



EESTI MAAÜLIKOOL  
Metsandus- ja maachitusinstituut

**Ivar Kapsi**

**ELEKTRONTAHHÜMEETRI LEICA VIVA TS15  
MONITOORINGU LAHENDUSTE ANALÜÜS**  
MONITORING SOLUTIONS ANALYSIS OF TOTAL STATION  
LEICA VIVA TS15

Bakalaureusetöö  
Geodeesia ja maakorralduse õppekava

Juhendaja: lektor Ene Ilves, *MSc*  
Kaasjuhendaja: dotsent Harli Jürgenson, *PhD*

Tartu 2018

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Ivar Kapsi		Õppekava: Geodeesia ja maakorraldus	
Pealkiri: Elektrontahhümeetri Leica Viva TS15 monitooringu lahenduste analüüs			
Lehekülgi: 47	Jooniseid: 21	Tabeleid: 2	Lisasid: 3
Osakond / õppetool:	Geomaatika		
ETIS-e teadusvaldkond:	4. Loodusteadused ja tehnika		
CERC S-i kood:	P515		
Juhendaja(d):	lektor Ene Ilves, dotsent Harli Jürgenson		
Kaitsmiskoht ja aasta:	Tartu, 2018		
<p>Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli uurida elektrontahhümeetri Leica Viva TS15 võimalusi monitooringu läbiviimiseks. Selleks, et välja selgitada elektrontahhümeetri Leica Viva TS15 võimalused monitooringuks, analüüsiti potentsiaalselt kasutatavaid rakendusprogramme, nende litsentse ja viidi läbi katsemõõtmine.</p> <p>Analüüsist selgus, et Leica Viva TS15 võimaldab monitooringut kõige ideaalsemalt läbi viia rakendusprogrammiga <i>Sets of Angles</i>, millele annab monitooringu võimekuse integreeritud rakendusprogramm <i>TS Monitoring</i>. Lahendus võimaldab lihtsalt monitooringu süsteem püstitada, seadistada punkte ja määrata kestvuse. Analüüsiti ka Leica myWorld keskkonnast olevat rakendusprogrammi <i>TPS Monitoring</i>. Selgus, et sellel ei ole märkimisväärset võimaluste vahet võrreldes <i>Sets of Angles</i> ja <i>TS Monitoring</i> rakendusprogrammidega. Rakendusprogrammid elektrontahhümeetris graafilist esitust ei võimalda, selleks tuleb kasutada kõrvalisi töötlus- ja visualiseerimisprogramme.</p> <p>Katsemõõtmise tulemusena analüüsiti statiivi kõrguslikku stabiilsust pinnasesse vajutatult ja vajutamata. Statiivide monitooringu tulemuste põhjal selgus, et kui statiiv vajutada pinnasesse, siis hakkab statiiv pinnasest üles tõusma. Kuid kui statiiv jätta vajutamata pinnasele, on statiiv kõrguslikult stabiilsem.</p>			
Märksõnad: monitooring, elektrontahhümeeter, statiiv, kõrguslik stabiilsus			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Ivar Kapsi		Curriculum: Geodesy and Land Management	
Title: Monitoring Solutions Analysis of Total Station Leica Viva TS15			
Pages: 47	Figures: 21	Tables: 2	Appendixes: 3
Department / Chair:	Geomatics		
Field of research and (CERC S) code:	4. Natural Sciences and Engineering (geodesy) P515		
Supervisors:	Lecture Ene Ilves, associate professor Harli Jürgenson		
Place and date:	Tartu, 2018		
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to research about total station Leica Viva TS15 options to carry out monitoring. To figure out the total station Leica Viva TS15 options for monitoring, then were analyzed applications that could potentially be used, their licenses and were carried out test measurements.</p> <p>From the analyzis concluded that Leica Viva can carry out its monitoring most ideally with the application called Sets of Angles, where its monitoring is enhanced by the integrated programm TS Monitoring. It allows to easily set up the monitoring system, configure points and fix the duration. Also were analyzed application called TPS Monitoring. It turned out that it does not have a significant difference in terms of opportunities with the applications Sets of Angles and TS Monitoring. The applications dont have provide graphics, for that it is necessary to use other programs outside of the total station.</p> <p>The test measurements were analyzed tripods height stability when pressed into the soil or not. The results showed, that when tripod is pushed into the soil then the tripod starts rising up from the soil. When tripod is not pushed into the soil, then the tripod shows better height stablilty.</p>			
Keywords: monitoring, total station, tripod, height stability			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
1.1. Geodeetiline monitooring .....	6
1.2. Leica monitooringu lahendused .....	8
1.2.1. Geodeetilised monitooringu sensorid .....	8
1.2.2. Monitooringutarkvarad .....	9
1.3. Geodeetilised statiivid ja nende stabiilsus .....	11
1.3.1. Statiivide kõrgusliku stabiilsuse uurimine maailmas .....	12
2. MATERJALID JA METOODIKA .....	14
2.1. Elektrontahhümeetri Leica Viva TS15 spetsifikatsioonid .....	14
2.2. Elektrontahhümeetri rakendusprogrammidega tutvumine.....	15
2.2.1. Sets of Angles ja TS Monitoring .....	15
2.2.2. TPS Monitoring .....	16
2.3. Elektrontahhümeetri välitarkvara ja rakenduste värskendamine .....	18
2.4. Katsemõõtmise läbiviimine .....	20
2.5. Katsemõõtmise seadistamine rakendusprogrammis Sets of Angles .....	22
3. TÖÖ TULEMUSED.....	29
3.1. Elektrontahhümeetri monitooringu võimaluste analüüs .....	29
3.2. Statiivide monitooringu analüüs .....	30
3.2.1. Pinnasesse vajutatud statiiv .....	31
3.2.2. Pinnase pealne statiiv .....	32
3.2.3. Statiivide monitooringu kokkuvõte .....	33
KOKKUVÕTE .....	35
KASUTATUD KIRJANDUS .....	37
MONITORING SOLUTIONS ANALYSIS OF TOTAL STATION LEICA VIVA TS15	39
LISAD .....	41
Lisa 1. Leica Viva TS15 A ülevaade Leica myWorld keskkonnas .....	42
Lisa 2. Pinnasesse vajutatud statiivi mõõtmistulemused .....	43
Lisa 3. Pinnase pealse statiivi mõõtmistulemused.....	45

## SISSEJUHATUS

Maailmas on kasutusel erinevaid monitooringu teostamise tehnilisi lahendusi. Monitooringu kasutamine levib maailmas üha laiemalt, kuna võimalik on tuvastada aeglasi liikumisi. Aeglaste liikumistena maailmast võib välja tuua näiteks kaljude murenemise, liustike ja suurte ehituskonstruksioonide liikumise. Eestis on kahjuks monitooringu kasutamine leidnud vähest kasutuspinda, kuna vähe on objekte, mille liikumisi tuleb pidevalt jälgida.

Eesti Maaülikooli geomaatika õppetool on elektrontahhümeetrile Leica Viva TS15 soetanud rakendusprogrammi *Sets of Angles* koos lisarakendusega *TS Monitoring*. Kuid siiani on selgusetuks jäänud rakendusprogrammi *Sets of Angles* kasutamise võimalused ning seos *TS Monitoring* rakendusprogrammiga. Samuti pole selge, kas leidub alternatiivseid võimalusi monitooringu läbi viimiseks elektrontahhümeetriga Leica Viva TS15. Töö lähtub ideest kasutada Eesti Maaülikooli geomaatika õppetooli seadmeid efektiivsemalt.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on uurida elektrontahhümeetri Leica Viva TS15 võimalusi monitooringu läbiviimiseks. Selleks analüüsitakse potentsiaalselt kasutatavaid rakendusprogramme ja nende litsentse. Samuti viiakse läbi katsemõõtmine kõige efektiivsema lahendusega. Katsemõõtmine on statiivide vajumise kohta pinnasel, kuna seda saab teha võrdlemisi lühikese aja jooksul. Statiivide monitooringut on ajendanud läbi viima huvi statiivi liikumiste vastu pinnasel, kuna praktikas on esinenud olukordi kui statiiv on pinnasesse surudes paigast liikunud. On püstitatud hüpotees, et statiivi pinnasesse vajutades, tõuseb statiiv üles.

Töö teoreetilises osas antakse ülevaade geodeetilise monitooringu olemusest ja Leica monitooringu lahendustest. Samuti antakse ülevaade geodeetilistest statiividest ja eelnevalt tehtud statiivide uurimistest maailmas, kuna töö empiirilises osas viiakse läbi katsemõõtmine statiividele. Empiirilises osas uuritakse ja analüüsitakse monitooringu teostamise võimalusi elektrontahhümeetriga Leica Viva TS15 ja viiakse läbi katsemõõtmine kahele statiivile. Põhjalikult selgitatakse monitooringu läbiviimist Leica rakendusprogrammiga *Sets of Angles*. Statiivide monitooringu põhjal analüüsitakse statiivi kõrguslikku stabiilsust.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1. Geodeetiline monitooring

Monitooring on üks suuremaid insenergeodeesia valdkondi. Tegemist on protsessiga, kus toimub pidev ehituslike või looduslike objektide jälgimine, et tuvastada muutused monitooritava objekti geomeetrias, asendis või orientatsioonis. Monitooringu objektid saab jaotada kaheks:

- Ehitiste monitooring – monitooring viiakse läbi inimtekkelistele objektidele, näiteks sildadele, tammidele, raudteedele või tunnelitele.
- Loodusnähtuste monitooring – viiakse läbi looduslikele objektidele, näiteks mäestikualadele (Wagner 2017).

Monitooringut viiakse läbi deformatsioonide analüüsiks, ennetavaks tegevuseks, vara kaitseks, seadusandlikuks järelevalveks või uuringuks. Deformatsioonide analüüsimise käigus monitooritakse objekti, et kinnitust saada objekti ennustatud deformatsioonidele. Ennetava tegevusena hoitakse ära deformatsioonid seal, kus neid ei tohi olla. Vara kaitseks, et hoida ära ohtu kujutava objekti kahjulik mõju varale. Seadusandliku järelevalvet teostatakse näiteks kaevandustes, kus on väga ranged seadused, mis reguleerivad ohutust töökohal. Monitooringu andmeid kasutatakse ka erinevate uuringute jaoks, andmed on vajalikud uuringu eesmärkide saavutamiseks või deformatsioonide mudelite koostamiseks (Du Toit 2011).

Enamasti uuritakse monitooringu käigus vertikaalseid ja horisontaalseid deformatsioone. Vertikaalsed deformatsioonid jagunevad alaliikideks (Kala 2008: 192):

- vajumine – põhjustatud pinnase tihenemisest, mida võib põhjustada ehitise või pinnase raskus, samuti võib vajumine tekkida vibratsiooni tulemusel;
- äkkvajumine – tekkib pinnase struktuuri põhjaliku muutusega välise koormuse ja lisa tingimuste toimel, milleks võib olla näiteks külmunud pinnase jäätunud vahekihtide sulamine või pinnase väljasurumine vundamendi talle alt;
- pundumine või taastihenemine – seotud teatud savipinnaste mahu muutumisega niiskuse ja temperatuuri mõjul, näiteks külmakerked või savi pundumine niiskumisel;

- langatus – põhjustatud maa-alustel kaevandustöödel tekkinud tühimike varisemisel.

Monitooringu läbiviimiseks kasutatakse erinevaid sensoreid. Sensorid peavad olema monitooringu objekti jälgimiseks hoolikalt valitud ja õigesti paigutatud. Sensoreid, mida kasutatakse deformatsioonide monitooringuks jagunevad kolmeks. Monitooringu sensoriteks on geodeetilised-, geotehnilised- ja meteoroloogilised sensorid. Geodeetilise sensoritena saab välja tuua elektrontahhümeetri ja RTK GPS seadme, mille abil on võimalik koguda kolmemõõtmelisi andmeid. Elektrontahhümeetrid võimaldavad mõõta palju punkte lühikese aja jooksul. Tänapäevased RTK GPS seadmed tagavad samuti piisava täpsuse, olles ideaalsed ehitiste liikumiste jälgimiseks. GPS seadme halvaks küljeks on mitte sobivus igasse keskkonda ning seetõttu tuleks erinevaid sensorid omavahel kombineerida. Geotehnilisi sensoreid kasutatakse objekti monitooringuks. Sensorid paigaldatakse objekti strateegilistesse kohtadesse, et objekti kontrollida. Geotehnilised sensorid salvestavad mõõdetud andmed või registreeritakse jooksvalt ühendatud arvutisse. Meteoroloogilised sensorid on selleks, et mõõta vajalikud ilmastiku näitajad. Välja saab tuua temperatuuri, õhuniiskuse, õhurõhu, tuule kiiruse ja suuna, päiksekiirguse ja sademed. Meteoroloogilised andmed on vajalikud, et saadud informatsiooni põhjal oleks võimalik korrigeerida andmeid (Hill, Sippel 2002).

Ajalise kestvuse poolest jagunevad monitooringusüsteemid:

- tavamonitooringuks;
- keskmise suurusega monitooringuks ja
- suuremõõtmeliseks monitooringuks.

Tavamonitooring kestab tavaliselt teatud perioodi kestel, milleks võib olla nädal, kuu või kvartal. Tavamonitooringu objektiks valitakse enamasti mõni tundlik objekt, näiteks tamm või sild. Sensoreid kasutatakse tavamonitooringu juures vähe, tavaliselt on vajalik vaid üks instrument. Tavamonitooringu süsteemi paigaldus ja läbiviimine on lihtne. Enamasti on kasutusel tarkvarapakett, mis talletab andmed automaatselt. Vajadusel on talletatud andmed lihtsalt eksporditavad sobivaks failiks, mida saab kasutada hiljem monitooringu analüüsiks Microsoft Exceliga või spetsiaalse monitooringutarkvaraga. Keskmise suurusega monitooring toimub reaalajas. Võrreldes tavamonitooringuga kasutatakse rohkem geodeetilisi ja geotehnilisi sensoreid. Kuna mõõtmised toimuvad reaalajas, siis kasutatakse tihti ka hoiatussüsteemi, mis annab teada rikkest süsteemis. Suuremõõtmelistes monitooringusüsteemides on seevastu tavalisele ja keskmise ulatusega monitooringule

palju erinevaid geotehnilisi ja geodeetilisi seadmeid. Suuremõõtmeline monitooring sarnaselt keskmise suurusega monitooringuga toimub reaajas ja kasutusel on hoiatusüsteem (Du Toit 2011).

Monitooringut saab läbi viia kas manuaalselt või automaatselt, see on tihti ette määratud projekti suurusega ja võimalustega. Manuaalne deformatsioonide monitooring viiakse läbi nii, et inimene jälgib pidevalt sensorite tööd ning vajadusel sekkub monitooringu käiku. Kuid automaatne deformatsioonide monitooringu süsteem toimib võrreldes manuaalse süsteemiga nõnda, et see ei vaja põhimõtteliselt üldse sekkumist, sest monitooringut viib läbi spetsiaalne tarkvara (*Ibid*).

Monitooringu läbiviimiseks tuleb arvestada erinevaid tingimusi, et monitooring õnnestuks. Kui monitooringu süsteem on kasutuses kui rikete tuvastamise süsteem, siis tuleb arvestada seda, et see peab olema täiesti automatiseeritud ning hästi seadistatud. Kui süsteem on kehvalt seadistatud, võib see anda valehäireid (Chrzanowski, Szostak- Chrzanowski 2009).

## **1.2. Leica monitooringu lahendused**

Leica monitooringu lahendused koosnevad kahest poolest - sensoritest ja tarkvarast. Leica monitooringu lahendustes kasutatakse sensoritena elektrontahhümeetreid, GNSS seadmeid ja geotehnilisi sensoreid. Tarkvaradena kasutatakse Leica monitooringu lahendustes tarkvarasid Leica GeoMoS, Leica GNSS Spider ja Leica GNSS QC (Leica deformation monitoring... 2009).

### **1.2.1. Geodeetilised monitooringu sensorid**

Geodeetilise sensorina, mille ülesandeks on mõõtmisandmete kogumine, saab välja tuua elektrontahhümeetri. Elektrontahhümeetriga monitooringu läbi viimise eeliseks on võimalus teha automatiseeritud mõõtmisi. Kombineerides kõrguse, horisontaal- ja vertikaal suuna lugemeid, arvutab elektrontahhümeeter punktile kolmemõõtmelisi koordinaate. Elektrontahhümeetri eeliseks on ka see, et enamasti kasutatakse elektrontahhümeetritel automaatset prisma tuvastus süsteemi, mis võimaldab leida ja jälgida prisma. Sellised süsteemid saadavad välja signaali, et leida prisma (Lienhart jt. 2017).



Geodeetiliseks monitooringu sensoriks on ka GNSS seade. GNSS seadmel on mõned eelised võrreldes teiste geodeetiliste tehnoloogiate kõrval. GNSS seadme kasutamiseks ei ole vajalik otsenähtavust mõõtepunktide vahel, värskendusi saab esitada sagedusel 1Hz ja kõrgemal, samuti annab ka GNSS seade kolmemõõtmelist asukohateavet. Millimeetri täpsusega asukohateave on võimalik ka üle 10 km pikkuste lähtejoonte korral (Jason jt. 2007).

GNSS seadmega deformatsioonide monitooringu juures on mitmeid probleeme. GNSS mõõtmise puhul on keeruline mõõta millimeetri täpsusega, kuna on väga palju nõudeid, mida tuleb GNSS monitooringu puhul arvestada. Näiteks sellega, et mitte kõikides tingimustes ei ole võimalik GNSS seadmega mõõdistada, vajalik on satelliitide piisav nähtavus monitooringu perioodi kestel. Samuti on keeruline mõõta varjulistest kohtades, kus on satelliitide nähtavus häiritud (Chrzanowski, Szostak- Chrzanowski 2009).

Erinevatel sensoritel on omad eelised ja puudused. Kui elektrontahhümeetril on vaja nähtavust kindelpunktidele, et saada koordinaate, siis GNSS seadmel mingeid kindelpunkte pole vaja. Seevastu on GNSS seadmetega mõõtmine raskendatud varjulistest kohtades, kus väheneb satelliitide levi.

### **1.2.2. Monitooringutarkvarad**

Monitooringu läbiviimise toetamiseks on Leical erinevad monitooringu tarkvaralised võimalused. Monitooringuks on võimalik kasutada monitooringutarkvara Leica GeoMoS ja GNSS seadmetele suunatud tarkvarasid Leica GNSS Spider ja Leica SpiderQC.

Leica GeoMoS monitooringusüsteem pakub väga paindlikku automaatset deformatsiooni monitooringusüsteemi, mis on võimeline kombineerima geodeetilisi, geotehnilisi ja meteoroloogilisi sensoreid. Süsteem on võimeline läbi viima väga erinevaid monitooringuid. Monitooringud võivad olla nii suured või väiksed, kui ka ajutised või alalised. Leica GeoMoS on mitmeotstarbeline automaatne deformatsioonide monitooringu tarkvara, mis on kasutatav ehituslike ja looduslike objektide monitooringul. Tarkvara võimaldab ühendada endaga geodeetilised, geotehnilised ja meteoroloogilised andurid, et tuvastada liikumisi ja leida neile lahendus. Leica GeoMoS tarkvara koosneb paljudest erinevatest rakendustest, mille põhiprogrammiks on Leica GeoMoS Monitor. Leica GeoMoS Monitor on programm, mis vastutab andurite juhtimise, andmete kogumise,

arvutamise ja andmete haldamise eest. Selle programmiga saab ühendada programme ja mooduleid, mis vastavad kasutaja vajadusetel (Leica GeoMoS brochure 2015)

Monitooringutarkvara Leica GNSS Spider kasutatakse kõik ühes lahendusena GNSS võrkude ja monitooringu projektide juures. Tegemist on tarkvarakomplektiga, mis võimaldab seadistada ja kontrollida GNSS vastuvõtjaid, ükskõik kus ja ükskõik millal. Tarkvara annab ligipääsu GNSS seadme abil mõõdetud andmestikust ühest kohast, mis teeb kasutamise mugavaks nii kohapeal kui kaugjuhtides. Võimalik on tsentraliseeritud põhijoonte töötlus ning pidev monitooring. Tarkvaral on hea võimekus luua ühendust erinevate sensoritega. Võimlik on ühendust luua Leica ja kolmandate osapoolte GNSS vastuvõtjatega. Saab jagada RTK korrektsiooni liikuvjaamadele ning teistele GNSS rakendustele. Samuti toimub võrgu RTK töötlus, et saavutada mõõtmistele suurem täpsus ja usaldusväärsus. Lisaks võimaldab tarkvara MAX, VRS ja FKP korrektsiooni (Leica GNSS Spider... 2010).

GNSS seadmetele on veel tarkvara Leica SpiderQC, mis on mõeldud eelkõige tarkvara Leica GNSS Spider täienduseks. Tarkvara võimaldab analüüsida GNSS seadmega saadud toor- ja tuletatud andmeid, milleks on näiteks RINEX, SINEX, IONEX ja NMEA. Leica SpiderQC tarkvara saab kasutada GNSS seadmega mõõdetud andmete analüüsimiseks ja kvaliteedi kontrollimiseks. Tarkvara on abiks, et välja selgitada parim asukoht referentsjaamale. Samuti on referentsjaama võimalik jälgida, teavitades operaatorit ja andes vajadusel sobivad parandid. Kuna referentsjaamade võrgud genereerivad tohutul hulgal andmeid, ei ole nende andmete üksikasjalik analüüs võimalik ilma keerukate analüüsi- ja aruandlusvahenditeta. Tarkvara pakub selleks põhjalikke võimalusi, luues mitmeid HTML-põhiseid aruandeid, veebisaite ja graafikuid. Samuti on tarkvaral Leica Spider QC võimekus läbi viia deformatsioonide monitooringut. Deformatsioonide monitooring on võimalik läbi viia koos Leica Spider RT (*real-time*) positsioneerimisega või Leica Spider PP (*post processing*) positsioneerimisega. Võimlik on tuvastada ja visualiseerida liikumisi erinevatel objektidel, näiteks referentsjaam, sild, tamm või maalihe. Tulemused arvutatakse reaajas ning on nähtavad koheselt (Leica SpiderQC GNSS... 2018).

### 1.3. Geodeetilised statiivid ja nende stabiilsus

Geodeetilistel töödel kasutatakse erinevaid statiive. Statiivid on enamasti kas metallist või puidust. Metallist statiivide ehituses kasutatakse tihti materjalina alumiiniumi. Metallstatiivi tugevaks küljeks on kergus, nõrgaks küljeks suurem tundlikus temperatuuri muutustele võrreldes puitstatiiviga. Puitstatiivi tugevaks küljeks on suurem mass, mis annab parema stabiilsuse. Tänu nendele omadustele on puitstatiivi hea kasutada raskemate instrumentide korral. Selleks, et statiivi pikkust fikseerida, kasutatakse kruvisid või kinnitushoobasid statiivi liitekohtadel (Randjärv jt. 1998).

Statiivid jagunevad kaheks - kerged statiivid ja rasked statiivid. Kõige üldisemalt saab statiive jaotada massi põhjal. Kerged statiivid on maksimaalselt kuni 5,5 kg raskused ning raskemad statiivid on raskemad kui 5,5 kg ja kaaluga kuni 7 kg (ISO12858: Optics and... 1999).

Erinevad geodeetiliste seadmete ja vahendite tootjad pakuvad erinevaid statiive. Üks suuremaid geodeetiliste seadmete tootjaid Leica Geosystems valmistab statiive üksnes puidust või alumiiniumist. Leica Geosystems kasutab puitstatiivide tootmiseks materjalina pööki või mändi, kuna need materjalid tagavad parema stabiilsuse vertikaalselt ja horisontaalselt. Puidu eelisena tuuakse välja, et motoriseeritud tahhümeetriga töötamisel on puit optimaalsete vibratsiooniliste omadustega. Puidust statiivide pinnad töödeldakse mitu korda, et vältida niiskuse imendumist ning tagada maksimaalset pikaalisust. Alumiiniumist statiivid on vastupidavad ja väikse massiga, kuid nende kasutusulatus on siiski piiratud (Tripod 2018).

Vastavalt rahvusvahelistele standartidele kehtivad ka geodeetilistele instrumentidele omad standardid. ISO ehk rahvusvaheline standardite organisatsioon on koostanud nõuded ka statiividele, mida kasutatakse nivelliiri, teodoliidi, tahhümeeteri, GPSi ja EDM instrumentide püstitamiseks ning ka prismae, reflektorit, antennide jaoks (ISO12858: Optics and... 1999).

ISO standardid näevad statiivile ette, et kinnituskruvi vabastamisel statiivil olevat seadet saab lihtsalt ja ühtlaselt liigutada. Statiivi peaplaat peab olema selline, et see oleks kasutatav erinevate tootjate vahenditega. Statiivi peaplaat võib olla tasane või sfääriline. Statiivi liigendid peavad olema konstrueeritud nõnda, et statiiv oleks kiirelt püstitav ning liigendite hõõrdumine reguleeritav. Puidust jalgadega statiivide puhul peavad puidu ja

metalli ühenduskohad olema reguleeritavad nii, et ka pärast kokkutõmbumist liitmikud sobituvad kindlalt. Statiivi kingad (alumised metallist teravikud) peavad olema varustatud sammuga. Statiiv peab olema võimeline ilma püsiva deformatsioonita vastu võtma instrumendi raskusest, liikumisest jms tekkivat mõju. Statiiv peab olema kõrguslikult stabiilne, see tähendab kui statiivi peaplaati koormata topelt instrumendi massiga, ei tohi see vertikaalselt vajuda rohkem kui 0,05 mm. Statiivi materjalide osas on tootja vaba valik, milliseid materjale kasutatakse statiivi peal, kinnituskruvil ja liitmikutel. Seevastu statiivi jalad peavad olema plastmassist, metallist või puidust. Kõik komponendid peavad olema korrosioonile vastupidavad või kaitstud. Statiivi jalad võivad olla värvitud hoiatusvärviga (*Ibid*).

### **1.3.1. Statiivide kõrgusliku stabiilsuse uurimine maailmas**

Leica Geosystems laboris Šveitsis Heerbruggis on uuritud statiivide stabiilsust. Uuringu läbi viimiseks kasutati labori tingimusi, kus on võimalik luua püsivad keskkonnatingimused. Tugineti ISO standardile, mis lubab statiivi maksimaalseks vertikaalseks deformatsiooniks 0,05 mm. Uuringu käigus uuriti raske- ja kergekaaluliste statiivide deformatsioone staatilistele raskustele. Uuriti Leica Geosystems puit ja alumiinium statiive. Uudse materjalina uuriti klaaskiud materjalist statiive, mis olid firmadelt Nanjing Survey ja Crain Inc (Eichhorn jt. 2009).

Järgnevalt on välja toodud uuringus kasutatud statiivid ja nende materjalid (*Ibid*):

- Leica GST120-9, puidust (pöök) raske;
- Nanjing Survey S40, klaaskiust raske;
- Crain Inc Trimax, klaaskiust raske;
- Leica CTP101, puidust universaalne (raske/kerge);
- Leica GST05, puidust (mänd) kerge;
- Leica GST05L, alumiiniumist kerge ja
- Leica CTP103, alumiiniumist kerge statiiv.

Monitooringu käigus tehti statiividele mõõtmisi 500 korda. Mõõtmist alustati nõnda, et esimese 7 minuti jooksul polnud statiivil raskust. Seejärel asetati statiivile raskus umbes 20 minutiks. Raskus võeti ära ning monitooriti raskuseta statiivi veel ligikaudu 6-7 minutit.

Staatilise koormusena kasutati rasketel stabiividel 30 kg koormust ja kergetel stabiividel 10 kg koormust (*Ibid*).

Rasketest stabiividest parima kõrguslik stabiilsus oli stabiivil Leica GST120-9, mis on puidust (pöök). Stabiivi esialgu ilma koormuseta jälgides oli kõrguslik kõikumine 0,01 mm, koormuse asetamisel stabiivile langes kõrgus umbes 0,03 mm ja koormuse ära võtmisel tõusis stabiiv 0,01-0,02 mm. Rasketest stabiividest jälgitud klaaskiust stabiiv, ettevõttelt Crain Inc mudel Trimax, näitas halvemat kõrguslikku stabiilsust. Enne koormust kõikus kõrgus 0,01 mm sarnaselt stabiivile Leica GST120-9, peale koormuse asetamist langes stabiiv umbes 0,05 mm, koormuse ära võtmisel tõusis stabiiv umbes 0,02-0,03 mm. Teine uuritud klaaskiust ettevõtte Nanjing Survey stabiiv langes koormuse asetamisel umbes 0,04 mm ning koormuse äravõtmisel võrreldes teiste stabiividega langes veel umbes 0,02 mm. Leica CTP101 stabiivi, mis on olemuselt universaalne stabiiv, langes koormuse asetamisel umbes 0,03 mm ja tõusis tagasi koormuse äravõtmisel 0,01 mm (*Ibid*).

Kergetest stabiividest langes Leica kerge puidust stabiiv 1,5 mm ning koormuse äravõtmisel ei tõusnud ülesepoole tagasi. Teised Leica kerged stabiivid, mis olid alumiiniumist, langesid mõlemad umbes 0.02-0.03 mm ning kerkisid koormuse ära võtmisel 0,05-0,01 mm (*Ibid*).

Lisaks uuriti stabiivide horisontaalseid deformatsioone staatilise koormuse all, kus parimad tulemused olid samuti puidust stabiividel. Veel uuriti töös ka stabiivide deformatsioone dünaamiliste raskuste all, milleks kasutati pöörlevat tahhümeetrit (*Ibid*).

## 2. MATERJALID JA METOODIKA

### 2.1. Elektrontahhümeetri Leica Viva TS15 spetsifikatsioonid

Käesolevas töös kasutati Eesti Maaülikooli geomaatika õppetooli elektrontahhümeetri Leica Viva TS15 (joonis 1).



**Joonis 1.** Leica Viva TS15

Elektrontahhümeetril Leica Viva TS15 on kokku viis erinevat mudelit, mis oma olemuselt on erineva võimekusega. Eesti Maaülikooli geomaatika õppetoolile kuuluva Leica Viva TS15 A puhul on tegemist elektrontahhümeetriga, mis võimaldab mõõta nurki ja kaugusi nii prismale kui ka ilma prismata. Sihtmärgile on võimalik elektrontahhümeetri suunata automaatselt. Nurga mõõtmise täpsus on 3". Nurki eristab elektrontahhümeeter 0,1" täpsusega. Täpsus prismaga kauguse mõõtmisel on standardselt 1 mm + 1,5 ppm ning mõõtmise aeg on 2,4 sekundit. Prismata mõõtmise korral on mõõtetäpsus 2 mm + 2 ppm ja mõõtmise aeg 3 sekundit (Leica Viva TS15... 2010).

Tegemist on motoriseeritud elektrontahhümeetriga, mille pöörlemiskiirus on 45 kraadi sekundis. Samuti on võimalik ühendada elektrontahhümeeter väliarvutiga, kasutades selleks raadiosidet. See annab mõõtjale võimaluse juhtida elektrontahhümeetri kaugemalt.

Elektrontahhümeetriga on võimalik ühendada nii USB kui SD-kaart. Olemas on ka Bluetooth ühendus, mida kasutades on võimalik elektrontahhümeetriga ühendada väliarvuti või GNSS vastuvõtja. Sisemine mälu on mahuga 1 GB (*Ibid*).

Leica Viva TS15 A elektrontahhümeetril on *PowerSearch* vahend, mis suudab kiirelt leida prisma, saates välja nähtamatu laserkiire teleskoobi esiküljest. Tagasipeegeldunud signaali abil leiab elektrontahhümeeter prisma. Minimaalne mõõtmiskaugus on 1,5 meetrit ja otsimisaeg on 5 – 10 sekundit. Lisaks on märgutuli (*Guide Light*), mis on kasutajale abiks, et aru saada kuhu elektrontahhümeeter on suunatud (Leica TS15 user... 2018).

## **2.2. Elektrontahhümeetri rakendusprogrammidega tutvumine**

Elektrontahhümeeter Leica Viva TS15 koos püsitarkvaraga Leica SmartWorx Viva on Eesti Maaülikooli geomaatika õppetoolile soetatud Eesti Teekaardi Keskkonnaobservatooriumi projekti kaudu. Püsitarkvara juurde on soetatud ka rakendusprogramm *Sets of Angles*, mis peaks võimaldama läbi viia monitooringut (lisa 1). Kuna käesoleva töö eesmärgiks on uurida elektrontahhümeetri Leica Viva TS15 võimalusi monitooringu läbiviimiseks, siis tuleb uurida võimalusi ja leida alternatiive monitooringuks elektrontahhümeetriga. Samuti on aastate jooksul Leica erinevaid tarkvarasid uuendatud, mis on tekitanud parajat segadust monitooringu läbi viimise osas Leica Viva TS15 elektrontahhümeetriga. Konkreetselt pole selge, millist lahendust tuleks kasutada. Selgust ei ole lisanud ka Kristjan Kriisa lõputöö teemal „Lähte vaatlustorni monitooring Leica TS15 elektrontahhümeetriga“, kuna keskendutud on põhiliselt monitooringu olemusele ning objekti deformatsioonide uurimisele.

### **2.2.1. Sets of Angles ja TS Monitoring**

Monitooringu läbi viimiseks elektrontahhümeetriga on Eesti Maaülikooli geomaatika õppetoolil kasutada rakendusprogramm *Sets of Angles*. Rakendusprogramm põhineb nurkade ja kauguste mõõtmisel, mille tulemusena saadakse mõõdistuspunktile igal järgneval mõõtmisel uued koordinaadid. Eialgu olid monitooringu võimalused rakendusprogrammiga *Sets of Angles* segadust tekitavad. Alguses katsetati monitooringut läbi viia Metsamaja auditooriumis 2B5, kus püüti omandada monitooringu läbi viimine rakendusprogrammiga *Sets of Angles*. Kahjuks ei leitud rakendusprogrammist kohta, kus

seadistada monitooringu jaoks vajalikke ajalisi seadistusi. Lõpuks tehti kindlaks, et rakendusprogrammis ajaliste seadistuste määramiseks on vajalik *TS Monitoring* rakenduse olemasolu (Leica Viva TS15 Equipment... 2011). Monitooringu läbi viimiseks on Eesti Maaülikooli geomaatika õppetool soetanud ka rakendusprogrammi *TS Monitoring*. Mõlema programmi jaoks on Eesti Maaülikooli geomaatika õppetoolil kehtiv litsents 8. novembrini 2018 (lisa 1).

Uurides rakendusprogramme elektrontahhümeetris, ei leitud eraldi rakendusprogrammi *TS Monitoring*. Väga suurt segadust tekitas ka asjaolu, et rakendusprogrammi *TS Monitoring* nime elektrontahhümeetri menüüdes pole näha. See on täielikult integreeritud programmi *Sets of Angles*. Selgus, et elektrontahhümeetris on rakendusprogramm *Sets of Angles*, kuid rakendusprogrammi *TS Monitoring* kohta ei ole sõnagi. Seega oli palju tegemist, et aru saada, kas *TS Monitoring* on üldse aktiveeritud. Vaatamata rakendusprogrammi *Sets of Angles* läbivaatamisele seda kohta ei leitud. Uuringu käigus selgus, et rakendusprogrammi seadetes, kuhu pääseb vaid *FN* klahvi abil, tuleb määrata linnukesega võimalus anda mõõtmistele ajalised seadistused. See määrang loob hiljem lisaakna *Sets of Angles* rakendusprogrammis, mis võimaldab anda monitooringule algus- ja lõppaja ning intervalli (joonis 14). Kui monitooringuks rakendusprogrammi *TS Monitoring* ei ole soetatud, siis pole võimalik programmis *Sets of Angles* monitooringu akent avada. Küll saab mõõta mitmele prismale nurki ja kaugusi, kuid ei saa anda ajalisi seadistusi.

### 2.2.2. TPS Monitoring

Otsides alternatiivseid võimalusi rakendusprogrammide *Sets of Angles* ja *TS Monitoring* pakutavale monitooringu lahendusele, leiti veebikeskkonnast Leica myWorld kolmanda osapoole poolt loodud rakendusprogramm *TPS Monitoring* (joonis 2).



**Joonis 2.** Leitud TPS Monitoring veebikeskkonnas (Leica myWorld 2018)

Kuna nimetatud oli sõna *monitoring*, siis arvati esialgu, et tegemist on soetatud rakendusprogrammi *TS Monitoring* osaga. Konsulteerides Leica Geosystems esindaja



Kristi Käärega selgus, et selle rakendusprogrammi kasutamiseks Eesti Maaülikooli geomaatika õppetoolil puudub litsents. Siiski tekkis mõte analüüsida ka selle programmi võimalusi. Selleks installeeriti püsitarkvara ja rakenduste värskendamise käigus ka *TPS Monitoring*. Püsitarkvara ja rakenduste värskendamist on põhjalikult käsitletud peatükis 2.3. Uuenduse läbiviimisega sai elektrontahhümeetrile paigaldatud uusim välitarkvara ja rakendused. Värskeim versioon sai elektrontahhümeetrise ka rakendusprogrammide *Sets of Angles*, *TS Monitoring* ja *TPS Monitoring*.

Kirjandust uurides selgus, et rakendusprogramm *TPS Monitoring* on rakendus, mida on võimalik kasutada tarkvaraga Leica SmartWorx Viva, mis on sinna sisse integreeritav. Rakendusprogrammi eelisteks on see, et eelnevalt seadistatud punktide grupid kiirendavad mõõtmisi ja võimalik on läbi viia poolautomaatseid mõõtmisi tundide kaupa. Samuti kuvab rakendusprogramm oleku teavet, milleks on näiteks mõõdetava punkti staatus ja instrumendi stabiilsus. Kvaliteediprobleemi korral teavitatakse operaatorit koheselt. Andmefail on võimalik võtta mälupealga, mälukaardile või üles laadida veebiteenusesse GeoMoS Now! Tegemist on veebiteenusega, mida on võimalik kasutada veebiportaali vahendusel. Seal on võimalik saada teabele ligi ükskõik kus ja ükskõik millal. Veebiteenus võimaldab mõõtmisandmeid töödelda, visualiseerida, analüüsida ja teha aruandeid (Rutschmann 2016).

Kuigi rakendusprogrammi *TPS Monitoring* kasutamiseks jaoks polnud litsentsi, oli seda võimalik peale paigaldamist siiski mõned kuud kasutada. Kuna tegemist oli katseversiooniga, siis olid valikutel mõned piirangud, seetõttu sai tutvuda ainult üldiselt ning põhjalikumalt katsetades esines prooviperioodist esinevaid takistusi. Üldiselt ei olnud rakendusprogramm keeruline ning katsetades tulid rakendusprogrammi võimalused hästi välja. Uurides *TPS Monitoring* rakendusprogrammi, avanes neli valikut. Menüü pakkus kasutajale võimalust hallata punkti gruppe, seadistada automaatseid seadistusi, eksportida andmeid elektrontahhümeetrist ja luua ühendust veebiteenusega GeoMoS Now!. Üldjoontes võib öelda, et tegemist on sama ülesande jaoks loodud rakendusprogrammiga kui rakendusprogrammide *Sets of Angles* ja *TS Monitoring* lahendus.

Põhjalikumaks katsemõõtmiseks kasutati rakendusprogrammide *Sets of Angles* ja *TS Monitoring* lahendust. Katsemõõtmise viidi läbi nende rakendusprogrammidega sellepärast, et olemas oli täielik võimekus monitooringu läbiviimiseks, mida toetab kehtivate litsentside olemasolu. Kuna Eesti Maaülikooli geomaatika õppetoolil on olemas

tahhümeetrilise monitooringu läbiviimiseks lahendus, kuid puudub eestikeelne juhendmaterjal monitooringu teostamiseks, siis on põhjalikult selgitatud monitooringu seadistamist. Katsemõõtmise seadistamisest on põhjalik ülevaade peatükis 2.5.

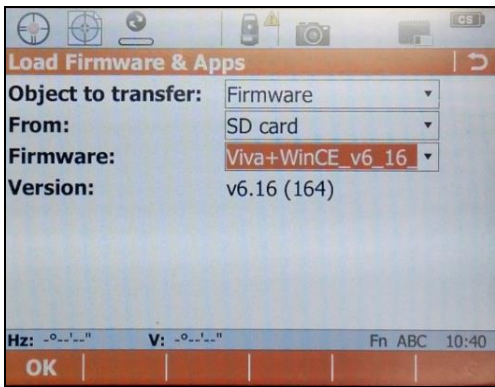
### **2.3. Elektrontahhümeetri välitarkvara ja rakenduste värskendamine**

Töö käigus värskendati elektrontahhümeetri välitarkvara Leica SmartWorx Viva ja juurde kuuluvad rakendused. Alates 2012. aastast, kui elektrontahhümeeter Eesti Maaülikooli geomaatika õppetoolile soetati, pole tehtud välitarkvara värskendamist. Välitarkvara ja rakenduste värskendamise tulemusena sai kasutada uusimaid versioone rakendusprogrammidest *Sets of Angles*, *TS Monitoring* ja *TPS Monitoring*

Enne värskendamist oli elektrontahhümeetris Leica Viva TS15 kasutusel välitarkvara versioon 4.51. Eelnevalt kasutusel olnud välitarkvara versiooni väljalaske kuupäev oli 2. oktoober 2012. Peale seda on välja antud Leica SmartWorx välitarkvarale 2017. aasta novembri seisuga 12 uut versiooni. Elektrontahhümeetrisse Leica Viva TS15 ja väliarvutisse Leica Viva CS15 paigaldati värskem välitarkvara Leica SmartWorx Viva versioon 6.16. See oli välja antud 30. juunil 2017. aastal. Sama välitarkvara versioon paigaldati nii elektrontahhümeetrisse kui väliarvutisse, et tagada edaspidine seadmete omavaheline koostöö.

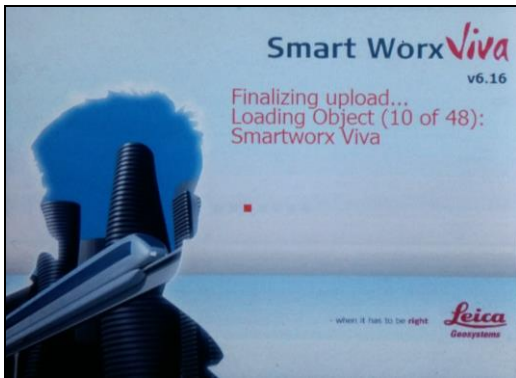
Välitarkvara ja rakenduste värskendamiseks kasutati mälukaarti, mis sisestati arvutisse. Seejärel siseneti Leica myWorld veebikeskkonda, kus laeti alla Leica SmartWorx Viva 6.16. versiooni välitarkvara, rakendused ja võtmekoodide fail. Allalaaditud failid tuli lisada mälukaardile ning sisestada elektrontahhümeetrisse.

Välitarkvara värskendamiseks valiti elektrontahhümeetri peamenüüs *User – Tools & utilities – Load firmware, Apps*. Avanes aken, kus välitarkvara värskendamiseks tehti nähtavad valikud (joonis 3).



**Joonis 3.** Püsitarkvara värskendamine

Välitarkvara värskendamine algas *OK* vajutamisega ning kestis ligikaudu viis minutit. Joonisel 4 on näha värskendamise protsessi vaade elektrontahhümeetri ekraanil.



**Joonis 4.** Välitarkvara värsekendamise protsess

Seejärel tuli sarnaselt välitarkvara väskendamisele installeerida ka rakendused. Selleks tuli joonisel 3 nähtavas aknas valida *Object to transfer* alt *Apps* ning alustada programmide installeerimisega. Selgus, et välitarkvara värskendamine ja rakenduste installeerimine oli andnud paljudele rakendustele ka prooviaja, mille käigus kasutaja saab katsetada rakenduste toimimist.

Pärast välitarkvara uuendamist ja rakenduste installeerimist tuli elektrontahhümeetrise paigaldada ka võtmekoodid, et kasutada kehtiva litsentsiga rakendusi, mis on näha ka käesoleva töö lisas 1. Võtmekoodide paigaldamiseks tuli elektrontahhümeetri peamenüüst valida *User – Tools & utilities – Load licence keys*, mis rakendas võtmekoodid.

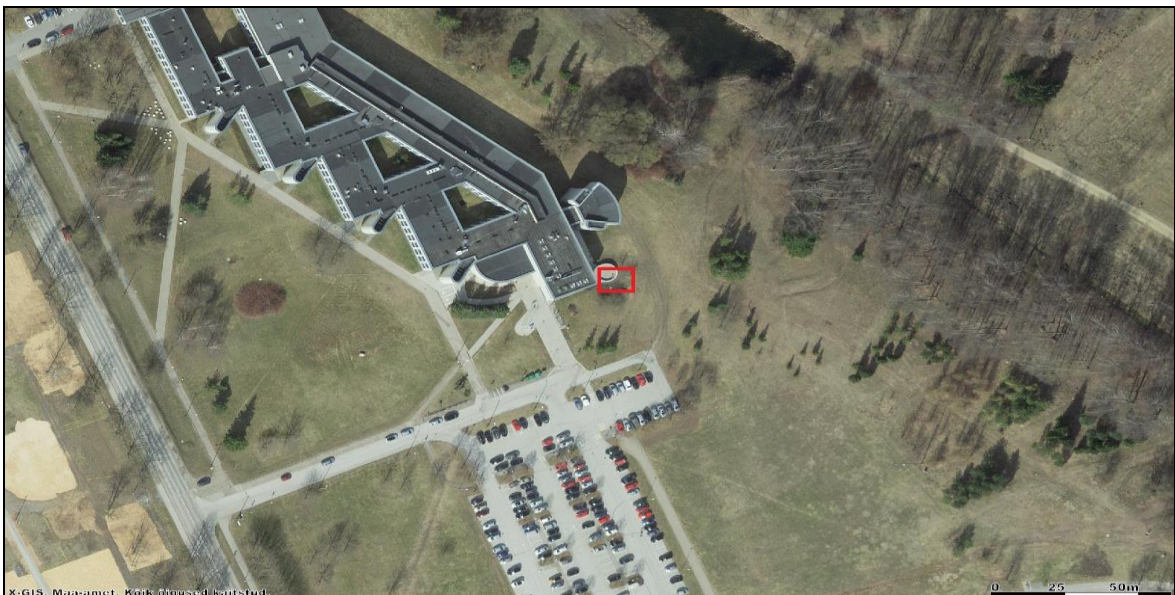
## 2.4. Katsemõõtmise läbiviimine

Katsemõõtmine viidi läbi 16. novembril 2017 aastal ajavahemikus 12.00 – 13.30. Mõõtmiseks kasutati elektrontahhümeetrit Leica Viva TS15. Tööks vajalikud vahendid olid kolm statiivi, kolm treegerit ja kaks prisma. Kasutati Leica statiive, mis on kruvide abil kinnitatavad. Prismad olid samuti firmalt Leica, mudeliks GPT-1 (joonis 5).



**Joonis 5.** Prisma Leica GPT-1

Mõõtmised viidi läbi Eesti Maaülikooli Metsamaja puhkeala piirkonnas (joonis 6).



**Joonis 6.** Monitooringu asukoht Eesti Maaülikooli Metsamaja juures (Maa-ameti Geoportaal 2018)

Antud ala asub transpordivahenditest ja inimeste liikumisalast eemal. Sellega välistati segavad faktroid mõõtmistele. Elektrontahhümeeter oli võimalik püstitada stabiilsele pinnasele tänavakividele (joonis 7).



**Joonis 7.** Elektrontahhümeetri ja statiivide paiknemine

Statiivid paigutati tahhümeetrist 10 meetri kaugusele maapinnale. Kahe statiivi vaheline kaugus oli ligikaudu 3 meetrit. Prisma kõrgus maapinnast oli 1,720 meetrit. Elektrontahhümeetri kõrguseks oli 1,615 meetrit. Üks statiividest vajutati pinnasesse ning teise statiiv jalad jäeti pinnasesse vajutamata (joonis 8).



**Joonis 8.** Statiiv pinnasesse vajutatud (vasakul) ja pinnasesse vajutamata (paremal)

Pinnasesse vajutatud statiiv püstitati geodeetilistele töödele tavakohaselt, vajutades statiivi jalad pinnasesse. Pinnasesse vajutamine on geodeetilistel töödel vajalik selleks, et takistada

geodeetilise seadme kohene ümber kukkumine, mida võib põhjustada kasvõi statiivi vastu komistamine. Pinnasesse vajutamata statiivi puhul olid statiivi jalad vabalt pinnasel, raskuseks vaid statiivi enda raskus koos prismaga.

Ilmastikutingimused olid mõõtmisteks head: sademeteta, tuulevaikne ning päikesepaisteline. Ilmateenistuse andmetel oli Tõravere ilmavaatlusjaamas 16. november 2017 kell 12:

- õhutemperatuur +5 kraadi;
- tuule kiirus 3,4 m/s, puhanguti 8,2 m/s;
- sademeid 0 mm;
- õhurõhk 1017,1 hPa ning
- suhteline õhuniiskus 75 %.

## **2.5. Katsemõõtmise seadistamine rakendusprogrammis Sets of Angles**

Monitooring viidi läbi Leica rakendusprogrammiga *Sets of Angles*, millele ajaliste seadistuste seadistamiseks oli vajalik rakendusprogrammi *TS Monitoring* olemasolu. Rakendusprogramm põhineb nurkade ja kauguste mõõtmisel, mille tulemusena saadakse mõõdistuspunktile igal järgneval mõõtmisel uued koordinaadid.

Oma olemuselt kujutab *Sets of Angles* elektrontahhümeetri sisest lahendust, mille abil on võimalik seadistada:

- poolvõtete arvu ja stiili;
- monitooringu punkti nime;
- prisma kõrguse ja tüübi;
- mõõtmisstiili;
- prismale suunamise;
- nähtavuse mõõdistus keskkonnas ning
- monitooringu kestuse (vajalik *TS Monitoring* rakendusprogramm).

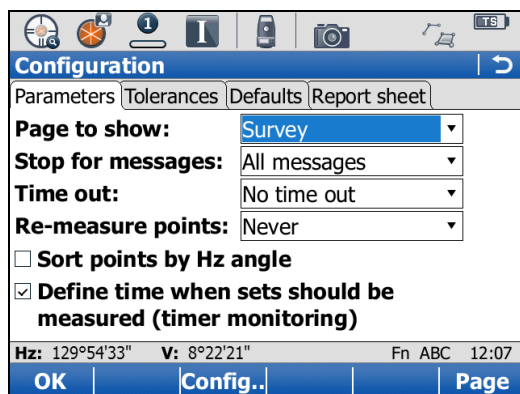
Enne monitooringuga alustamist viidi läbi orienteerimine. Enne orienteerimist ei ole võimalik kasutada rakendusprogrammi. Orienteerimiseks kasutati elektrontahhümeetri sisest programmi *Setup*, kus valiti lõigete meetod (*Resection*). Lähtepunktidenä kasutati koolivõrgu punkte nr. 1504 ja 9522, kuhu oli tahhümeetri juurest tagatud hea nähtavus.

Orienteerimise läbiviimiseks sisestati tahhümeetrise punktide koordinaadid (tabel 1). Mõõtmiseks kasutati „Trimble 360“ ringprismat, millel kõrguseks oli 1,680 meetrit. Tahhümeetri kõrguseks sisestati orienteerimisel 0 meetrit.

**Tabel 1.** Punktide koordinaadid

Punkti nr	X	Y	Z
1504	6475464.440	657631.210	47.345
9522	6475443.740	657634.340	48.363

Kui orienteerimine tehtud, siis peale seda jätkati tööd rakendusprogrammiga *Sets of Angles*. Rakendusprogrammi avamiseks tuli elektrontahhümeetri peamenüüst valida esmalt *Go to Work!*, siis *Survey+* ning *Sets of Angles*. Programmi avanedes tuli määrata nimi punkti grupile. Seejärel tuli muuta monitooringu konfiguratsioone. Selleks tuli vajutada elektrontahhümeetri klaviatuuril *Fn* klahvi ning vajutada *Config...* puutepaneelil. Seejärel avanes aken *Parameters* (joonis 9), kus tuli märkida linnuke käsu ette, mis võimaldab hiljem määrata monitooringu aega. Selle määramata jätmisel võimaldab elektrontahhümeeter mõõta ainult ettemääratud arv kordi. Kuid tehes vastava valiku, siis teostab programm mõõtmisi määratud ajavahemiku ja intervalli jooksul. Ajavahemik ja intervall määratakse seadistusprotsessi käigus.



**Joonis 9.** Ajalise monitooringu sisselülitamine

Konfiguratsioonide all saab *Defaults* aknas seadistada vaikimisi mõõdistuspunkt (joonis 10). Seda otsustati teha töö lihtsustamiseks, kuna töös kasutati kahte monitooringu punkti, millel kasutati kahele monitooritavale punktile identseid seadistusi, prisma tüüpi ja kõrgust.



**Joonis 10.** Monitooringu punkti vaikimisi seadistused

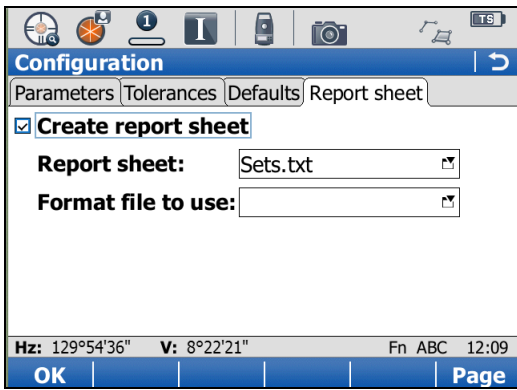
Vaikimisi punkti seadistades on võimalik määrata:

1. *Target height* (monitooringul kasutatava prisma kõrgus maapinnast).
2. *Target* (kasutatava prisma valimine valikmenüüst).
3. *Measure mode* (mõõtmistiili valimine, kus on võimalik valida seitsme erineva mõõdmisstiili vahel).
4. *Target aiming* (prismale suunamise valimine - manuaalne, automaatne või lukustatud suunamine).
5. *Visibility* (võimalus valida, milline on nähtavus monitooringu kestel).

Prisma kõrguseks seati 1,720 meetrit. Prisma valiti GPT1, mis sai endale elektrontahhümeetri mälus olevad konstandid. Mõõdistusstiiliks valiti üksikmõõtmine (*Single*). Prismale suunamise alt määrati lukustatud suunamine (*Automatic*). Nähtavuseks valiti hea (*Good*).

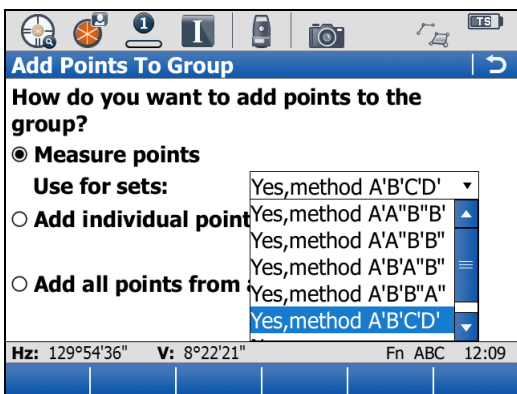
Seejärel avati konfiguratsioonide menüüst *Report sheet*, kus tuli teha valik *Create report sheet* ees (joonis 11). Selle valikuga loob rakendusprogramm pärast monitooringut ülevaate faili.





**Joonis 11.** Ülevaate faili valik

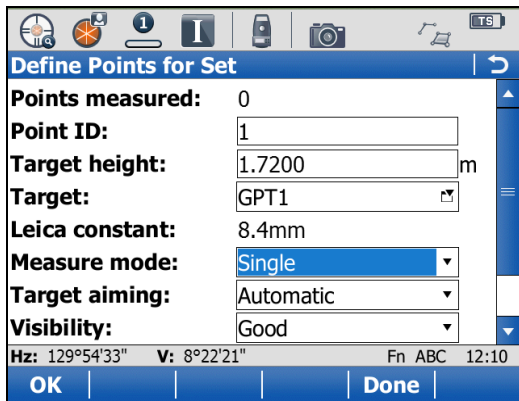
Kui aluskonfiguratsioonid määratud, tuli valida monitooringu poolvõtete meetod. Rakendusprogramm võimaldab mõõtmisi läbi viia, kasutades selleks erinevaid poolvõtete viise (joonis 12).



**Joonis 12.** Poolvõtte meetodi valik

Valitud sai meetod, mis mõõdab igale mõõdistuspunktile ühe poolvõttega.

Peale poolvõtte seadistamist avanes aken (joonis 13), kus sai seadistada mõõdistuseks punkte.



**Joonis 13.** Monitooringu punkti seadistus

Kuna eelnevalt konfiguratsioonide seadistamise all määrati punkti vaikeseadistused, siis avanes aken juba eelseadistatud sätetega. Ainuke muutatus, mis läbi tuli viia, oli punkti nimeks number 1 määramine. Üldiselt on võimalik muuta ka seadistusi ümber vastavalt vajadusele. Kui ei ole võimalik määrata kõikidele monitooringu punktidele identseid seadistusi, siis saab seadistada iga punkti eraldi.

Punkti lõplikuks seadistamiseks vajutati *OK* ning viidi läbi mõõtmise vajutades *Meas*. Selle käsuga tahhümeeter mõõtis ja salvestas punkti. Seejärel avanes taaskord aken monitooringu punktide seadistamiseks, kus sai veel seadistada punkte. Kuna vajalik oli seadistada ka pinnasesse vajutamata statiiv, siis seadistati ka teine monitooringu punkt. Rohkem punkte ei seadistatud ning seejärel kinnitati valikud *Done* vajutamisega.

Seejärel andis programm võimaluse valida, mida teha järgmise etapina. Avanes aken, kus kasutajal on kolm valikut:

1. *Measure sets*. Võimalus asuda monitooringut teostama.
2. *Add more points to the point group*. Võimalik lisada punkti gruppi juurde punkte.
3. *Edit the point group*. Saab teha muudatusi juba seadistatud punktides.

Peale punktide ja parameetrite seadistamist valiti *Measure sets*. Seejärel avanes aken, kus sai seadistada monitooringu algus- ja lõpp kuupäeva ning kellaaja. Samuti tuli seadistada monitooringu intervall (joonis 14).

**Define Monitoring Timer**

Begin date: 16.11.17  
 Begin time: 12:14:00  
 End date: 16.11.17  
 End time: 13:14:00  
 Interval: 000:01:00  
 Measure method: A'B'C'D'

Hz: 129°54'33" V: 8°22'21" Fn ABC 12:12

OK

**Joonis 14.** Monitooringu aja seadistamine

Monitooringu algus ajaks määrati 12.14 ja lõpu ajaks 13.14. Mõõtmise intervalliks määrati 1 minut. Kui soovitud monitooringu aeg sisestatud, tuli vajutada *OK* ning oodata kuni monitooringu protsess on lõppenud. Peale monitooringu lõppu avanes ülevaade tehtud mõõtmistest (joonis 15).

**Measurement Summary**

Point	Compl meas	In tolerance	Compl sets
1	60/60	60/60	60/60
2	60/60	60/60	60/60

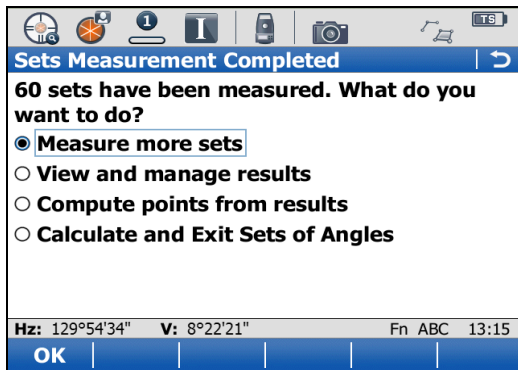
Hz: 129°54'33" V: 8°22'21" Fn ABC 13:15

OK

**Joonis 15.** Ülevaade mõõdistusest

Vajutades *OK*, avaneb järgnev aken nelja valikuga (joonis 16):

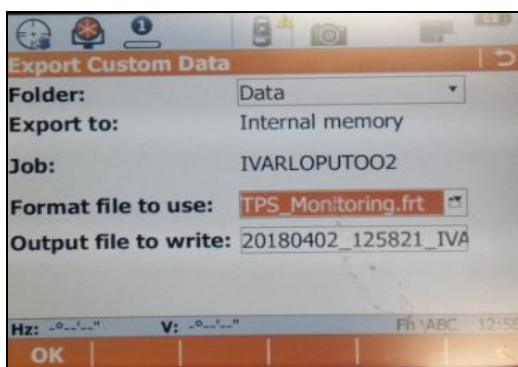
1. *Measure more sets* – võimalik mõõta juurde.
2. *View and manage results* – võimalik vaadata mõõdistatud punktide keskmisi koordinaate ja kõrgust.
3. *Compute points from results* – võimalik arvutada tulemuste põhjal punktid.
4. *Calculate and Exit Sets of Angels* – võimalik monitooringu programm sulgeda.



**Joonis 16.** Monitooringu protsessi lõpu valikud

Valiti *Calculate and Exit Sets of Angles*, millega rakendusprogramm arvutas tulemused ja sulges rakenduse.

Rakendusprogramm mõõdistuse lõppedes kohest aruande fail koostamist ei võimalda. Andmete saamiseks tuli peamenüüs valida *Jobs & Data*, seejärel *Export & Copy Data*. Andmete eksportimiseks on kasutajal valida kuue erineva ekspordi variandi vahel. Valida on võimalik *Export ASCII data*, *Export custom data*, *Export DXF data*, *Export XML data*, *Export with Stylesheet* ja *Export fbk/rw5 data*. Katsetati erinevate võimaluste teel saada loetav fail, kus oleks arusaadavalt kajastatud mõõtmistulemused. Enamasti olid loodud failidest keeruline aru saada, kuna tegemist oli enamasti küljendamata tekstifailidega. Ainuke loetav fail koostati kasutades valikut *Export custom data*. Joonisel 17 on näha valikud, mis tehti tulemuste faili saamiseks.



**Joonis 17.** Andmete ülevõtmine

Andmete ekspordi tulemusena sai hästi loetava txt. faili, mis oli avatav *Notepad-is*. Tekstifailis olid kõik mõõdistatud punktid koos X ja Y koordinaatidega, kõrgusega ja mõõtmisajaga.

## 3. TÖÖ TULEMUSED

### 3.1. Elektrontahhümeetri monitooringu võimaluste analüüs

Monitooringu läbiviimiseks elektrontahhümeetriga Leica Viva TS15 on mitmeid võimalusi. Eesti Maaülikooli geomaatika õppetoolil on 2012. aastast elektrontahhümeeter Leica Viva TS15 koos rakendusprogrammiga *Sets of Angles*. Siiani olid selgusetuks jäänud rakendusprogrammi monitooringu võimalused, litsentseerimise alused ja alternatiivid.

Uuringu tulemusena selgus, et rakendusprogrammi *Sets of Angles* juurde soetatud *TS Monitoring* rakendusprogrammi elektrontahhümeetri menüüs ei kajastu. Lehitsedes elektrontahhümeetri menüüdes ei ole näha rakendusprogrammi *TS Monitoring* asukoht. Selgus, et tegemist on lisaga rakendusprogrammile *Sets of Angles*, mis annab võimaluse mõõtmistele seadistada ajalisi seadistusi. Ajalisi seadistusi saab teostada, kui vajutada elektrontahhümeetril klahvil *FN*, olles rakendusprogrammis *Sets of Angles*. Klahvi abil avaneb rakendusprogrammis *Sets of Angles* vaike seadistuste menüü, kus tuleb märkida linnuke valiku ees (joonis 9), mis annab võimaluse monitooringule seada monitooringu algus- ja lõppaeg ning intervall. Valiku tegemisel aktiveerib see rakendusprogrammile *Sets of Angles* ühe lisaakna ajaliste seadistuste tegemiseks.

Töös tehtud katsemõõtmise käigus sai selgeks, et rakendusprogrammil *Sets of Angles* koos lisa rakendusprogrammiga *TS Monitoring*, on head eeldused monitooringu läbiviimiseks elektrontahhümeetriga Leica Viva TS15. Monitooringu seadistamine on põhjalik, kuid siiski lihtne ja loogiline. Seadistada on võimalik monitooring vastavalt vajadusele. Seadistada saab poolvõtete meetodi, mõõdistuspunktid ja rakendusprogrammi *TS Monitoring* olemasolul ajalised seadistused. Poolvõtete meetodeid on mitmeid, millest kasutaja saab valida enda jaoks sobiva. Mõõdistuspunkti seadistamise juures saab määrata prisma kõrguse ja konstandi, mõõdistamise stiili, sihtmärgile suunamise stiili ja nähtavuse. Ajaliste seadistuste määramine on arusaadav, kuna määrata tuleb vaid monitooringu algus- ja lõppaeg ning mõõtmiste intervall. Monitooringu seadistamise järel toimub monitooringu protsess, kus kasutajal ei tule teha midagi muud kui oodata monitooringu lõppu. Mõõtmistulemuste kohta on koheselt rakendusprogrammis *Sets of Angles* võimalik vaadata

mõõdetud punktide keskmisi koordinaate, kuid statistikat ega graafilist tulemuste kujutamist otse elektrontahhümeetri ekraanil ei võimaldata.

Elektrontahhümeetriga Leica Viva TS15 monitooringu läbi viimiseks leiti veebikeskkonnast alternatiivne lahendus monitooringu läbiviimiseks, milleks on rakendusprogramm *TPS Monitoring*. Eialgu võib segadust valmistada nimi *TPS Monitoring*, mis on sarnane rakendusprogrammi *Sets of Angles* lisale *TS Monitoring*. Uurimisel selgus, et rakendusprogramm on umbes samade võimalustega kui rakendusprogramm *Sets of Angles* koos *TS Monitoring* lisaga. Rakendusprogramm *TPS Monitoring* võimaldab hallata punkti gruppe, seadistada automaatseid seadistusi, eksportida andmeid elektrontahhümeetrist ja luua ühendust veebiteenusega GeoMoS Now! Otseselt katsemõõtmist rakendusprogrammiga *TPS Monitoring* läbi ei viidud, kuna esines prooviversioonist tulenevaid takistusi, seetõttu sai rakendusprogrammiga tutvuda üldiselt.

Elektrontahhümeetri Leica Viva TS15 monitooringut võimaldavate rakendusprogrammide juures on puuduseks see, et ei saa kuvada konkreetset statistikat ja graafilisi vaateid otse elektrontahhümeetri ekraanil. Sellist võimalust ei pakkunud rakendusprogramm *Sets of Angles* koos lisaga *TS Monitoring*, ega ka *TPS Monitoring*. Seega elektrontahhümeeter on eeskätt mõeldud sensoriks ja visualiseerimine käib arvutipõhiste tarkvaradega. Arvutipõhise tarkvarana saab välja tuua tarkvaralahenduse Leica GeoMoS, mis annab võimekuse seadistada, juhtida ja töödelda monitooringu andmeid. Siiski tuleb rõhutada, et ka tarkvaral Leica GeoMoS on puudusi. Eeskätt asjaolu, et see on mõeldud pikemate uuringute jaoks. Pideval liikumisel ühelt monitooringu objektilt teisele tuleb teha pidevaid ümberseadistusi. Kuna Leica GeoMoS tarkvara Eesti Maaülikooli geomaatika õppetoolil ei ole, siis sellega tööd teha ei saanud.

### **3.2. Statiivide monitooringu analüüs**

Katsemõõtmistel tehti monitooring kahele statiivile, millest üks oli pinnasesse vajutatud ning teine pinnasesse vajutamata. Monitooring viidi läbi ühe tunni jooksul ja selle käigus saadi 120 mõõdistatud punkti, millest 60 ühele ja 60 teisele statiivile. Mõõtmistulemuste ristkoordinaadid on L-EST97 koordinaatsüsteemis ja kõrgused BK 77 kõrgussüsteemis. Monitooringu tulemusena saadud kahe statiivi koordinaadid on sorteeritud eraldi ning välja toodud töö lisades 2 ja 3.

Mõõtmistulemuste põhjal on leitud mõlema statiivi koordinaatide aritmeetilised keskmised (tabel 2).

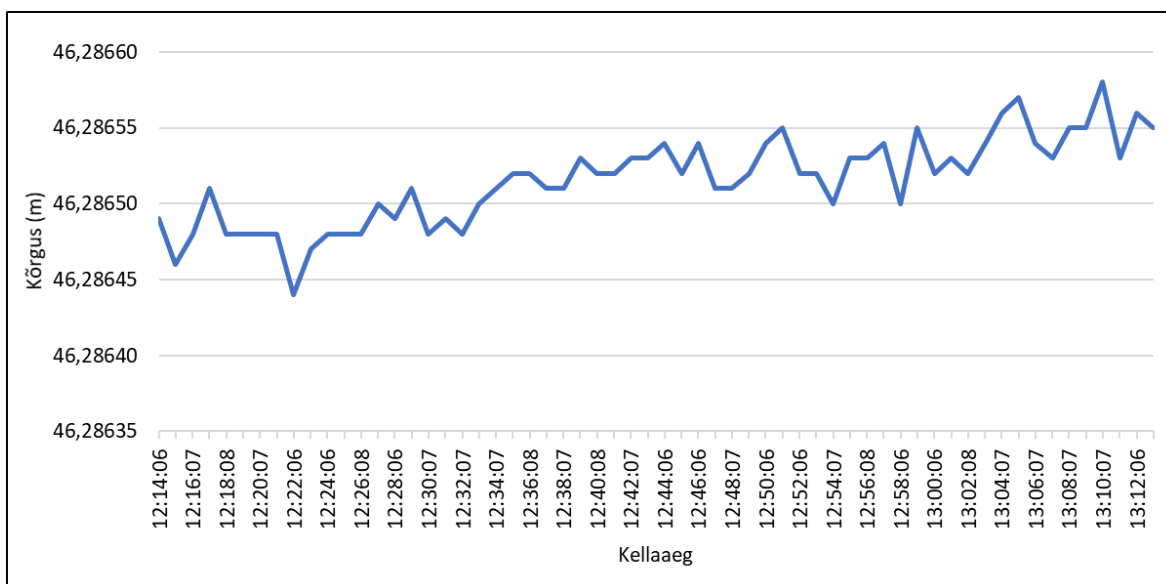
**Tabel 2.** Arvutatud aritmeetilised keskmised koordinaadid statiividele

Statiivi asend	X (m)	Y (m)	Z (m)
Pinnasse vajutatud	6475477,7867	657626,1439	46,28652
Pinnase pealne	6475474,2323	657625,7980	46,51429

Aritmeetilisest keskmisest koordinaadist on arvutatud iga mõõtmise erinevus aritmeetilisest keskmisest. Arvutuseks lahutati aritmeetilisest keskmisest mõõdetud koordinaadid. Andmete analüüsimiseks on kasutatud kontoritarkvara Microsoft Excel, millega on andmed töödeldud ning visualiseeritud.

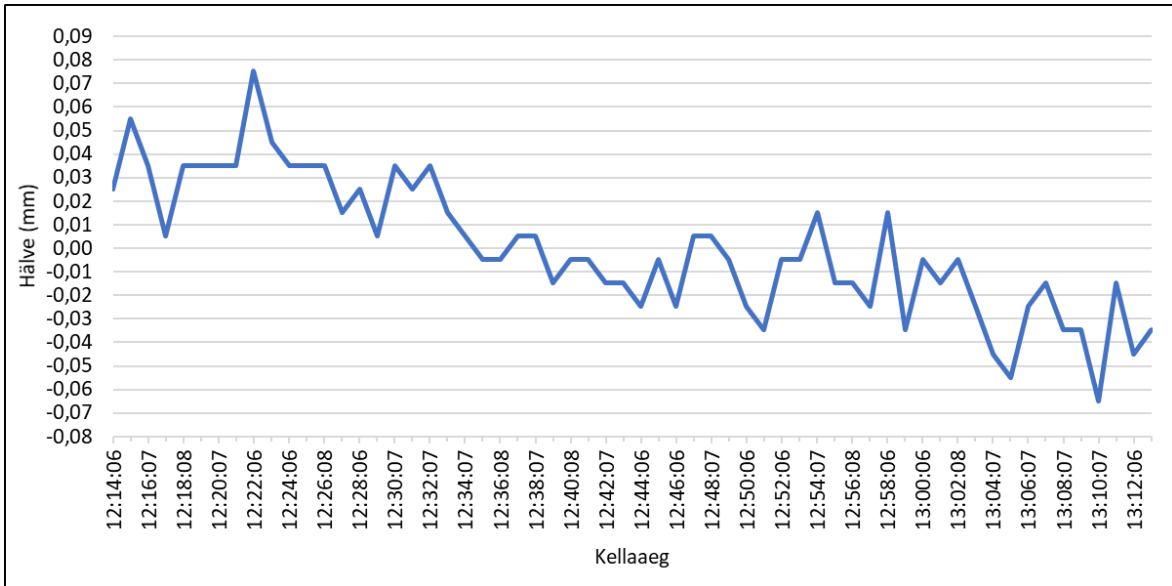
### 3.2.1. Pinnasesse vajutatud statiiv

Pinnasesse vajutatud statiivi kõrguse muutumist jälgides on näha, et statiiv on hakanud maapinna seest ülespoole tõusma (joonis 18).



**Joonis 18.** Pinnasesse vajutatud statiivi kõrguse muutumine monitooringu kestel

Analüüsidest pinnasesse vajutatud statiivi kõrguslikku liikumist hälvete põhjal graafikust (joonis 19), siis aritmeetilisest keskmisest arvutatud hälve jääb vahemikku -0,06 kuni 0,08 millimeetrit.

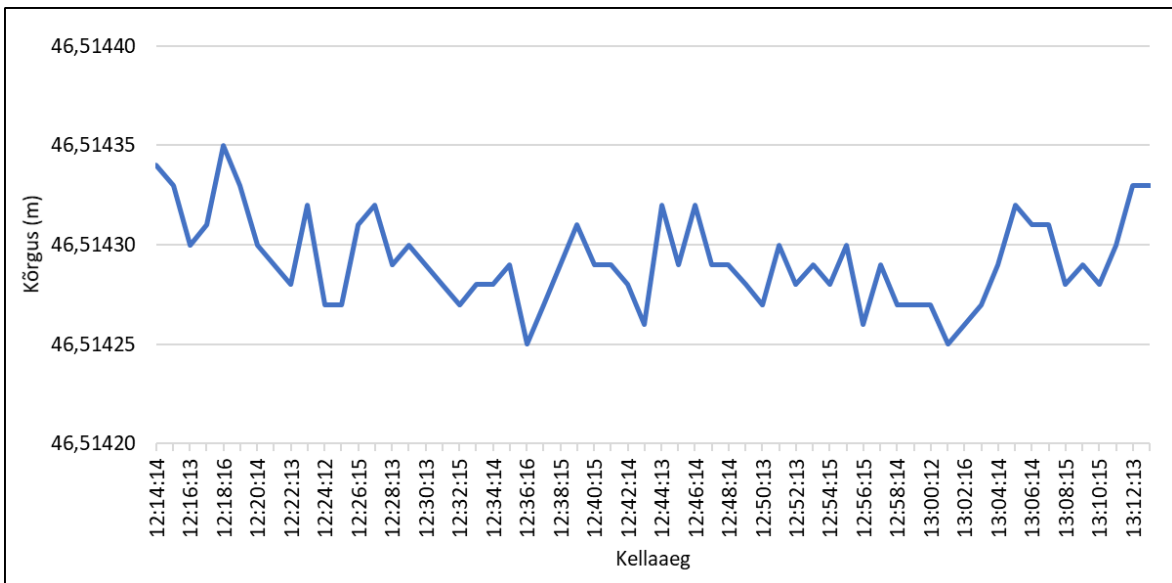


**Joonis 19.** Pinnasesse vajutatud stiiivi kõrguse hälbed aritmeetilisest keskmisest

Seega on kõrguse muutumine minimaalse ja maksimaalse mõõdetud kõrguse vahel 0,14 millimeetrit. Hälve on mõõtmise käigus pidevalt vähenenud.

### 3.2.2. Pinnase pealne stiiiv

Pinnase pealne stiiiv oli kõrguslikult stabiilsem võrreldes pinnasesse vajutatud stiiiviga. Pinnase pealse stiiivi kõrguse muutumine on kujutatud joonisel 20.

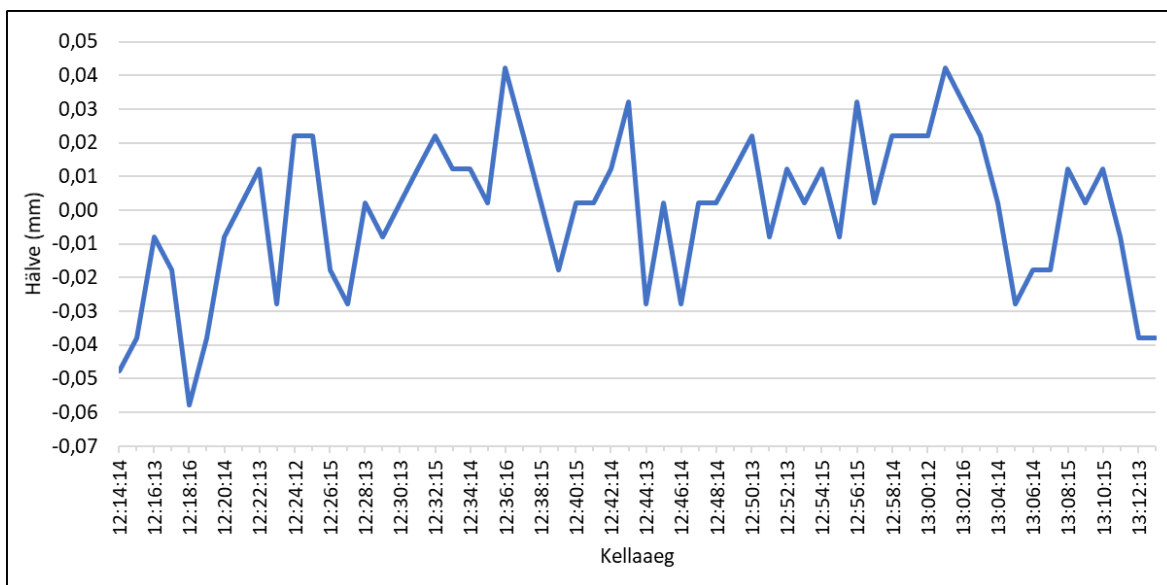


**Joonis 20.** Pinnase pealse stiiivi kõrguse muutumine monitooringu kestel



Vaadates pinnase pealse statiivi kõrguse muutumist, siis on näha mõõtmiste alguses kõrguse väikest langust ning lõpupoole natuke kõrgus kasvab. Üldiselt on pinnase pealne statiiv võrreldes pinnasesse surutud statiiviga kõrguslikult stabiilsem, mida näitab see, et pinnasesse vajutatud statiiv tõusis pidevalt mõõtmiste kestel, kuid pinnase pealne mitte.

Analüüsidest pinnase pealse statiivi kõrgusliku liikumist hälvete põhjal (joonis 21), siis hälve arvatud keskmisest aritmeetilisest jääb vahemikku -0,06 kuni 0,04 millimeetrit.



**Joonis 21.** Pinnase pealse statiivi kõrguse hälbed aritmeetilisest keskmisest

Kõrguse muutumine minimaalse ja maksimaalse mõõdetud kõrguse vahel on 0,1 millimeetrit. Enamasti jäävad mõõtmiste hälbed -0,03 kuni 0,03 millimeetrit, harva on hälbed vähem kui -0,03 või rohkem kui 0,03 millimeetrit.

### 3.2.3. Statiivide monitooringu kokkuvõte

Statiivide monitooringu tulemuse põhjal selgub, et kui statiiv vajutada pinnasesse, siis hakkab statiiv pinnasest üles tõusma. Kuid kui statiiv jätta pinnasele jalgu pinnasesse vajutamata, on statiiv kõrguslikult stabiilsem.

Statiivi pinnasesse vajutades hakkas statiiv üles kerkima. Maksimaalse ja minimaalse kõrguse vahe oli 0,14 millimeetrit. Statiivi kõrguslike hälbeid jälgides esines kalduvus, et hälve muutus stabiilselt 0,08 millimeetrit -0,06 millimeetrit. Statiivi kerkimise peamiseks põhjuseks võib lugeda seda, et maapind surus statiivi pinnasest väljapoole.

Statiiv, mis oli püstitatud jalgu pinnasesse vajutamata, oli monitooringu tulemusel üsna stabiilne. Kõrguse amplituud jäi 0,1 millimeetrini ning hälve aritmeetilisest keskmisest oli -0,06 kuni 0,04 millimeetrit. Tulemustest on näha ka seda, et võrreldes pinnasesse vajutatud statiiviga ei esine kindlat tendentsi, et statiiv liiguks teatavas suunas.

Üldiselt võib tulemuste põhjal väita, et kõrguslikule stabiilsusele statiivi maapinda vajutamine või vajutamata jätmise suurt mõju ei avalda. Kõrguslik amplituud pinnasesse vajutatud statiivil on kuni 0,14 millimeetrit ning pinnasesse vajutamata statiivil kuni 0,1 millimeeter. Kuna töö käigus tuvastati statiividel väga väikesed liikumised, siis need deformatsioonid on igati lubatud ning ei avalda geodeetilistel mõõtmistel silmatorkavat mõju.

Statiivide monitooringust võib järeldada, et suurt mõju kõrguslikule stabiilsusele statiivi pinnasesse vajutamine või vajutamata jätmise ei avalda. Kuigi pinnasesse vajutatud statiiv hakkab pinnasest tõusma, on see tõus siiski väga väike. Statiivi pinnasesse vajutamata jätmisel on statiiv stabiilsem. Selleks, et statiivi fikseerida pinnasel mõõtmisel tuleks siiski eelistada statiivi pinnasesse vajutamist. Seda sellepärast, et see fikseerib statiivi. Samuti väheneb oht, et kui keegi komistab või puudutab statiiv, jääb statiiv suurema tõenäosusega paigale.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli uurida elektrontahhümeetri Leica Viva TS15 võimalusi monitooringu läbiviimiseks. Selleks analüüsiti potentsiaalselt kasutatavaid rakendusprogramme, nende litsentse ja viidi läbi katsemõõtmine.

Elektrontahhümeetriga monitooringu läbi viimiseks on Eesti Maaülikooli geomaatika õppetoolil kasutada rakendusprogramm *Sets of Angles*. Töö käigus sai selgeks, et rakendusprogramm *Sets of Angles* võimaldab monitooringu laiaulatuslikke seadistusi. Võimalik on määrata mõõtmistele poolvõtete meetod, seadistada põhjalikult mõõdistuspunkte ja anda rakendusprogrammi *TS Monitoring* olemasolul mõõtmistele ajalised seadistused. Alternatiivse monitooringu võimalusena leiti veebikeskkonnast Leica myWorld rakendusprogramm *TPS Monitoring*. Selgus, et rakendusprogramm *TPS Monitoring* on sarnane rakendusprogrammide *Sets of Angles* ja *TS Monitoring* lahendusega. Rakendusprogramm *TPS Monitoring* võimaldab hallata punkti gruppe, seadistada automaatseid seadistusi, eksportida andmeid elektrontahhümeetrist ja luua ühendust Leica veebiteenusega GeoMoS Now! Põhjalikumad katsemõõtmist rakendusprogrammiga *TPS Monitoring* läbi ei viidud, kuna esines prooviversioonist tulenevaid takistusi. Töös uuritud rakendusprogrammid graafilist esitust elektrontahhümeetris ei võimalda, selleks tuleb kasutada kõrvalisi töötlus- ja visualiseerimisprogramme.

Rakendusprogrammide *Sets of Angles* ja *TS Monitoring* lahendusega viidi läbi katsemõõtmine, mis põhines statiivi stabiilsuse uurimisel pinnasesse vajutatult ja vajutamata. Statiivide monitooringu tulemuste analüüsimisel selgus, et kui statiiv vajutada pinnasesse, siis hakkab statiiv pinnasest üles tõusma. Statiivi jätmisel pinnasele, on statiiv kõrguslikult stabiilsem. Pinnasesse vajutatud statiivi kõrguse muutumine oli kuni 0,14 millimeetrit, tõustes pidevalt oma alg kõrgusest ülespoole. Seevastu statiiv, mis ei olnud pinnasesse vajutatud oli monitooringu tulemusel üsna stabiilne. Kõrguse amplituud jäi 0,1 millimeetrini ning kindlat tuvastatavat tendentsi võrreldes pinnasesse vajutatud statiiviga ei esinenud. Kinnitust leidis töö sissejuhatuses püstitatud hüpotees, et pinnasesse vajutades tõuseb statiiv üles.

Töö tulemusena sai välja selgitatud monitooringu võimalused elektrontahhümeetriga Leica Viva TS15, milleks uuriti erinevaid rakendusprogramme. Rakendusprogrammide *Sets of Angles* ja *TS Monitoring* lahenduse seadistamise etapid monitooringuks on töös põhjalikult lahti seletatud. See annab juhised monitooringu läbiviimiseks elektrontahhümeetriga Leica Viva TS15. Vajalik oleks jätkata tööd statiivi liikumiste kohta erinevates tingimustes. Magistriastmes tuleks jätkata monitooringu rakenduste uurimist, eriti süsteemi juhtimist personaalarvuti kaudu.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- Chrzanowski, A., Szostak- Chrzanowski, A.** (2009). Deformation Monitoring Surveys – old problems and new solutions. [WWW] [http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-PWAB-0003-0010/c/httpwww\\_rog\\_gik\\_pw\\_edu\\_plphocadownloadnr8710.pdf](http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-PWAB-0003-0010/c/httpwww_rog_gik_pw_edu_plphocadownloadnr8710.pdf) (20.04.2017)
- Du Toit, I.** (2011). Deformation Monitoring Opportunities to Expand Business Horizons. [WWW] [http://africageodownloads.info/137\\_dutoit.pdf](http://africageodownloads.info/137_dutoit.pdf) (18.05.2017)
- Eichhorn, A., Fabiankowitsch, J., Nindl, D.** (2009). Deformation Analysis of Tripods under Static and Dynamic Loads. [WWW] [https://www.fig.net/resources/proceedings/fig\\_proceedings/fig2009/papers/ts08c/ts08c\\_eichhorn\\_et\\_al\\_3208.pdf](https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2009/papers/ts08c/ts08c_eichhorn_et_al_3208.pdf) (29.04.2018)
- Hill, C., Sippel, K.** (2002). Modern Deformation Monitoring: A Multi Sensor Approach. [WWW] [https://www.fig.net/pub/fig\\_2002/Ts6-3/TS6\\_3\\_hill\\_sippel.pdf](https://www.fig.net/pub/fig_2002/Ts6-3/TS6_3_hill_sippel.pdf) (21.04.2017)
- ISO12858: Optics and optical Instruments – Ancillary devices for geodetic instruments – Part 2: Tripods. (1999). ISO Online Browsing Platform. [WWW] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:12858:-2:ed-1:v1:en> (30.04.2018)
- Jason, B., Don, K., Chrzanowski, A., Szostak- Chrzanowski, A.** (2007). Development of a Fully Automated, GPS Based Monitoring System for Disaster Prevention and Emergency Preparedness: PPMS+RT. [WWW] [https://www.researchgate.net/publication/26547368\\_Development\\_of\\_a\\_Fully\\_Automated\\_GPS\\_Based\\_Monitoring\\_System\\_for\\_Disaster\\_Prevention\\_and\\_Emergency\\_Preparedness\\_PPMSRT](https://www.researchgate.net/publication/26547368_Development_of_a_Fully_Automated_GPS_Based_Monitoring_System_for_Disaster_Prevention_and_Emergency_Preparedness_PPMSRT) (05.05.2018)
- Kala, V.** (2008). Ehitusgeodeesia. Tallinn: OÜ Infotrükk. 271 lk.
- Leica deformation monitoring brochure. (2009). Leica Geosystems. [WWW] [https://leica-geosystems.com/-/media/files/leicageosystems/products/brochures/leica\\_deformation\\_monitoring\\_bro.ashx?la=en](https://leica-geosystems.com/-/media/files/leicageosystems/products/brochures/leica_deformation_monitoring_bro.ashx?la=en) (11.05.2018)
- Leica GeoMoS brochure. (2015). Leica Geosystems. [WWW] [https://leica-geosystems.com/-/media/files/leicageosystems/products/brochures/leica\\_geomos\\_bro.ashx?la=en](https://leica-geosystems.com/-/media/files/leicageosystems/products/brochures/leica_geomos_bro.ashx?la=en) (10.05.2018)
- Leica GNSS Spider brochure. (2010). Leica Geosystems. [WWW] [https://leica-geosystems.com/-/media/files/leicageosystems/products/brochures/leica\\_gnss\\_spider\\_bro.ashx?la=en](https://leica-geosystems.com/-/media/files/leicageosystems/products/brochures/leica_gnss_spider_bro.ashx?la=en) (11.05.2018)
- Leica myWorld. (s.a.). Leica Geosystems. [WWW] <https://myworld.leica-geosystems.com/irj/portal> (03.05.2018)

- Leica SpiderQC GNSS Data Analysis Software. (s.a). Leica Geosystems. [WWW] <https://leica-geosystems.com/products/gnss-reference-networks/software/leica-spiderqc> (11.05.2018)
- Leica TS15 user manual. (s.a). Leica Geosystems. [WWW] <http://surveyequipment.com/assets/index/download/id/844/> (11.09.2018)
- Leica Viva TS15 Datasheet. (2010). Leica Geosystems. [WWW] [http://www.leica-geosystems.co.jp/downloads123/zz/tps/Viva%20TS15/brochures-datasheet/Leica%20Viva%20TS15%20Datasheet\\_us.pdf](http://www.leica-geosystems.co.jp/downloads123/zz/tps/Viva%20TS15/brochures-datasheet/Leica%20Viva%20TS15%20Datasheet_us.pdf) (10.09.2017)
- Leica Viva TS15 Equipment List. (2011). Leica Geosystems. [WWW] <http://www.ivaleon.ee/wp-content/pildid/Leica-Viva-TS15-varustuse-loetelu.pdf> (02.05.2018)
- Lienhart, W., Ehrhart, M., Grick, M.** (2017). High Frequent Total Station Measurements for the Monitoring of Bridge Vibrations. [WWW] [https://www.fig.net/resources/proceedings/2016/2016\\_03\\_jisdms\\_pdf/nonreviewed/JISDM\\_2016\\_submission\\_18.pdf](https://www.fig.net/resources/proceedings/2016/2016_03_jisdms_pdf/nonreviewed/JISDM_2016_submission_18.pdf) (11.05.2018)
- Maa-ameti Geoportaal. (s.a). Maa-amet. [WWW] <https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis> (06.01.2018)
- Randjärv, J., Ilves, E., Jürgenson, H.** (1998). Geodeesia II osa. Tartu: OÜ Vali Press. 289 lk.
- Rutschmann, M.** (2016) The latest innovations from Leica GeoMoS. [WWW] [https://leica-geosystems.com/-/media/files/leicageosystems/about\\_us/events/intergeo2016/3\\_michael%20rutschmann\\_intergeo\\_monitoring.ashx](https://leica-geosystems.com/-/media/files/leicageosystems/about_us/events/intergeo2016/3_michael%20rutschmann_intergeo_monitoring.ashx) (05.05.2018)
- Tripod. (s.a). Leica Geosystems. [WWW] <https://leica-geosystems.com/products/levels/accessories/tripods> (29.04.2018)
- Wagner, A.** (2017). New Geodetic Monitoring Approaches using Image Assisted Total Stations. [WWW] [https://www.researchgate.net/publication/316716572\\_New\\_Geodetic\\_Monitoring\\_Approaches\\_using\\_Image\\_Assisted\\_Total\\_Stations](https://www.researchgate.net/publication/316716572_New_Geodetic_Monitoring_Approaches_using_Image_Assisted_Total_Stations) (26.04.2018)

# MONITORING SOLUTIONS ANALYSIS OF TOTAL STATION LEICA VIVA TS15

## Summary

The aim of this Bachelor's thesis was to research about total station Leica Viva TS15 options to carry out monitoring. Then were analyzed applications that could potentially be used, their licenses and were carried out test measurements.

Estonian University of Life Sciences has a application Sets of Angles for the purpose of monitoring with total station. During the work it became clear that the application Sets of Angles enables a wider variety of settings for monitoring. It is possible to set measurement to method and define precisely points and with the programm TS Monitoring it is possible to have timed settings during the measurements. An alternative way to monitor was found from the web and it is called Leica myWorld program TPS Monitoring. It turned out that the programm TPS Monitoring is similar to programs such as Sets of Angles and TS Monitoring. The programm TPS Monitoring enables one to manage diferent point groups and set up automatic settings, export data from total station and connect with Leica web service GeoMoS Now! A more in depth test measurement wasnt carried out with TPS Monitoring because the test version caused some issues. The applications dont have provide graphics, for that it is necessary to use other programs outside of the total station.

Using the applications Sets of Angles and TS Monitoring solution were carried out test measurements which was based on research of the tripods stability when tripod pressed into the soil or not. The analysis of tripod monitoring results revealed that when tripod is pushed into the soil then the tripod starts rising up from the soil. When tripod is not pushed into the soil, then the tripod is quite stable. The height of the tripod which was pressed into the soil changed to 0.14 millimeters. By contrast, a tripod which was not pressed into the soil was quite stable due to the monitoring. The height amplitude of the tripod which was not pressed into the soil changed to 0.1 millimeters. There was no definite detectable tendency compared to a tripod which were pressed into the soil. The hypothesis in the introduction to the work confirmed that the tripod climbs up when the soil is pressed.

In conclusion the possibilities with different applications during monitoring with total station Leica Viva TS15 became clearer. Applications Sets of Angles and TS Monitoring solution have been described in depth of this thesis which is certainly helpful for those who need to carry out any kind of monitoring with total station Leica Viva TS15. It is necessary to continue work on tripods movement in different conditions. The Master's thesis should be continued to carry out monitoring applications, in particular the management of the system through a personal computer.



**LISAD**

# Lisa 1. Leica Viva TS15 A ülevaade Leica myWorld keskkonnas

## General

	Product	TS15 A 3" R400, total station with ATR	Article No.:	780846
	My Reference:	EMU <input type="button" value="Save"/>	Delivery Date:	07.12.2012
	Serial No.:	1618939	Equipment No.:	5145612
	Warranty Start	07.12.2012	Warranty End:	06.12.2013

## Hardware

Automatic Target Aiming: EDM:	Automatic Target Aiming PinPoint (R30) R400	Angle Accuracy: Guide Light:	3" Guide Light
PowerSearch:	No PowerSearch	Wide Angle Camera:	No Wide Angle Camera
Motorisation:	Motorisation	Laser Guide:	No Laser Guide
Hotshoe:	Hotshoe	2nd Keyboard:	No keyboard
Arctic Proof:	No Arctic Proof		

## Software

Version:	4.51.3131 <input type="button" value="Save"/>	Language:	Estonian <input type="button" value="v"/>
SW Maint. End:	08.11.2018	Key:	30P7JA2UVDD0KX9
Language Operating System:	EN		


## Licensing

SmartWorx Viva	SmartWorx Viva Full	Key:	3312T86EXZY0NH5
GS08 Time limited:	Unlimited	Key:	31J8GC3T7BT16KDF2DOTN
GS08 Purchase Mode:	Time limited	Key:	35RUBO8VFRY0NH5
GS08 RTK No area limitation:	Yes	Key:	35BULG2QHBW05L1
GS12 Purchase Mode:	Time limited	Key:	329SBJ4XKF20NH5
GS12 Time limited:	Unlimited	Key:	364O6X7D10916KDF2DOTN
GS12 RTK No area limitation:	Yes	Key:	35RU7T2408S05L1

## Applications

781323	SmartWorx Viva TS Ref. Plane & Grid Scan	Key:	336ML79LKA20PIG
781333	SmartWorx Viva TS Traverse app.	Key:	336ML79LP1R03FF
781334	Viva TS Sets of Angles	Key:	336ML79MNYJ0OLG
781336	SmartWorx Viva TS Monitoring app.	Key:	336ML79M3KS12EJ

## Customer Care Package

	CCP:	1 yr Viva TPS (TS15) D.P. Basic CCP	Article No.:	6004944
	Contract No.:	40266751	Status:	Valid
	CCP Start:	08.11.2017	CCP End:	07.11.2018

## Included Subcontracts

5303670	1 yr TS11/15 SmartWorx SW Maint.	Start Date:	08.11.2017	End Date:	07.11.2018
5303694	1 yr Viva TPS Distr. Partner Support	Start Date:	08.11.2017	End Date:	07.11.2018
5303081	1 yr SmartWorx Distr. Partner Support	Start Date:	08.11.2017	End Date:	07.11.2018

## Lisa 2. Pinnasesse vajutatud statiivi mõõtmistulemused

X (m)	Y (m)	Z (m)	Aeg
6475477,7866	657626,1441	46,28649	12:14:06
6475477,7867	657626,144	46,28646	12:15:08
6475477,7866	657626,1441	46,28648	12:16:07
6475477,7866	657626,144	46,28651	12:17:07
6475477,7867	657626,1439	46,28648	12:18:08
6475477,7867	657626,144	46,28648	12:19:07
6475477,7869	657626,1439	46,28648	12:20:07
6475477,7867	657626,144	46,28648	12:21:06
6475477,7868	657626,1438	46,28644	12:22:06
6475477,7868	657626,1438	46,28647	12:23:07
6475477,7867	657626,144	46,28648	12:24:06
6475477,7868	657626,144	46,28648	12:25:06
6475477,7867	657626,144	46,28648	12:26:08
6475477,7868	657626,1439	46,2865	12:27:06
6475477,7867	657626,1439	46,28649	12:28:06
6475477,7868	657626,1439	46,28651	12:29:07
6475477,7868	657626,1439	46,28648	12:30:07
6475477,7868	657626,1439	46,28649	12:31:08
6475477,7866	657626,144	46,28648	12:32:07
6475477,7868	657626,1439	46,2865	12:33:06
6475477,7868	657626,1439	46,28651	12:34:07
6475477,7867	657626,144	46,28652	12:35:08
6475477,7867	657626,144	46,28652	12:36:08
6475477,7867	657626,1439	46,28651	12:37:07
6475477,7867	657626,1439	46,28651	12:38:07
6475477,7866	657626,144	46,28653	12:39:06
6475477,7867	657626,144	46,28652	12:40:08
6475477,7866	657626,144	46,28652	12:41:07
6475477,7867	657626,1439	46,28653	12:42:07
6475477,7867	657626,1439	46,28653	12:43:08

6475477,7867	657626,1439	46,28654	12:44:06
6475477,7865	657626,144	46,28652	12:45:08
6475477,7866	657626,1439	46,28654	12:46:06
6475477,7868	657626,1438	46,28651	12:47:08
6475477,7866	657626,1439	46,28651	12:48:07
6475477,7867	657626,1438	46,28652	12:49:07
6475477,7865	657626,1439	46,28654	12:50:06
6475477,7866	657626,1439	46,28655	12:51:07
6475477,7867	657626,1439	46,28652	12:52:06
6475477,7867	657626,1439	46,28652	12:53:07
6475477,7866	657626,1439	46,2865	12:54:07
6475477,7867	657626,1439	46,28653	12:55:06
6475477,7866	657626,1439	46,28653	12:56:08
6475477,7867	657626,1439	46,28654	12:57:07
6475477,7868	657626,1438	46,2865	12:58:06
6475477,7866	657626,1439	46,28655	12:59:08
6475477,7868	657626,1438	46,28652	13:00:06
6475477,7868	657626,1438	46,28653	13:01:06
6475477,7867	657626,1439	46,28652	13:02:08
6475477,7867	657626,1439	46,28654	13:03:07
6475477,7867	657626,1439	46,28656	13:04:07
6475477,7868	657626,1438	46,28657	13:05:06
6475477,7868	657626,1438	46,28654	13:06:07
6475477,7869	657626,1438	46,28653	13:07:08
6475477,7866	657626,1439	46,28655	13:08:07
6475477,7868	657626,1438	46,28655	13:09:07
6475477,7866	657626,144	46,28658	13:10:07
6475477,7869	657626,1437	46,28653	13:11:07
6475477,7867	657626,1439	46,28656	13:12:06
6475477,7868	657626,1439	46,28655	13:13:06

### Lisa 3. Pinnase pealse statiivi mõõtmistulemused

X (m)	Y (m)	Z (m)	Aeg
6475474,2321	657625,7982	46,51434	12:14:14
6475474,2321	657625,7981	46,51433	12:15:15
6475474,2323	657625,7981	46,5143	12:16:13
6475474,2322	657625,7981	46,51431	12:17:13
6475474,2321	657625,7981	46,51435	12:18:16
6475474,2321	657625,7981	46,51433	12:19:15
6475474,2323	657625,798	46,5143	12:20:14
6475474,2322	657625,7981	46,51429	12:21:12
6475474,2322	657625,7981	46,51428	12:22:13
6475474,2321	657625,7981	46,51432	12:23:14
6475474,2324	657625,798	46,51427	12:24:12
6475474,2323	657625,798	46,51427	12:25:13
6475474,2322	657625,7981	46,51431	12:26:15
6475474,2323	657625,798	46,51432	12:27:13
6475474,2324	657625,798	46,51429	12:28:13
6475474,2322	657625,798	46,5143	12:29:13
6475474,2322	657625,798	46,51429	12:30:13
6475474,2324	657625,798	46,51428	12:31:15
6475474,2322	657625,798	46,51427	12:32:15
6475474,2325	657625,7979	46,51428	12:33:13
6475474,2325	657625,7979	46,51428	12:34:14
6475474,2322	657625,798	46,51429	12:35:15
6475474,2324	657625,798	46,51425	12:36:16
6475474,2323	657625,798	46,51427	12:37:14
6475474,2321	657625,798	46,51429	12:38:15
6475474,2321	657625,798	46,51431	12:39:14
6475474,2320	657625,798	46,51429	12:40:15
6475474,2323	657625,798	46,51429	12:41:13
6475474,2323	657625,798	46,51428	12:42:14
6475474,2323	657625,798	46,51426	12:43:14

6475474,2321	657625,798	46,51432	12:44:13
6475474,2321	657625,798	46,51429	12:45:15
6475474,2324	657625,7979	46,51432	12:46:14
6475474,2324	657625,7979	46,51429	12:47:15
6475474,2323	657625,7979	46,51429	12:48:14
6475474,2323	657625,7979	46,51428	12:49:14
6475474,2324	657625,7979	46,51427	12:50:13
6475474,2322	657625,798	46,5143	12:51:14
6475474,2322	657625,7979	46,51428	12:52:13
6475474,2321	657625,798	46,51429	12:53:15
6475474,2322	657625,798	46,51428	12:54:15
6475474,2321	657625,798	46,5143	12:55:13
6475474,2323	657625,7979	46,51426	12:56:15
6475474,2324	657625,7979	46,51429	12:57:14
6475474,2324	657625,7979	46,51427	12:58:14
6475474,2324	657625,7979	46,51427	12:59:14
6475474,2324	657625,7979	46,51427	13:00:12
6475474,2326	657625,7978	46,51425	13:01:13
6475474,2324	657625,7979	46,51426	13:02:16
6475474,2323	657625,7979	46,51427	13:03:15
6475474,2324	657625,7979	46,51429	13:04:14
6475474,2322	657625,798	46,51432	13:05:14
6475474,2324	657625,798	46,51431	13:06:14
6475474,2322	657625,798	46,51431	13:07:15
6475474,2325	657625,7979	46,51428	13:08:15
6475474,2325	657625,7979	46,51429	13:09:14
6475474,2323	657625,798	46,51428	13:10:15
6475474,2322	657625,798	46,5143	13:11:14
6475474,2323	657625,798	46,51433	13:12:13
6475474,2322	657625,798	46,51433	13:13:14

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks  
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, \_\_\_\_\_,  
(*autori nimi*)

sünniaeg \_\_\_\_\_,

1. annan Eesti Maailikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendajad on \_\_\_\_\_,  
(*juhendaja(te) nimi*)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_  
(*allkiri*)

Tartu, \_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

\_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)

\_\_\_\_\_  
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

\_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)