501	314876.62276	26.480	Pöytäpöytä kiviä
AMSP12	233512.511	314876.51311	26.480	Pöytäpöytä kiviä
AMSP13	233512.521	314876.62276	26.480	Pöytäpöytä kiviä
AMSP14	233512.531	314876.51311	26.480	Pöytäpöytä kiviä
AMSP15	233512.541	314876.62276	26.480	Pöytäpöytä kiviä
AMSP16	233512.551	314876.51311	26.480	Pöytäpöytä kiviä
AMSP17	233512.561	314876.62276	26.480	Pöytäpöytä kiviä
AMSP18	233512.571	314876.51311	26.480	Pöytäpöytä kiviä
AMSP19	233512.581	314876.62276	26.480	Pöytäpöytä kiviä
AMSP20	233512.591	314876.51311	26.480	Pöytäpöytä kiviä

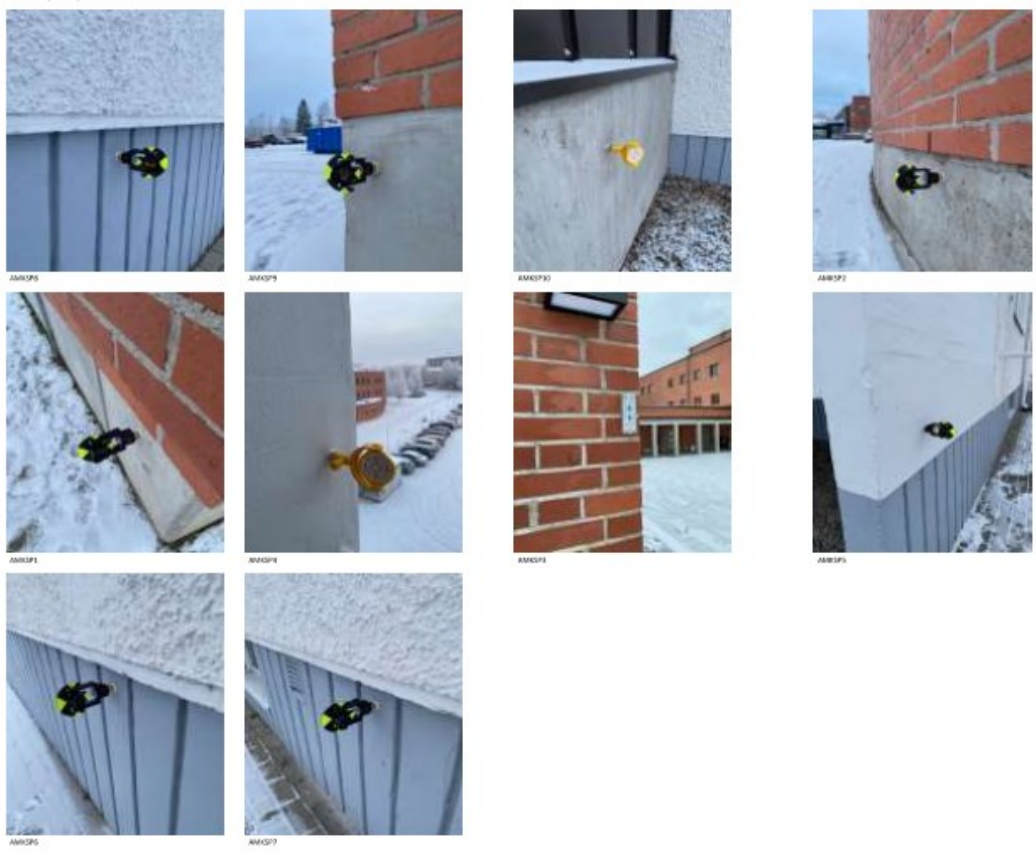


Seinävälä pölkön vieressä
kiviä AMSP4 seinässä kiviä pöytäpöytä
kiviä AMSP5 seinässä kiviä pöytäpöytä

Seinävälä pölkön vieressä kiviä AMSP4 seinässä kiviä pöytäpöytä kiviä AMSP5 seinässä kiviä pöytäpöytä



Kuvat seinäpisteistä



Kuvat seinäpisteistä

Liite 5. Apupisteet

APU1 X=7376497.059 Y= 26487622.627 Z= 78.896

APU3 X= 7376477.125 Y= 26487621.703 Z= 0.294 (korkoa ei käytetty)

Liite 6.

Pistekortti AMK 1

PISTEKORTTI

TULOSTETTU 16.11.2022

KUNTA	Rovaniemi	PISTE N:O		AMK1
KARTTALEHTI	ORTOKUVA	TASO-LUOKKA	ETRS-Gk26	X 7376516.430
PISTEEN LAATU	E5			Y 26487643.321
ALUSTA	Moreeni	KORKEUS-LUOKKA	N2000	H 78.022
MAANPINNASTA METRIÄ	-0,05	TN:O		VUOSI 2022
SIJAINTIPIIRROS 1:1000 JA HAKUMITAT	LAITOS Lapin AMK			
	ALUE Lappi			
	VIEREISET PISTEET N:O		SUUNTA (g)	MATKA (m)
	REDU1		127	72 m
	AMK2		8,3	96,6 m
	MUITA TIETOJA			
	<u>Betonivalu maassa, jossa rautatanko kiinni</u>			
A=	1) 1 PUTKI 2 PULTTI 3 PUTKI MAASSA 4 PORANREIKÄ 5 HAARUIKKAPISTE 6 JOKIN MUU			
B=	2) 11 KALLIO 12 MAAKIVI 13 UPOTETTU KIVI 14 BETONI 15 RAJAPYYKKI 16 JOKIN MUU			
C=				

Liite 7.

Pistekortti AMK 2

PISTEKORTTI

TULOSETTU 16.11.2022

KUNTA		Rovaniemi	PISTE N:O		AMK2
KARTTALEHTI	ORTOKUVA		TASO-LUOKKA	ETRS-Gk26	X 7376612.310
PISTEEN LAATU	E5				Y 26487655.644
ALUSTA	Moreeni		KORKEUS-LUOKKA	N2000	H 77.679
MAANPINNASTA METRIÄ			TN:O		VUOSI 2022
SUJAINPIIRROS 1:1000 JA HAKUMITAT		LAITOS Lapin AMK			
		ALUE Lappi			
		VIEREISET PISTEET N:O		SUUNTA (g)	MATKA (m)
		REFU1		174.6	137 m
		AMK1		207.7	96.6 m
MUITA TIETOJA		<p>Betonivalu maassa, jossa rautatanko kiinni</p>			
A=	1) 1 PUTKI 2 PULTTI 3 PUTKI MAASSA 4 PORANREIKÄ 5 HAARUKKAPIESTE 6 JOKIN MUU				
B=	2) 11 KALLIO 12 MAAKIVI 13 UPOTETTU KIVI 14 BETONI 15 RAJAPYYKKI 16 JOKIN MUU				
C=					

Liite 8.

Pistekortti REDU 1

PISTEKORTTI

TULOSTETTU 16.11.2022

KUNTA		Rovaniemi	PISTE N:O		REDU1		
KARTTALEHTI	ORTOKUVA		TASO-LUOKKA	ETRS-Gk26	X 7376486.323		
PISTEEN LAATU	E5				Y 26487709.294		
ALUSTA	Moreeni		KORKEUS-LUOKKA	N2000	H 78.084		
MAANPINNASTA METRIÄ		-0,05	TN:O		VUOSI 2022		
SIJAINPIIRROS 1:1000 JA HAKUMITAT			LAITOS Lapin AMK				
			ALUE Lappi				
			VIEREISET PISTEET N:O			SUUNTA (g)	MATKA (m)
			AMK2			374.3	137 m
			AMK1			327.3	72.4 m
MUITA TIETOJA			<u>Betonivalu maassa, jossa rautatanko kiinni</u>				
A=	1) 1 PUTKI 2 PULTTI 3 PUTKI MAASSA 4 PORANREIKÄ 5 HAARUKKAPISTE 6 JOKIN MUU						
B=	2) 11 KALLIO 12 MAAKIVI 13 UPOUTETTU KIVI 14 BETONI 15 RAJAPYYKKI 16 JOKIN MUU						
C=							