

Liina Ehrenpreis

HOONETE MÕÕDISTAMINE SÕJATEHASE „ARSENAL“ NÄITEL

LÕPUTÖÖ

**Ehitusteaduskond
Rakendusgeodeesia eriala**

Tallinn 2014

Tõendan, et lõputöö on minu, Liina Ehrenpreisi kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja loome- ja teadustööde seisukohad on viidatud.

Lõputöö koostamine, kaitsmine ja selles sisalduv informatsioon on *prima facie* õppeotstarbeline ja töö on kaitstud autoriõiguse seadusega, mille kohaselt on autoril töö suhtes mittevoralised õigused.

Juhul, kui seda lõputööd kasutatakse muudel põhjustel kui reprodutseerimine õppe- ja teaduslikel eesmärkidel, mis ei ole ajendatud ärilistest huvidest, siis laienevad lõputöö autorile lisaks mittevoralistele õigustele ka voralised õigused.

Lõputöö autor: L. Ehrenpreis
(allkiri ja kuupäev)

Üliõpilase kood 100820266

Õpperühm GI-81

Lõputöö vastab ülesandele ja kehtivatele nõuetele.

Juhendajad: R. Ranne
(allkiri ja kuupäev)

R. Valgepea
(allkiri ja kuupäev)

Kaitmisele lubatud “.....” 2014 a

Ehitusteaduskonna dekaan

Martti Kiisa
(allkiri)



Ehitusteaduskond

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Diplomand: Liina Ehrenpreis

Üliõpilase kood: 100820266

Õpperühm: GI-81

Eriala: Rakendusgeodeesia (kood 1824)

Lõputöö teema: **Hoonete mõõdistamine sõjatehase „Arsenal“ näitel**

Lähteandmed töö koostamiseks:

1. Töö lähteülesanne.

Töö koosseis, lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

1. Anda ülevaade hoonete mõõdistamise vajalikkusest, ettevalmistusprotsessist ning töös kasutatud instrumentidest ja nende tehnilistest näitajatest.
2. Kirjeldada hoone mõõdistamise klassikalisi meetodeid ning mõõdistuse erinevaid etappe ja nõudeid.
3. Käsitleda vastulõikega instrumendi orienteerimist ning prismata tahhümeetrist mõõdistamist.
4. Kirjeldada hoone mõõdistamise protsessi ning sellele järgnenud andmetöötlust konkreetsete hoonete näitel.

Seletuskirja ning graafilise materjali sisu ja maht:

Seletuskiri peab kajastama lahendamisele kuuluvaid küsimusi, maht ca 40 lk. Töö graafilise materjali moodustavad: joonised, fotod, lõiked, plaanid.

Seletuskiri peab olema trükitud kas masinkirjas või arvutil.
Joonised vormistada kas käsitsi või arvutil.

Lõputöö juhendaja: R. Ranne
(nimi) (allkiri) (kuupäev)

Lõputöö juhendaja: R. Valgepea
(nimi) (allkiri) (kuupäev)

Diplomand:
(nimi) (allkiri) (kuupäev)

Kinnitan ülesande: Martti Kiisa.....
Ehitusteaduskonna dekaan (allkiri) (kuupäev)

Lõputöö ülesanne antud: 05. detsember 2014 a.

Lõputöö esitamise tähtaeg: 08. mai 2014 a.

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	6
1. HOONETE MÕÕDISTAMINE.....	8
1.1. Hoone mõõdistamise vajalikkus.....	8
1.2. Ettevalmistus	9
1.3. Kasutatud instrumendid.....	9
1.3.1. Elektrontahhümeeter Trimble 5503 DR Total Station Series.....	10
1.3.2. Trimble Zeiss Elta paneel.....	11
1.3.3. Leica DISTO A3	12
1.4. Klassikaline lähenemine.....	12
1.4.1. Mõõdistuskäik	12
1.4.2. Nivelleerimine	14
1.4.3. Situatsiooni mõõdistamine	15
1.4.4. Fassaadi mõõdistamine.....	17
1.4.5. Plaanid.....	18
1.4.6. Lõiked.....	19
1.5. Vabajaam e vastulõige.....	19
1.6. Prismata tahhümeetriline mõõdistamine	20
2. ARSENALI HOONETE MÕÕDISTUS	21
2.1. Töö lähteülesanne.....	21
2.2. Asukoht ning objekti kirjeldus	22
2.3. Ettevalmistus	23
2.4. Mõõdistuspõhis Tööstuse 71 hoone näitel	24
2.5. Sidumine riikliku kõrgussüsteemiga	27
2.6. Hoone ja ruumide mõõdistamine.....	27
2.7. Mõõdistamine disto ja mõõdulindiga	29
2.8. Plaanide koostamine.....	30
2.9. Lõiked.....	31
2.10. Hoone välisgabariitide mõõdistamine	32
2.11. Tekkinud probleemid	33

KOKKUVÕTE.....	35
SUMMARY	36
VIIDATUD ALLIKAD.....	37
LISA 1. Erika tn 4 I korruse plaan	39
LISA 2. Erika tn 4 II korruse plaan	40
LISA 3. Erika tn 4 III korruse plaan.....	41
LISA 4. Erika tn 4 hoone ristlõiked	42
LISA 5. Erika tn 4 hoone pikilõige	43
LISA 6. Tööstuse tn 71 I korruse plaan.....	44
LISA 7. Tööstuse tn 71 II korruse plaan	45
LISA 8. Tööstuse tn 71 hoone ristlõige.....	46
LISA 9. Tööstuse tn 71 hoone pikilõige.....	47
LISA 10. Tööstuse tn 71A I korruse plaan.....	48
LISA 11. Tööstuse tn 71A hoone ristlõige.....	49
LISA 12. Tööstuse tn 71A hoone pikilõige A-A.....	50
LISA 13. Tööstuse tn 71A hoone pikilõige B-B	51

SISSEJUHATUS

Oleme jõudnud aega, kus ehituses on hakatud uute hoonete ehitamise kõrval suuremat tähelepanu pöörama vanade hoonete renoveerimisele ja ümberehitamisele. Püüeldakse rohkem energiasäästlike lahenduste poole ning propageeritakse säästvat renoveerimist [1]¹.

Et saada täpne ülevaade hoonest, on vaja võimalikult detailselt infot olemasoleva olukorra kohta. Paraku paljudel vanematel hoonetel on mõnikord olemas vaid paberikandjal plaanid, millelt pole võimalik saada piisava detailsusega infot. Raske on kindlaks teha, kas paberil kajastuv vastab tegelikkusele ning milliste meetoditega see kaante vahele on saanud. See on vaid üks põhjustest, mille pärast vajatakse vande plaanide kõrvale tegelikkusele vastavaid digitaliseeritud plaane. Digitaalsed plaanid on aluseks näiteks renoveerimis- või ümberehitusprojektidele.

Hoonete mõõdistamiseks võib kasutada erinevaid meetodeid ning instrumente sõltuvalt sellest, mis on mõõdistamise eesmärk. Paljudele uuematele tahhümeetritele on lisatud laserkaugusmõõtja, mis võimaldab prismata mõõtmist. Sellist mõõdistamist on hakatud aina rohkem kasutama, kuid oma uudsuse tõttu pole prismata tahhümeetriline mõõdistamine kirjanduses veel eriti palju kajastamist leidnud.

Käesolevas töös on kasutatud peamiselt ilma prismata tahhümeetrilist mõõdistamist ning distoga mõõdistust.

Töö esimeses pooles antakse ülevaade hoone mõõdistamise vajalikkusest, ettevalmistusprotsessist ning töös kasutatud instrumentidest. Kirjeldatakse klassikalisi hoonemõõdistuse tegemise võimalusi ning mõõdistuse erinevaid etappe ja nõuded. Lisaks käsitletakse vabajaama ehk vastulõikega instrumendi orienteerimist ning ilma prismata tahhümeetrilist mõõdistamist. Tuuakse välja erinevate meetodite eelised ning puudused.

¹ Säästev renoveerimine – vana maja kohandamine uueks kasutuseks maksimaalselt säilitades seal peituvat substantssi, arvesse võttes ja rakendades vanas majas peidus olevaid väärtusi ja võimalusi.

Töö teises pooles kirjeldatakse hoone mõõdistamise protsessi 20. sajandi esimeses pooles ehitatud sõjatööstuse hoonete näitel. Antakse lühike ülevaade töö lähteülesandest, mõõdistatud hoonetest, ettevalmistusprotsessist ning mõõdistuspõhisest. Kirjeldatakse detailsemalt töös kasutatud ruumide ning hoone välisgabariitide mõõdistamise tehnoloogiat ning põhjendatakse töö teostamise meetodite valikuid. Samuti kajastatakse mõõtmistele järgnenud andmetöötlust ning räägitakse töös ette tulnud üldistest probleemidest.

1. HOONETE MÕÕDISTAMINE

1.1. Hoone mõõdistamise vajalikkus

Hooneid on vaja mõõdistada mitmetel eesmärkidel ning erinevate andmete saamiseks sõltuvalt tellija poolsetest nõuetest. Mõõdistamistulemusi saab kasutada [2, p. 3]:

- 1) mitmesuguste otsuste aluseks;
- 2) arhitektuuriliseks projekteerimiseks;
- 3) ehitusprojekteerimiseks (hoonete renoveerimine, seadustamine);
- 4) kasutusloa saamiseks;
- 5) kontrollmõõdistamiseks;
- 6) vananenud või olukorrale mittevastavate plaanide uuendamiseks;
- 7) sisekujunduseks;
- 8) kinnistu haldamiseks jne.

Kõige suurem vajadus hoone mõõdistamise järgi tekib siis, kui hoonet hakatakse renoveerima, laiendada või ümber ehitama. Paljudel vanematel hoonetel on mõnikord plaanid vaid paberil või puuduvad üldse, kuid arhitektuurne- ning ehituslik projekteerimine nõuab täpseid alusplaane digitaalsel kujul.

Vastavalt tellijapoolsetele soovidele võivad mõõdistamistulemused olla väga erinevad. Mõnikord piisab hoone põhiplaanidest, kus on olemas peamised mõõdud, mis on saadud lihtsalt pikkuste mõõtmise kaudu. Sellisel juhul on korruste plaanid eraldi joonistena ning eri korrustel olevate konstruktsioonide omavahelisi asendeid ei saa võrrelda. Teisel juhul mõõdistatakse igat korrust ühtses tasapinnaliste koordinaatide süsteemis, mida saab teha kas ristjoonte meetodil või polaarkoordinaatides. Mõõdistamistulemused saab esitada koordinaatidena ning iga korruse plaan on võimalik arvutis konstrueerida. Täpsete andmete saamiseks üksteise kohal asuvate ehitiste osade omavahelise asendi kohta on kogu hoone vaja mõõdistada ühtses koordinaatide süsteemis. [2, p. 3]

1.2. Ettevalmistus

Välitöö optimaalseks organiseerimiseks tuleb objekti kohta välja otsida olemasolevad plaanid, mida on tavaliselt võimalik saada hoone omanikult või vastava omavalitsuse arhiivist. Isegi kui plaanid ei vasta täielikult praegusele olukorrale, annavad need mingi ettekujutuse mõõdetava hoone kohta. Plaanide põhjal on lihtsam anda hinnangut töö ajalisele kulule ning mahukusele. Näiteks on ajakulu kordades suurem, kui hoones on ühe suure ruumi asemel palju väikeseid ruume. Tähelepanu tuleb pöörata hoone kujule, korruselisusele, katuse tüübile ning akende ja uste paiknemisele [3, p. 315].

Olemasolevaid plaane saab kasutada märkmete tegemiseks ning puudub vajadus eraldi abrissi [4]² koostamiseks. Laserkaugusmõõduri ning mõõdulindiga mõõdetud suurused või elektrontahhümeetriga mõõdetud punktide orienteeruvad asukohad saab plaanile märkida, et lihtsustada mõõtmistulemuste põhjal hilisemat plaanide joonestamist. Kui alusplaanid puuduvad, on vajalik mõõdistamise käigus teha hoone kohta visand. Hoone mõõdistamisel on tähtis ruumide omavaheline suhe, selleks on vaja korruse plaanid visandada üksteisega seotult [3, p. 315]. Sama kehtib ka lõigete kohta.

Kui hoonest on vaja teha lõikeid, siis on mõistlik juba eelnevalt välja mõelda, millisest kohast soovitakse lõiget teha. Lõike koht tasub kanda ka aluseks olevale plaanile, et vajalike mõõtude võtmine lõike kohast ei ununeks.

Kõige parema ülevaate hoonest annab objekti külastus. Kohal olles on võimalik võrrelda olemasolevaid plaane reaalse olukorraga ning näha kas ruumides on segavaid objekte (nt mööbel, torud jne). Objekti ülevaatamisega on võimalik ennetada probleeme, mis võivad tekkida.

Kindlasti tasub kaasa võtta ka fotokaamera, et keerulisemad kohad jäädvustada. Hilisemal andmetöötlusel võib fotodest palju abi olla.

1.3. Kasutatud instrumendid

Töö teostamiseks kasutati Trimble 5500 seeria elektrontahhümeetrit koos Zeiss Elta paneeliga, laserkaugusmõõdjat Leica DISTO A3 ning 7,5 m mõõdulinti. Mõõdistamistäpsusest tulenevalt sobisid antud instrumendid mõõdistustööks.

² Abriss - saksa sõnast *Abriss* (vananenud tähenduses 'joonistus') nim geograafias ja geodeesias ümbritseva maastiku käsitsi tehtud joonist.

1.3.1. Elektrontahhümeeter Trimble 5503 DR Total Station Series

Trimble 5503 DR Total Station (Foto 1) on sisseehitatud servomootoritega, mis kontrollivad horisontaalset ja vertikaalset liikumist. Kruvid on lõputu käiguga ning kinnituskruvid puuduvad. Kruvi keeramisel rakendub servomootor, mis aitab instrumenti pöörata. Uurimuste järgi suurendab see tootlikkust mahamärkimisel ja käigu mõõtmisel ca 30%, punktide mõõdistusel 25% võrreldes manuaalse kinnituskruvidega tahhümeetriga. [5]

Instrument on varustatud laserkaugusmõõtjaga, mis võimaldab mõõta ilma prismata nähtava laserkiire abil.



Foto 1. Trimble 5503 DR Total Station (Autori foto)

Tabel 1

Trimble 5503 DR Tehnilised näitajad [6]

Nurgamõõtmise täpsus (standart hälve tugineb DIN 18723)	3''
Kaugusmõõtmise täpsus (standart hälve): Prismaga (<i>Prism</i>) Peegelkile (<i>Reflective foil</i>) Ilma prismata (<i>Direct Reflex mode</i>)	$\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$ $\pm (3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$ $\pm (3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$
Mõõteaeg: Prismaga standart mõõtmine Ilma prismata	2 sek 3 sek kuni 30 m +1 sek iga edasise 10 m kohta

Mõõtmisulatus:	
Prismaga	1.5...3000 m (1 prisma) 1.5...7500 m (3 prisma Long Range mode)
Peegelkile	2.5...100 m (Peegelkile 20 mm) 2.5...250 m (Peegelkile 60 mm)
Ilma prismata mõõtmise ulatus (tavaliselt)	
Kodak Gray Card (18% peegeldav)	50 m
Kodak Gray Card (90% peegeldav)	70 m
Betoon	40...50 m
Puitkonstruktsioon	40...60 m
Metallkonstruktsioon	40...60 m
Hele kivi	40...50 m
Tume kivi	30...40 m

1.3.2. Trimble Zeiss Elta paneel

Zeiss Elta paneel (Foto 2) on osa Trimble mõõteinstrumendist. Selle kaudu käib instrumendi juhtimine ning kogu andmevahetus on ühtses formaadis. Andmed salvestatakse paneeli sees olevale ning kergesti eemaldatavale PCMCIA mälukaardile, millega on lihtne vajalikud andmed arvutisse laadida. Paneelil on 320 x 80 piksliline LCD ekraan. Paneeli klahvistikku on mugav kasutada, sest nuppude jaotus sarnaneb paljuski arvuti klaviatuurile. [7]



Foto 2. Trimble Zeiss Elta paneel (Autori foto)

1.3.3. Leica DISTO A3

Leica DISTO A3 (Foto 3) on kompaktne laserkaugusmõõtja, millega on võimalik mõõta ka väga väikeseid kaugusi. Lisaks tavalisele kaugusmõõtmisele saab mõõta miinimum ja maksimum distantssi, mille kaudu on võimalik mõõta diagonaale ja ristkauguseid. [8]



Foto 3. Leica DISTO A3 [8]

Tabel 2

Leica DISTO A3 tehnilised andmed [9]

Mõõteulatus	0.05...100 m
Mõõtetäpsus	± 1.5 mm
Mõõteaeg	0.5...4 sekundit
Väikseim kuvatav mõõtühik	1 mm

Peamiseks puuduseks võib pidada seda, et mittepeegelduva ja tumeda pinna mõõtmisel võib mõõtmisaeg pikeneda. Mõõtmisvigu põhjustavad eriti läikivad pinnad, mis võivad kallutada laserkiire kõrvale. Mõõtmise ulatuse suurendamiseks päikesevalguse käes või kui objektil on halvad peegeldusomadused tuleb kasutada peegelplaati. [9]

1.4. Klassikaline lähenemine

1.4.1. Mõõdistuskäik

Mõõdistuskäigud võivad olla nõ „tasapinnalised“, läbides ühte korrust ning ruumilised, sidudes erinevate korruste mõõdistuskäike.

„Mõõdistuskäik rajatakse igale korrusele arvestusega, et selle punktidest oleks võimalik mõõdistada kõiki ruume. Tavaliselt rajatakse mööda koridori magistraalkäik, millest viivad käigu harud kõikidesse ruumidesse. Sellisel juhul kasutatakse tavaliselt tahhümeetrilist mõõdistust.“ [2, p. 4]

Ruumilise mõõdistamisvõrgu puhul on vajalik kõik korruste mõõdistuskäigud siduda omavahel kolmemõõtmeliseks mõõdistusvõrguks. Käikude vertikaalseks sidumiseks võib kasutada kas geomeetrilist nivelleerimist või trigonomeetrilist nivelleerimist. [2, p. 5]

1.4.1.1. Hoonevälised mõõdistamiskäigud

Hoonevälised mõõdistamiskäigud rajatakse kõige sagedamini kinnise käiguna ümber hoone ning seotakse eraldi sidumiskäigu abil riiklike geodeetiliste punktidega. Käik rajatakse nii, et käigu küljed oleksid hoone seinte läheduses. Samuti tuleb jälgida, et käigu punktidelt oleks võimalik viseerida hoone sisse ning ka hoone ülemistele korrustele. Hoone ülemistele korrustele viseerimiseks on sobiv paigutada mõõdistuskäigu punktid hoone seintest 1 kuni 1,5 hoone kõrguse kauguseni. Mõõdistuskäigu punktid tuleb kindlustada, et punktid säiliks mõõtmiste lõpuni või ehitustööde tegemise ajani. [2, p. 5]

Mõõdistamisvõrgu punktide tähistamisel kasutatakse asfaldinaelu, helkurkleepse, markeriga joonistatud riste või punkte. Kasutada võib ka maasse löödavaid armatuure või vaiasid, kuid need on tavaliselt ebastabiilsemad ja ebatäpsemad punkti defineerimise viisid. [10]

Alusvõrgu võib tihendada koordineerides helkurkleepsud hoone sees või kõrvalolevatel hoonetel, mille järgi saab ruumide mõõdistamisel, helkurkleepsu koordinaatidest lähtudes, vaba seisupunkti koordinaadid [2, p. 5]. Helkurkleepsude kasutamisel tuleb need koorineerida miniprisma abil, et vältida viseerimiskiire langemisnurgast tulenevat viga [10].

Objekti ümbrusesse stabiilsetele objektidele on vaja punkte tähistada võimalikult palju. Minimaalne koordineeritud punktide arv võiks olla viis, soovitatavalt aga rohkem. Kasutades orienteerimisel vaid suundi, ei pruugi isegi nelja seinasihtmärgi puhul vajalikku täpsust saavutada. Suur sihtmärkide arv annab võimaluse kontrolliks ning vajadusel orienteerida instrument piisava täpsusega, et uusi seinasihtmärke lisaks koordineerida. Kui seinasihtmärke on palju, on väiksem tõenäosus, et nad kõik hävinevad. Rohkemate märkide olemasolu korral jaotuvad punktid tõenäoliselt paremini ümber objekti ning seega tõstavad orienteerimise täpsust. [10]

1.4.1.2. Hoonesised mõõdistamiskäigud [2, pp. 5, 6]

Hoonesised mõõdistuskäigud rajatakse igale korrusele põhimõttega, et selle käigu punktidest oleks võimalik mõõta kõik vajalikud mõõtmed. Käik rajatakse piki koridore ning käigu punktid valitakse ukse avade kohale, et oleks võimalik mõõta igat ruumi eraldi. Korruse mõõdistuskäigu otsapunktid peavad võimaldama siduda käiku välise mõõdistamiskäiguga. Mõõdistuskäigu täpsuse

tõstmiseks on hea, kui sisemise mõõdistuskäigu otsapunktist oleks näha kahte välise mõõdistamiskäigu punkti. Sisemise mõõdistuskäigu punktides tuleb enamasti rajada ühe või kahe küljega rippuvad käigud hoone igasse ruumi. Mõõdistuskäigu küljepikkused võivad mõnikord olla väga lühikesed (3...5 meetrit) ning seetõttu tuleb käigu punkte mõõta võimalikult täpselt.

Sisemise mõõdistuskäigu punktide kindlustamine on keerukas ja ebakindel. Palju kasutatakse markeriga märkimist või kleepe-paberiga märgi põrandale kinnitamist, et põrandat mitte kahjustada. Puitpõrandate puhul saab kasutada peeneid naelu, betoonpõrandate puhul võib puurida peeneid auke. Kui käik läheb piki koridori laiali, siis tuleb võimaluse korral punktid valida seina lähedusse. Pikad käigud ei ole soovitatavad, sest sisemise käigu punktide kõige suurem asendiviga on käigu keskel. Rippuva käigu kasutamisel sisemise mõõdistuskäiguna võib tema otsapunkti asendiviga olla neli kuni viis korda suurem kui välise mõõdistuskäigu punktide asendiviga. Konkreetne vea suurus sõltub rippuva käigu külgedest ja nurgamõõdu täpsusest. Võimaluse korra ei soovitata see tõttu rippuvat mõõdistuskäigu kasutada.

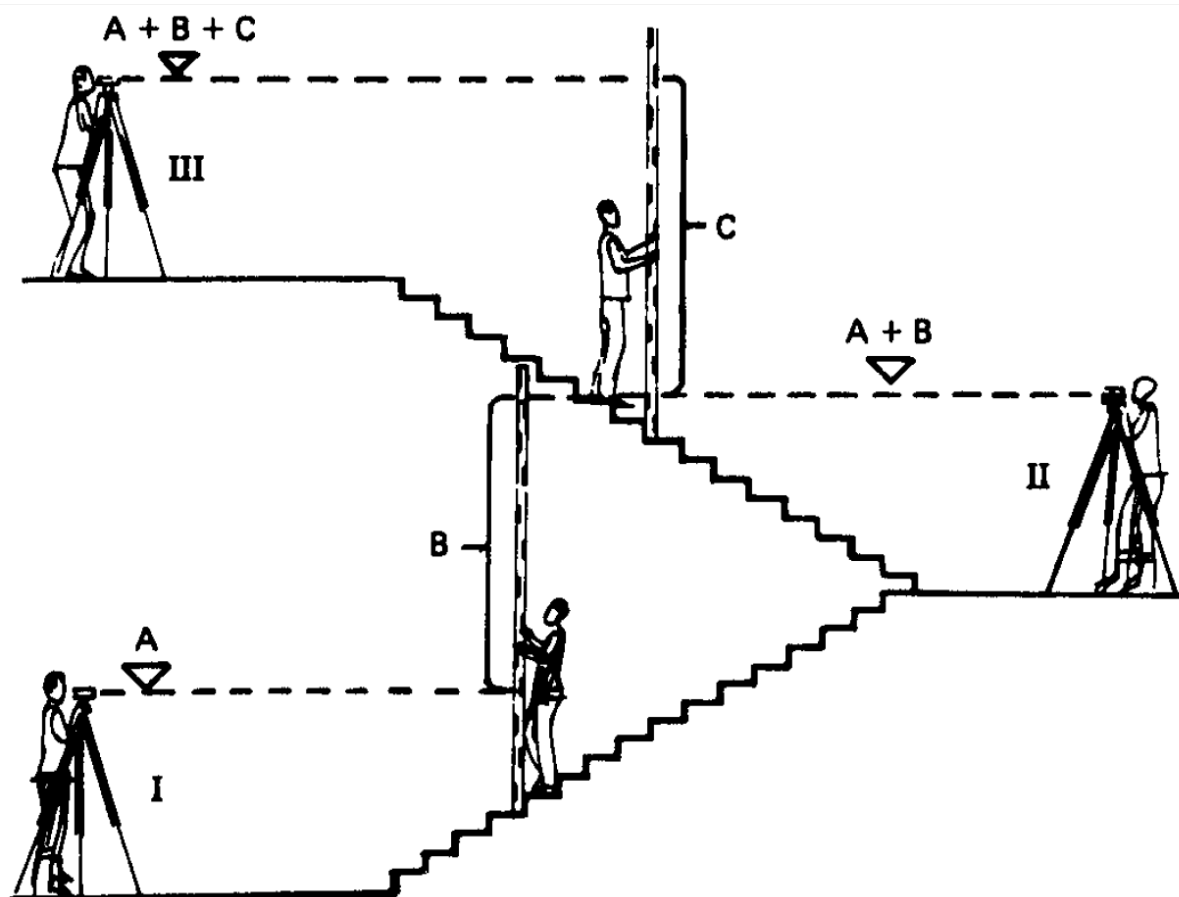
1.4.1.3. Nõuded kõrguslikule mõõdistamisvõrgule

Hoonete mõõdistamisel antakse nõuded kõrguslikule mõõdistamisvõrgule töö lähteülesandes vastavalt tellijapoolsetele nõuetele.

Tavaliselt seotakse kõrguslik mõõdistamisvõrk riiklikult kehtestatud kõrgussüsteemi lähtereeperiga. Kui mõõdistamisvõrku pole vaja riikliku kõrgussüsteemiga siduda, siis võib olla see suvalises kõrgussüsteemis. Sellisel juhul tuleb objektile paigaldada reeper ning see kindlustada. Paigaldatud või määratud ajutised reeperid kantakse õige asukoha järgi maa-ala plaanile, lisades punkti numbri, lühikirjelduse ja absoluutkõrguse [11].

1.4.2. Nivelleerimine

Nivelleerimine on üheks võimaluseks korruste omavaheliseks kõrguslikuks sidumiseks. Kõrgusi saab kanda ühelt korruselt teisele nivelleerimisega [12, p. 545]. Kui esimese korruse põranda kõrgus ning instrumendi kõrgus on teada, võetakse trepile asetatud latilt lugem ning minnakse instrumendiga järgmisse jaama (pildil II jaam). II jaamast tehakse tagasivaatelugem madalamal asetsevale latile ning edasivaate lugem järgmisel trepil asetsevale latile. Kolmandas jaamas tehakse jällegi tagasivaate lugem. Kõrguse saamiseks teisele korrusele tuleb sellisel juhul esimese korruse kõrgusele liita instrumendi kõrgus A, esimeselt latilt saadud lugemite vahe B, teiselt latilt saadud lugemite vahe C ning nende summast lahutada kolmanda jaama instrumendi kõrgus (vt Joonis 1).



Joonis 1. Kõrguste edasikandmine mitmekorruselisel hooneel [12, p. 546]

Lihtsama ning ühtlasi ka kiirema moodusena eelistatakse kõrgusi kanda ülespoole, tehes üheaegselt lugemid teraslindilt, mis on alla riputatud ülemiselt korruselt. Täpse kõrguse saamiseks peab teraslind olema kalibreeritud ning korralikult pinges. Sellisel juhul seab madalamal korrusel asuv mõõtja üles instrumendi ja mõõdab selle kõrguse ning teeb lugemi teraslindilt. Samal ajal seab teine mõõtja instrumendi üles kõrgemale korrusel, mõõdab instrumendi kõrguse ning teeb samuti teraslindilt lugemi. Näitude vahe lisatakse alumisel korrusel asuvale instrumendi kõrgusele (mille kõrgus on teada) ning saadakse ülemise instrumendi kõrgus. Ülemise korruse kõrguse teada saamiseks tuleb tulemusest lahutada ülemise instrumendi kõrgus. [12, p. 54]

1.4.3. Situatsiooni mõõdistamine

Detailset ruumide mõõdistamist saab teha tahhümeetriga. Tahhümeetiline ruumide mõõdistamine toimub ruumi sees asuvast jaamast ning see peab olema seotud mõõdistamiskäiguga. Tahhümeetriga on võimalik fikseerida iga punkti kolm koordinaati. Instrument mõõdab horisontaal ja vertikaalnurgad ning kauguse instrumendist punktini. Tavaliselt peab sellisel juhul igas

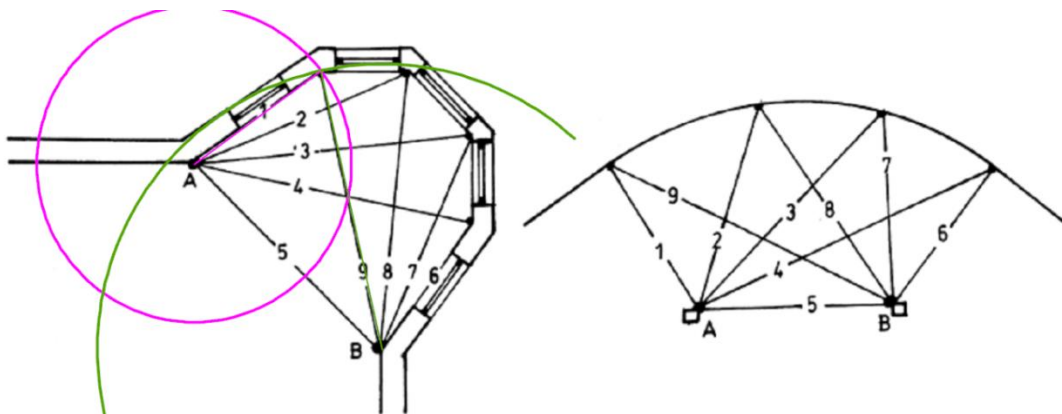
mõõdetavas punktis prismaga olema, kuid üha rohkem on kasutusele tulnud kaugusmõõtureid, millega on võimalik mõõta ilma prismata, suunates laserkiire vajaliku punktini. [2, p. 7]

Soovitav on mõõdistamist teha elementide rühmade kaupa, mis Rauno Näpi konspekti järgi jaotuksid järgnevalt [2, p. 7]:

- 1) seinad, põrand, lagi;
- 2) talad, postid, aknad, uksed;
- 3) elektriseadmed, küte, ventilatsioon, muud elemendid.

Mõõdistamist peaks alustama peasissekäigu juurest ning ruum tuleb mõõta päripäeva, samuti kõikide järgnevate ruumide mõõdistused tasub teha sarnaselt [3, p. 319]. Kindla korra järgi mõõdistamine annab suurema kindluse, et midagi mõõtmata ei jää.

Mõnikord puudub vajadus või ei ole võimalik ruumi tahhümeetriga mõõta. Sellisel juhul on abiks disto, millega saab vajalikke kaugusi mõõta. Ruumi mõõdistamisel distoga tuleb hoida instrumendi alumist otsa vastu seina samal ajal jälgides, et laserkiir oleks võimalikult horisontaalselt. Horisontaalsus tagab täpsema lugemi.



Joonis 2. Ebakorrapärase kujuga ruumide mõõtmine distoga [3, p. 317]

Paljudes hoonetes leidub ruume, mis on ebakorrapärase kujuga ning mille täpseid mõõtmeid on raske määrata. Tahhümeetriga on võimalik selliseid ruume kergemini mõõdistada, kuid samuti on see võimalik distoga kasutades vajalike punktide asukoha määramiseks joonlõigete viisi. Joonisel 2 on näha kahte erineva kujuga ruumi kus mõlemas ruumis on seisust A mõõdetud kaugused 1 – 5 punktidesse, mille asukohta soovitakse teada. Seisust B on mõõdetud kaugused 6 – 9 samade punktideni. [3, p. 320]

Plaani joonistamisel kui A ja B asukoht on juba paigas, on kõige lihtsam moodus vajalike punktide määramiseks kasutada ringjooni. Joonistades seisust A ringjoone võttes raadiuseks joone nr 1 pikkuse ning punktist B ringjoone võtteks raadiuseks joone nr 9 pikkuse, saab ringjoonte ristumisel otsitava punkti asukoha (Joonis 2).

1.4.3.1. Situatsiooni mõõdistamise täpsusnõuded

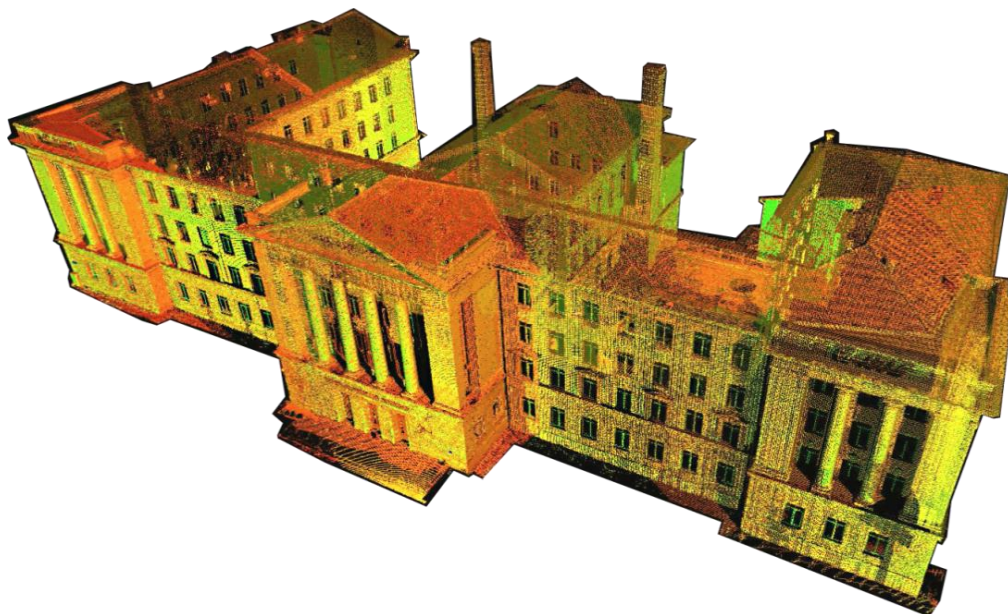
Situatsioon tuleb mõõdistada vastavalt hoone mõõdistamise lähteülesandes esitatud nõuetele.

1.4.4. Fassaadi mõõdistamine

Hoone fassaade on vajalik mõõta erinevatel põhjustel. Vastavalt ehitusprojekti nõuete kohaselt on hoone külgvaated projekti jaoks kohustuslikud. Hoone renoveerimiseks tehtavatel fassaadi mõõdistuste järgi on võimalik küllaltki täpselt arvutada vajalikku materjali kogust. Üheks põhjuseks on täpsete seinapaksuste saamine plaanidele ning lõigetele, mõõtes hoone välised gabariidid.

Fassaadi mõõdistamiseks on mitmeid mooduseid. Sõltuvalt hoone suurusest, fassaadi kujust ning mõõdistuse eesmärgist tuleb fassaadi mõõdistamiseks valida sobiv meetod. Madalamate hoonete ning siledate seintega fassaadide puhul saab kasutada mõõdulinti või distot, mõõtes hoone pikkuse ja kõrguse [2, p. 9]. Kõrgemate hoonete ning keerukamaa kujuga seinte puhul täpsemate mõõtude saamiseks on vajalik mõõdistused teha tahhümeetri või laserskänneriga.

Tahhümeetriga mõõdistamisel tuleb viseerida prismale, kuid see võib olla raskendatud aknaavade mõõdistamisel ning nurkadele ligi pääsemisel. Kõrgemate hoonete puhul tuleb jälgida, et jaama punktid asetseksid hoonest vähemalt tema kõrguse kaugusel, sest vastasel juhul tuleb viseerida liialt suure kaldenurga, mis raskendab täpset tsentreerimist prismale. Kohtades kuhu mingil põhjusel prismaga ei pääse, tuleb kasutada otselõiget. Sellisel juhul viseeritakse igasse mõõdistusavasse punkti kahest kuni neljast seisupunktist ning kirjutatakse üles või salvestatakse nii horisontaal- kui ka vertikaal nurk. Igas jaamas kirjutatakse üles instrumendi horisondi kõrgus ja kõrguskasv teiste punktide suhtes ning tehakse hiljem vajalikud arvutused. Sellise punkti asukoha arvutamisel kasutatakse erinevaid kombinatsioone nelja seisupunkti vahel. [2, pp. 9, 10]



Joonis 3. TTK peahoone, punktipilv [13]

Kui eletrontahhümeetriga mõõdistamisel peab tegema valiku, milliseid punkte mõõdistada ning täiendava info saamiseks uuesti mõõtna minema, siis laserskaneerimine võimaldab väga suure kiirusega mõõdistada ümbritsevat situatsiooni ning saada sellest 3D infot. Tulemuseks saadakse objektist 3D punktipilv (Joonis 3) kus iga punkt omab kolme koordinaati ning täiendavat infot (nt värviinfo). Hiljem andmeid arvutis töödeldes saab valida, millist infot kasutada. Punktipilve mudelilt on võimalik võtta objektide mõõte ja koordinaate. [13]

1.4.5. Plaanid

Hoone plaanid koostatakse tavaliselt korruse põrandapinnast 1,5 meetri kõrguselt horisontaalsete lõikepindadena. Plaanil kujutatakse allpool seda lõikepinda asetsevad aknad, uksed, ahjud, trepiastmed, kaldpinnad jms. Sellest lõikepinnast pealpool olevaid ehitise osasid ei joonestata või märgitakse punktiirjoonega. [14]

Plaanid koostatakse hoone põhikorruse, kõigi vahekorruste, keldrikorruse ja pööningu kohta, vajadusel kakatuse kohta. Plaanidel esitatakse horisontaalsed hooneosad projektsioonis ja vertikaalsed hooneosad lõikes. [15]

Plaanid ja lõiked koostatakse tavaliselt mõõtkavades 1:50, 1:100 või 1:200. [15]

1.4.6. Lõiked

Lõiked on vajalikud selleks, et näidata korruste ning muude horisontaalsete või kaldpindade paiknemist ehitises. Lõigetele kantakse korruste põrandate ning lagede kõrgusmärgid, ehitise osad ja tarindid ning nendes olevad avad ja ehitise eenduvad osad, samuti ehitise vahetus läheduses paiknevad muud tarindid. [15]

Vajalike lõigete koha, suuna ning arvu määrab tavaliselt tellija. Lõiked peavad koos plaanidega andma hoonest selge ettekujutuse. Üldjuhul valitakse hoone lõige nii, et oleks selge ettekujutus siseruumidest ja nende kõrgustest; seinte, vahelagede ja katuse konstruktsioonist; treppide lahendusest; uste ja akende kõrgusest, vundamentide rajamise sügavusest jne. Mitmekorruseliste hoonete puhul tehakse üks lõige alati läbi trepikoja. Lõike kohad märgitakse kõikide korruste plaanidele. [16]

1.5. Vabajaam e vastulõige

Vabajaama (*Free Station*) ehk vastulõike (*Resection*) puhul asub instrument vabalt valitud tundmatus punktis, millelt on nähtavus vähemalt kolmele või rohkemale lähtepunktile, mille koordinaadid on teada [17]. Vaba jaama koordineerimine kujutab endast instrumendi asukoha määramist mõõtes kaugused ja/või nurgad kahele kuni kaheksale punktile [18].

„Nurgalise vastulõike puhul mõõdetakse määratavas punktis nurgad suundade vahel vähemalt kolmele lähtepunktile. Võimalik on ka jooneline lõige, kus mõõdetakse kaugused lähtepunktini. Et kummalgi juhul ei esine lisamõõtmisi, siis on soovitatav mõõta nii nurgad kui kaugused (kolme suuna puhul annavad ka kaugused juba ühe lisamõõtmise). Tänapäeva elektrontahhümeetrid võimaldavad sooritada ka joonelis-nurgalise lõike, kusjuures enamik tahhümeetreid on varustatud vastavate tasandusprogrammidega, mis annavad ka sidumise keskmise ruutvea.“ [19, p. 62]

Vabajaama peamiseks eeliseks võib pidada seda, et instrumendiga on võimalik mõõdistusi sooritada vabalt valitud kohas. See annab võimaluse leida mõõdistuseks just antud hetkel kõige parem koht. Näiteks objektil parkivad autod võivad segada mõõdistust, eriti kui tuleb instrumendiga olla kindlal punktil. Kuid erinevaid seinasihtmärke kasutades on võimalik leida instrumendile sobiv koht, kus objektid ette ei jää. Tingimuseks on see, et nähtavus peab olema vähemalt kolmele või rohkemale lähtepunktile.

Vabajaama puhul on märkide hea paiknemise korral võimalik kasutada paljude ruumide mõõdistamiseks samu seinasihtmärke. Selliselt saab vältida edasiviskamisest tulenevat viga, mis võib üksteisele lähedal asetsevate mõõdistuskäigupunktide edasiviimisel tekkida.

1.6. Prismata tahhümeetriline mõõdistamine

Mõned elektroonilise kaugusmõõtjaga (EDM – *Electronic Distance Measurement*) instrumendid suudavad mõõta kaugusi ilma prismata. Sellisel juhul kasutatakse mõõdetavat pinda ennast peeglina, st mõõdetakse objekti vahetult (nt maja seina). [12, p. 93]

Lasermõõtmise ulatus on ligikaudu kuni 300 m ning täpsus 5 mm [20]. Töös kasutatud Trimble 5503 DR instrumendi mõõtmise täpsus ilma prismata on $\pm (3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$ (vt Tabel 1).

Ilma prismata mõõtmisel on mitmeid eeliseid. Laseriga saab mõõta objekte millele on nähtavus kuid juurdepääs puudub. Iga mõõdetava punkti juurde ei pea prismaga kohale minema, mis omakorda tõstab mõõtmise kiirust. Näiteks ruumi seinte mõõdistamisel võivad juurdepääsu takistada ruumis olevad esemed, kuid laseriga saab mõõdu võtta vabalt seinapinnalt. Samuti võimaldab see kiirelt mõõta puid ja poste, eriti kui neid on alal palju. Lasermõõtmine annab kokkuhoiu nii ajas kui rahas. See võimaldab ühel inimesel mõõta situatsiooni kiiremini kui seda teeksid kaks inimest.

EDM instrumentidel on võimalik kasutada nähtavat lasertäppi, mis lihtsustab objektile suunamist: nähtavat laserkiirt saab kiirelt suunata soovitud detailile nii et mõõtja saab olla kindel, et mõõdetakse õiget pinda, mitte detaili selle ees või taga. [12, p. 93]

Sellisel mõõtmisel tuleb arvesse võtta, et erinevatel pindadel on erinev peegeldusvõime. Näiteks heleda valge pinna peegeldusvõime kui laserkiir on „hea“ nurga all suunatud objektile võib peegeldada valgust peaaegu 100%, kuid kõige tavalisemad pinnad peegeldavad valgust palju vähem (vt Tabel 1 Trimble 5503 DR tehnilised näitajad). Mõõtmisulatust mõjutavad ka valgustingimused. Näiteks pilves ilm või pimedamad ruumid suurendavad mõõtmisulatust. Samas tumeda kivi puhul on mõõtmisulatuseks 30...40 meetrit ning ereda päikesega võib mõõtmise aeg tunduvalt pikeneda.

Ilma prismata mõõtmisel tuleb kindlasti jälgida, et liikuvad objektid ei segaks mõõtmist (nt sõitvad autod, liikuvad puulehed).

2. ARSENALI HOONETE MÕÕDISTUS

2.1. Töö lähteülesanne

Töö ülesandeks oli mõõdistada Tallinnas endise sõjatehase „Arsenal“ kompleksi kuulunud kolm hoonet aadressiga Erika 4, Tööstuse 71 ja Tööstuse 71a (vt Foto 4). Mõõdistada tuli ainult vanemad punasest tellisest osad ilma juurdeehitisteta.

Kõikidele hoonetele oli vaja koostada korruse plaanid ning anda avadele (akende, uste, nišside) kõrgusmärgid. Peahoonele Erika 4 oli vaja lisaks koostada kolm ristilõiget ja üks pikilõige. Kõrvalhoonetele Tööstuse 71 ja Tööstuse 71a kummalegi üks ristilõige ning üks pikilõige. Kõik hoonete plaanid ja lõiked on toodud lisades (vt Lisa 1-13).



Foto 4. Erika 4, Tööstuse 71 ja Tööstuse 71a hooned (Bing Maps 31.03.2014)

Hoonete kõrgused seoti Balti 1977. aasta kõrgussüsteemiga (BK77). Koostatavad plaanid olid arhitektuurilise projekti aluseks ning see tõttu ei olnud hooneid vaja riikliku ristkoordinaatide süsteemiga L-Est97 siduda.

2.2. Asukoht ning objekti kirjeldus

Sõjatehase „Arsenali“ kompleksi kuuluvad hooned Erika 4, Tööstuse 71 ja Tööstuse 71a asuvad Tallinnas Põhja-Tallinna linnaosas kõik ühel kinnistul aadressiga Erika 4 (78408:807:0086).

Erika tn 4 hoone (Foto 7 lk 32) puhul on tegu klassitsistlikus stiilis 1917. aastal ehitatud sõjatehase peahoonega [21, pp. 3, 5]. Hoone on 155 m pikk ning 23 m lai. Kesk- ja otsasektsioonide osa on kolmekorruseline, seal paiknevad trepikojad koos sissepääsudega, sektsioonide vahelt on hoone kahekorruseline. Terve korruse ulatuses on läbikäidav ainult teine korrus. Esimene ja kolmas korrus on liigendatud ning pole läbikäidavad. Esimesel korrusel trepikodade läheduses asuvatesse ruumidesse oli võimalik pääseda hoone seest, kuid mitmetele ruumidele oli juurdepääs ainult õuest. Kõik sissepääsud asuvad hoone ühel küljel. Kolmandal korrusel paiknevad ruumid ainult trepikodade läheduses, mille vahele asub katusealune koos sarikate ja taladega.

Kokku mõõdeti hoones 148 ruumi. Ühe korruse alune pindala koos siseseintega on ligikaudu 3000 m².

Tööstuse 71 hoone (Foto 5) on ehitatud aastatel 1938 – 1939, see on kahekorruseline 53 m pikk ning 20 m lai. Trepikoda koos ainsa sissepääsuga teisele korrusele paikneb hoone keskel. Teisel korrusel asuvad ruumid on läbikäidavad. Esimese korrusel asuvad ruumid on liigendatud ning nendesse oli võimalik juurde pääseda vaid õuest. Peasissepääsule lisaks oli veel viis eraldi sissepääsu, mis asusid hoone erinevatel külgedel.

Kokku mõõdeti hoones 66 ruumi. Korruse alune pindala koos siseseintega on ligikaudu 960 m².



Foto 5. Tööstuse tn 71 (vasakul) ja Tööstuse tn 71A (paremal)

Tööstuse 71a hoone (Foto 5) on ehitatud 1915 aastal. Mõõdetud osa on ühekorruseline 52 m pikk ning 20 m lai. Hoones on palju eraldi sissepääsudega liigendatud ruume. Hoone ühes küljes paikneb kuus ning teisel pool maja kolm sissepääsu.

Kokku mõõdeti hoones 21 ruumi. Mõõdetud pindala on ligikaudu 960 m².

2.3. Ettevalmistus

Peale tellija poolsete tööülesannete ning olemasolevate materjalide kätte saamist mõõdistatavate hoonete kohta, oli alustuseks vaja printida välja kõikide hoonete olemasolevad plaanid, et lihtsustada kohapealsete märkmete tegemist. Kuna tegemist oli suuremahuliste hoonetega, millel oli palju ruume, andis plaanide olemasolu märgatava ajalise võidu, sest ei olnud vaja eraldi abtrisse koostada (va Erika 71a hoone puhul).

Plaanide järgi sai vaadata ruumide asetust ning läbikäiguvõimalusi. Selle põhjal oli võimalik anda esialgne hinnang töö teostamise mahule ning ajakulule. Võrreldes erinevate korruste plaane, sai paika panna, millised kohad ning suunad on lõigete tegemise jaoks kõige paremad ning tagada, et lõigetel saaks kajastatud kõige olulisem info.

Vajalik oli tellijalt saadud eelnev info hoonete praeguse kasutuse ning olukorra kohta. Paljud ruumid seisis tühjana kuid mitmetesse ruumidesse saamiseks pidi rentnikega ise sobiva aja kokku leppima. Samuti oli vaja infot põrandamaterjalide ning valgustuse kohta. Selle info põhjal sai otsustada, mida on töö sujuvaks teostamiseks vaja kaasa võtta.

Suur osa ruumidest polnud kasutusel, seetõttu oli võimalik seinu sihtmärgid markeriga seinale joonistada. Mõne kontoriruumi puhul tuli kasutada maalriteibile tehtud märke, et neid oleks hiljem võimalik eemaldada ning seinu ei saaks rikutud.

Põrandad olid enamasti plaaditud ning libedad. Seetõttu tuli kasutada statiivialust, et statiiv kindlalt paigal püsiks ning laiali ei libiseks.

Kuna hoonetes puudus paljudes ruumides valgustus ning oli küllaltki hämar, tuli kaasa võtta mitu valgustit, peamiselt pealambid. Neid läks vaja seinamärkide nägemiseks, et oleks võimalik seinamärkidele täpselt tsentreerida.

Kõige parema ülevaate andis siiski esmane objektikülastus.

2.4. Mõõdistuspõhis Tööstuse 71 hoone näitel

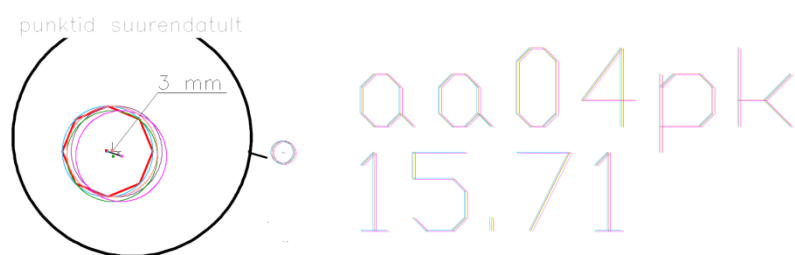
Hoonevälise mõõdistuspõhise tegemisel valiti instrumendi seisupunkti asukoht nii, et saaks paigaldada ning koordineerida võimalikult palju seina sihtmärke ühest punktist ning eeldatavatest vabajaama punktidest oleks näha vähemalt kolme või rohkemat seina sihtmärki.

Kuna hoonet ei olnud vaja riikliku ristkoordinaatide süsteemiga siduda, siis esimeses seisupunktis määrati punktile suvalises koordinaatsüsteemis koordinaadid. Esmalt sisestati punkti koordinaadid, milleks valiti $X = 200$, $Y = 200$ ja $Z = 20$. Need määrati selliselt, et koordinaadid ning kõrgus edasise mõõtmise käigus miinustesse ei läheks. Järgmiseks orienteeriti instrument kindelpunktile (*Known Point*) ning näidati suund hoone pikema küljega paralleelselt. Kuna plaanid koostati suvalises süsteemis, siis hoone pikem külg võeti plaaniliseks aluseks.

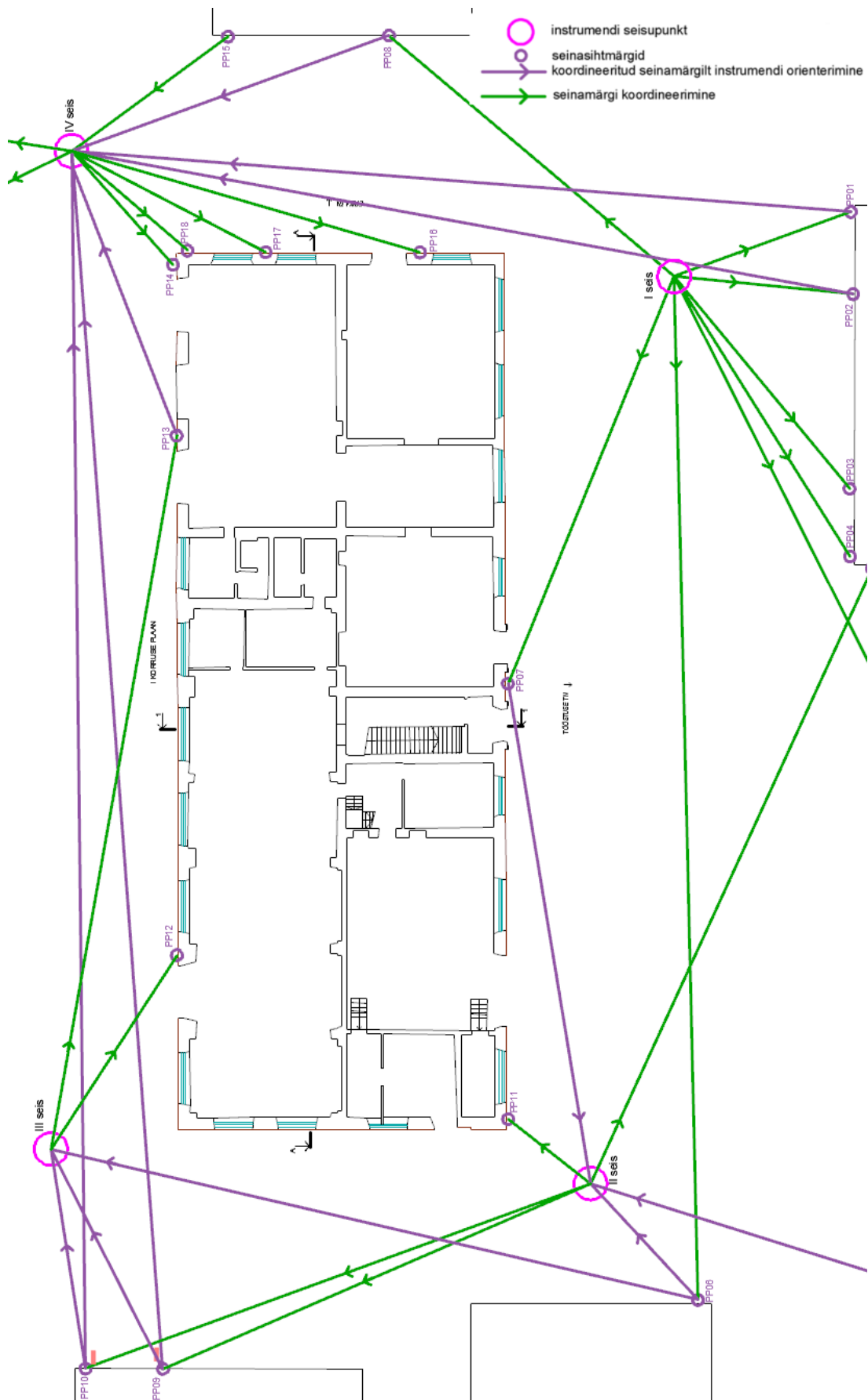
Peale instrumendi kindelpunktile orienteerimist paigaldati ning koordineeriti esimesed seina sihtmärgid. Märgid koordineeriti Trimble mõõdistusprogrammis Ringi kahes asendis nurga mõõdistamine (*Two-face angle measurement*), kus igat punkti mõõdeti ring paremal ning ring vasakul asendis, mille järel instrument näitas vead. Ringi kahes asendis nurga mõõdistamist kasutades on võimalik inimlik viga nagu punktile suunamine peaaegu minimaliseerida. Ringi kahes asendis mõõdistamist kasutatakse täpsema tulemuse saamiseks [18, p. 47].

Joonisel 5 on näitlikult kujutatud Tööstuse 71 hoone põhjal välise mõõdistuspõhise tegemist. Rohelised jooned tähistavad uute seinasihtmärkide koordineerimist seisupunktist, lillad jooned märgivad võimalust instrumenti orienteerida juba koordineeritud seinasihtmärkidelt.

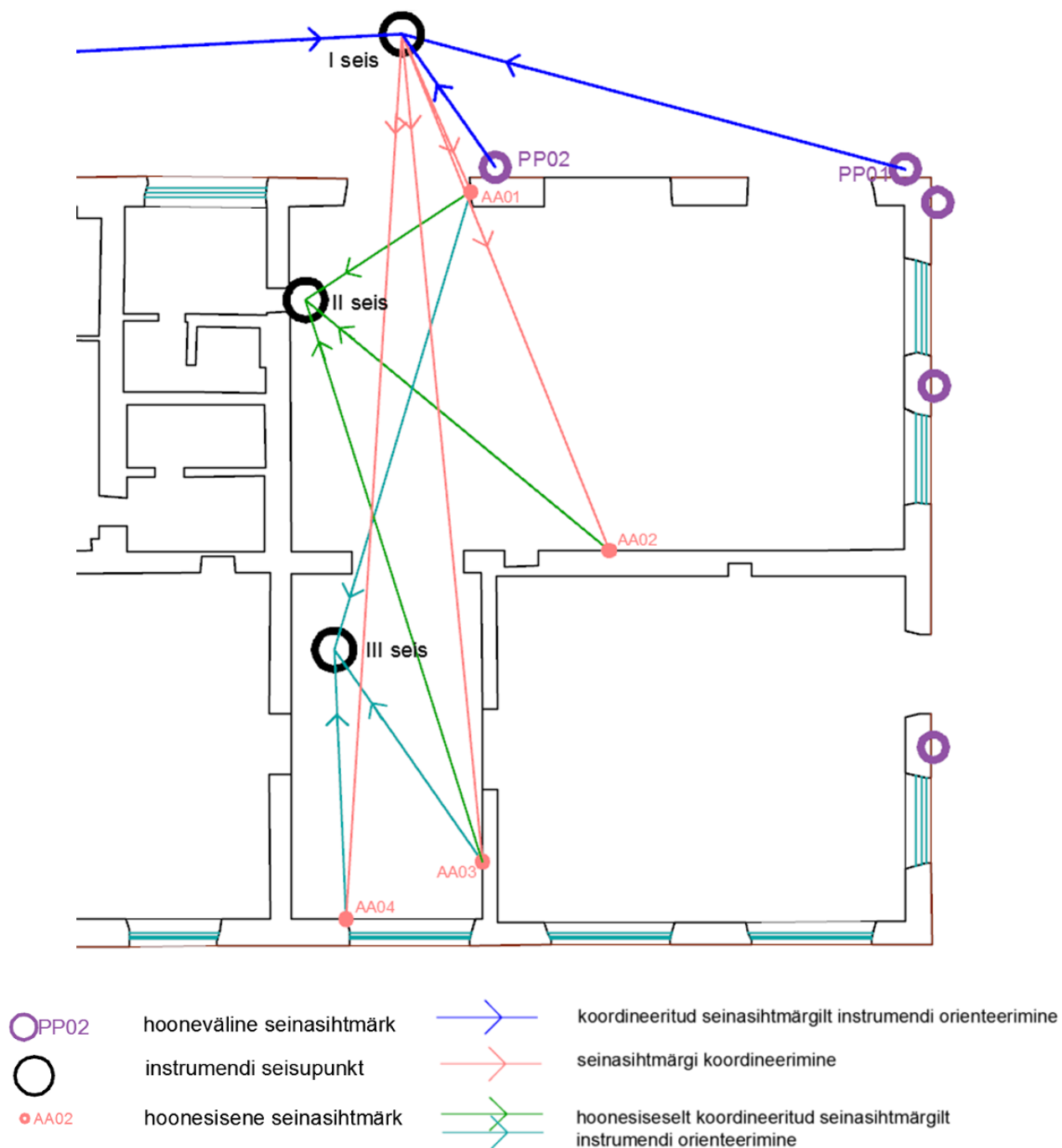
Kui vajalikud välised seinasihtmärgid olid paigaldatud ning koordineeritud elektrontahhümeetriga ringi kahes asendis, siis igas seisupunktis mõõdistati mõõdistusprogrammis kontrolliks kõik nähtaval olevad seinasihtmärgid. Selle järgi oli võimalik joonisel näha instrumendi erinevas seisupunktis mõõdetud sama seinasihtmärgi mõõtmise erinevust (vt Joonis 4).



Joonis 4. Seinasihtmärgi asendi maksimaalne mõõtmise erinevus mõõdetuna erinevatest instrumendi seisupunktidest ühe punkti näitel



Joonis 5. Hoonevälise mõõdistuspõhise tegemine



Joonis 6. Hoonesisese mõõdistuspõhise tegemine

Kuna Tööstuse 71 hoonel oli esimesel korrusel viis sissepääsu hoone erinevatesse osadesse ning ruumid polnud üksteisega ühendatud, oli vaja ühtse plaani saamiseks kõik need osad välise mõõdistuskäiguga siduda. Joonisel 6 on näidatud mõõdistuse sidumise põhimõtet. Esimeses seisus orienteeritakse instrument vabajaamana kasutades vähemalt kolme olemasolevat hoonevälist seinasihtmärki ning nende mõõtmisel ringi kahes asendis mõõdistust. Järgnevalt arvutas instrument

vead ning koordinaadid ja kõrguse seisupunktile. Instrument oli seadistatud nii, et kui viga ületas 0,005 cm oli vaja mõõta lisapunkt või korrata orienteerimist uuesti. Peale orienteerimist mõõdeti instrumendiga kontrolliks kõikide nähtaval olevate seinamärkide koordinaadid. Peale seda paigaldati vajalikesse kohtadesse järgmised seinamärgid ning need koordineeriti.

Teises seisus orienteeriti instrument samuti vabajaamana juba sisemistele seinasihtmärkidele. Peale orienteerimist mindi mõõdistusprogrammi ning toimus ruumi mõõdistamine. Samuti kolmanda seisu puhul orienteeriti instrument esimeses seisus koordineeritud seinasihtmärkide järgi. Samade koordineeritud märkide kasutamise eeliseks on see, et vea edasikandumise võimalus väheneb.

Korruste ruumiliseks sidumiseks korrustele õigete kõrguste saamiseks kasutati samuti vastulõikega orienteerimist olemasolevatelt seinasihtmärkidelt.

Töö lähteülesandes täpsusnõudeid ei antud, seetõttu seati eesmärgiks mõõdistada plaaniliselt 2 cm täpsusega ning kõrguslikult 1 cm täpsusega.

2.5. Sidumine riikliku kõrgussüsteemiga

Mõõdistuspõhise kõrguslikuks sidumiseks kasutati nivelleerimist ning mõõdistus seoti Tallinna polügonomeetriapunktiga nr 3530 ($H = 13.186$).

Kõrguslikuks sidumiseks mõõdeti polügonomeetriapunkti kõrgus ning mõõdistuspõhise seinasihtmärgi kõrgus. Kuna polügonomeetriapunkti kõrgus oli teda, arvutati selle järgi õige kõrgus seinasihtmärgile. Kõik välised seinasihtmärgid olid kõrguslikult oma vahel seotud ning sellest edasi sai arvutada juba õiged kõrgused kõikidele mõõdistuspõhise punktidele.

2.6. Hoone ja ruumide mõõdistamine

Ruumi mõõdistamist alustati tavaliselt seintest, kuid seda ei tehtud alati päripäeva. See järel mõõdistati süvendite, uste ja akende asukohad ning nende kõrgused. Akende puhul mõõdeti seinas oleva ava asukoht ning eraldi nii alumise kui ülemise ääre kõrgus. Mõõdeti ka aknaraamide orienteeruvad asukohad kuigi neid polnud antud juhul vaja mõõta ning seetõttu kanti need plaanile tinglikult. Uksed olid paljudel juhtudel tagasiastetega ning kummaltki poolt erineva nišši kõrgusega. Sellisel juhul mõõdeti eraldi ka niššide kõrgused. Kõige viimasena mõõdistati iga ruumi lae ja põranda kõrgused.



Foto 6. Erika 4 hoone siseruumid

Ruumide ebapiisava valgustatuse tõttu oli lihtsamaks ning kiiremaks mooduseks mõõta igas seinapinnas seina nurkade lähedusse kui hakata suunama täpselt nurka. Lisaks olid nurgad enamasti ebatasased või paiknesid seal torud (Foto 6). Hämaras oli raske näha kas lasertäpp on täpselt nurgas või mitte. Lasertäpi kasutamine võimaldas antud juhul oluliselt kiiremini mõõdistust teostada. Kuigi plaanide koostamisel kulus ruumi seinte joonestamiseks rohkem aega, andis see seinte asukohale ning nurgapunktile täpsema tulemuse. Selliselt mõõtmine välistas, et nurka mõõdetud punkt on tegelikult ristuvale seinal. Pikema seina puhul mõjutaks valesti mõõdetud punkt ristuvale seinal seina asukoha täpsust. Kuna seinad olid lainelised aitas nurga lähedusse mõõtmine seina paremini üldistada.

Treppide mõõdistamisel mõõdeti esimese ja viimase astme välimine nurk, et plaanil oleks võimalik trepi õige pikkus välja joonistada. Kõikide astmete äärtele mõõdeti kaks punkti, et saada astmetele õige suund ning kõrgus, mida oli vaja lõigete koostamiseks. Kahe punkti mõõtmine ühel astmel oli ühtlasi kontrolliks, et kõrgused õiged oleksid.

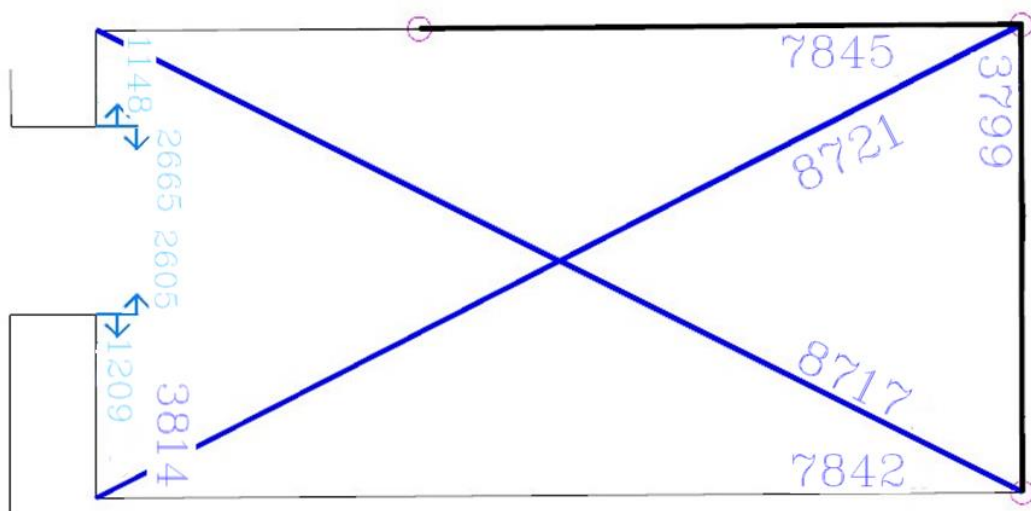
Kuna talad on sümmeetrilised, siis nende mõõdistamisel mõõdeti tavaliselt kaks punkti tala ühelt küljelt ning teiselt küljelt üks punkt tala laiuse saamiseks. Hoolikalt tuli jälgida, et lasertäpp on kindlalt talale suunatud, mitte libamisi üle tala serva laes, sest vastasel juhul võis instrument mõõta hoopis punkti laes.

Mõõdistamisega samaaegselt märgiti olemasolevale plaanile orienteeruv mõõdistuspunkti asukoht ning number, et hiljem lihtsustada plaanide koostamist. Et eristada märkmetel ning arvutiplaanidel erinevate pindade ning avade mõõdistusi kujunes töö käigus välja igale objektile oma tähistus, seda nii plaanil kui mõõdistusprogrammis punktide nummerdamisel. Seinapunktid tähistati tavaliste numbritega, kuid akende, uste, treppide ja taladele lisati numbri lõppu vastav tähis, nt aken - 052a, uks - 054u, tala – 055tl, trepp – 056t. Plaanide koostamisel oli sellisest tähistusest palju kasu, sest sai lihtsalt vajalikud punktid üles leida.

Kolme hoone mõõdistamiseks kulus ligikaudu 125 tundi.

2.7. Mõõdistamine disto ja mõõdulindiga

Hoonete mõõdistamise käigus oli vajalik kasutada lisaks elektrontahhümmetile distot ning mõõdulinti. Kitsaste koridoride tõttu ei olnud võimalik seina sihtmärke paigutada nii, et neist kolme oleks eraldi igas ruumis näha. Rippuvate punktide tegemine üksikutesse ruumidesse oleks kujunenud liialt aeganõudvaks ning seetõttu ei olnud otstarbekas igasse ruumi elektrontahhümeetriga siseneda. Tavaliselt mõõdeti sellistest ruumidest elektrontahhümeetriga vähemalt kaks punkti ristuvatelt seintelt, et oleks võimalik õige seinasuund välja joonestada. Joonisel 7 on näha elektrontahhümeetriga mõõdetud punktid ning jämedama joonega nende põhjal välja joonistatud õiged seina asukohad. Järgnevalt mõõdeti distoga kõikide seinte pikkused ning diagonaalid [22, p. 15]. Diagonaalide mõõtmine on vajalik, sest ei saa eeldada, et kõik ruumid on nelinurksed. Sellisel viisil on võimalik välja joonistada nende seinte õiged pikkused ning nurkade täpsemad asukohad, mida instrumendiga ei olnud võimalik mõõta.



Joonis 7. Ruumi diagonaalide mõõtmine

Distoga tekkis probleeme pimedates ruumides, mis olid plaaditud läikivate plaatidega. Sealt ei peegeldunud laserkiir aparati õigesti tagasi ning instrument andis veateate. Sellisel juhul tuli mõõtmist korrata ning instrumendi asendit muuta.

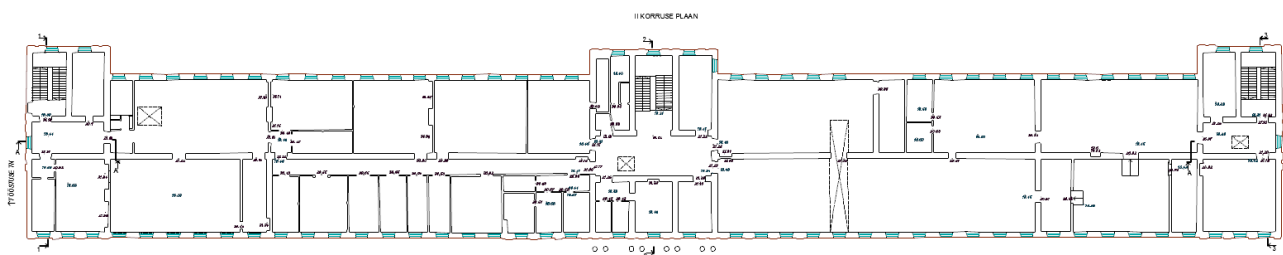
Mõõdulinti oli vaja kasutada kõige vähem. Tavaliselt läks seda vaja väikeste nurkade mõõdistamiseks, mida distoga ei olnud võimalik mõõta (nt kui seinas olev toru jäi laserile ette).

Lisaks kasutati distot ning mõõdulinti lõigete jaoks kontrollmõõtmiste võtmiseks.

2.8. Plaanide koostamine

Plaanide koostamiseks kasutati joonestustarkvara AutoCAD LT 2008. Esmalt oli vaja instrumendist mõõdistusfail arvutisse kopeerida. Zeiss Elta paneelil on PCMCIA mälukaart, mille peale andmed salvestatakse .DAT failina. Arvuti kaardilugeja kaudu saab PCMCIA mälukaardilt punktifaili arvutisse kopeerida ning AutoCAD MKMgeodeesia lisaga sisse lugeda ja .dwg failis andmeid edasi töödelda.

Peale igat välitööd kopeeriti mõõdistusfail arvutisse ning lisati uued mõõtmistulemused olemasolevatele punktide juurde. See oli ühtlasi „kontrolliks“, et mõõtmistega midagi valesti ei ole läinud ning hoone plaan joonistub loogiliselt välja. Kuna mõõtepunkte tuli palju, oli otstarbekas samal päeval joonestada välja ruumide seinakontuurid, et hiljem lihtsam vormistada oleks.



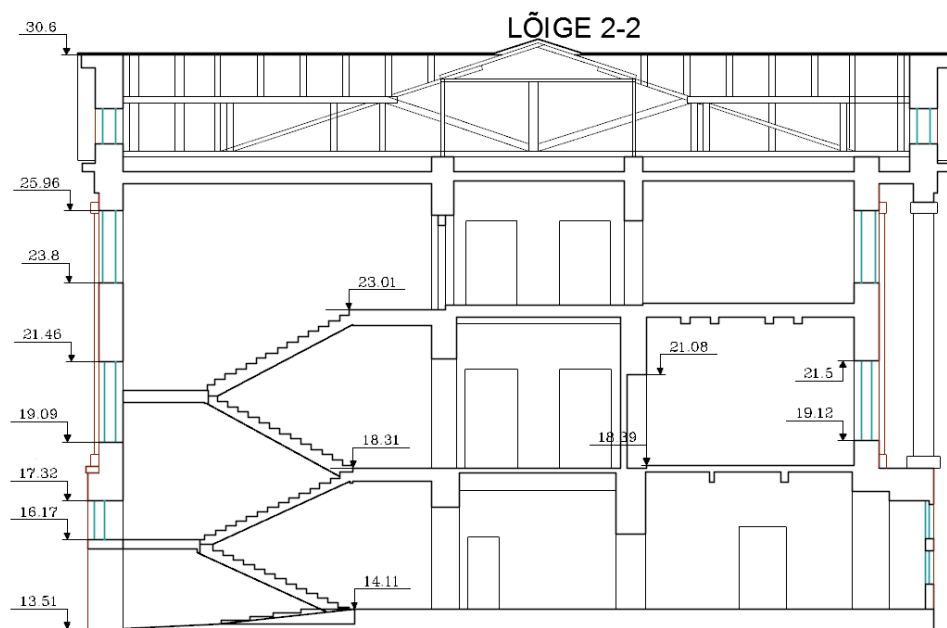
Joonis 8. Erika tn 4 II korruse plaan

Objektil kaasas olnud vanematele alusplaanidele märgiti mõõdetud punktide numbrid ning orienteeruvad asukohad, tagamaks, et mõni mõõt võtmata ei jääks. Märkmel olid abiks ka hilisemal plaanide koostamisel (Vt Joonis 8).

Kolme hoone plaanide ning lõigete koostamiseks kulus ligikaudu 166 tundi.

2.9. Lõiked

Kõikidest hoonetest oli vajalik teha pikilõiked kui ka ristilõiked (vt Joonis 9). Need kujunesid kõige aeganõudvamaks osaks nii mõõtmisel kui vormistamisel. Ristilõiked olid enamjaolt läbi trepikodade, mistõttu oli vajalik mõõta kõik trepiastmed ning trepimademetes kõrgused. Lõigete kohast tuli lisaks mõõta põrandate, lagede, talade kui ka kõikide avade ja nišside kõrgused. Kuna vanematest olemasolevatest joonistest olid ainult kaks lõiget, oli vajalik visandada olemasolev olukord ning märkida mõõdetud punktide orienteeruvad asukohad.



Joonis 9. Erika 4 hoone ristlõige

Lõigete vormistamiseks oli vaja esmalt valmis joonestada hoonete plaanid. Plaanidelt sai võtta kõik vajalikud mõõdud: ruumide, seinte, akende, uste jmt laiused. Lõigete kõrguslikuks joonistamiseks pandi alguses paika üks põrandapind ning selle kõrguse järgi arvutati ja joonestati kõik teised vajaminevad kõrgused. Kontrolliks mõõdeti lõigete kohast ruumide kõrgused lisaks ka laserkaugusmõõtmisega.

Aeganõudvaks tegi lõigete koostamise see, et plaanil oli tavaliselt lõigete kohas palju punkte üksteise peal ning nende seast tuli leida õigele punktile vastav kõrgus. Probleemseteks kohtadeks olid üksteise kohal paiknevad aknad ning avad.

2.10. Hoone välisgabariitide mõõdistamine

Hoone välisgabariidi mõõdistust teostati Trimble elektrontahhümeetriga prismata mõõtmisrežiimis.

Hoone väliseid gabariite oli vajalik mõõdistada plaanidele õigete seinapaksuste saamiseks ning lõigete kohast vajalike detailide saamiseks. Näiteks seinad olid Erika 4 hoonel trepikodade juures kõrgematel korrustel tagasiastega ning mõnes kohas sammaste ja struktuursete detailidega. Tööstuse 71a hoone fassaad oli kogu ulatuses struktuurne.

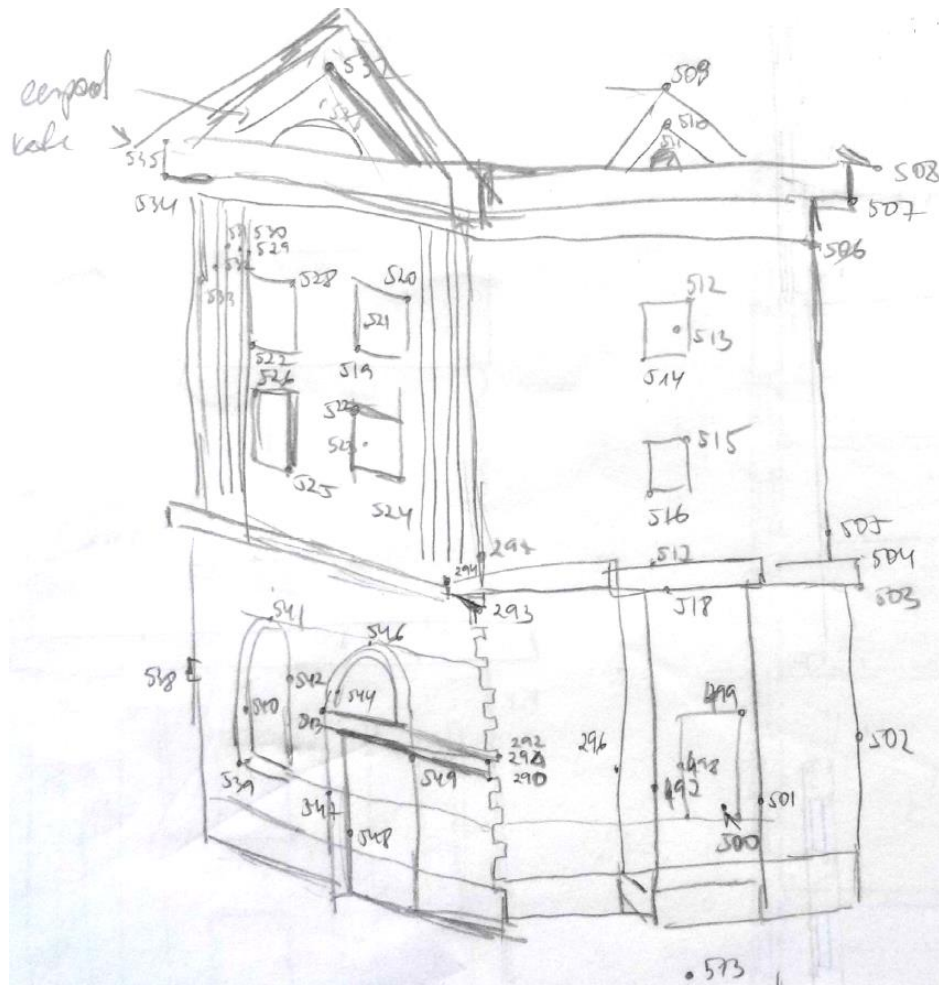
Välisgabariitide mõõdistamisele kulus palju aega mitmel põhjusel. Esiteks oli fassaad peamiselt tumedast punakaspruunist tellisest (vt Foto 7), mille tõttu mõõtmise aeg pikenes märgatavalt. Olenevalt kaugusest võis see aega võtta kuni pool minutit. Samas hallidelt betoonist osadelt teostas mõõtmise kiiremini. Mõõtmist mõjutasid pigem päikesepaistelised päevad kui päike hoonele paistis. Harv polnud olukord, kus mõõtmine üldse ei õnnestunud ning mõõtmist tuli korrata. Varjus ning pilvise ilmaga oli võimalik kiiremini mõõta.



Foto 7. Erika tn 4 hoone fassaad

Hoone kõrgemate korruste mõõtmiseks ei olnud võimalik hoonest eriti kaugele minna, sest instrument ei suutnud eemalt mõõta. Mõõdistamisel tuli pikksilm kõrgele suunata ja ebamugavas asendis olles vajalikku kohta tsentreerida ning lugem teha. Väritingimustes ei olnud laseri täppi näha ning see tõttu oli vajalik õigesse kohta suunamiseks pikksilma kasutada.

Kuna ühegi hoone fassaadist polnud jooniseid, kulus palju aega jooniste ning märkmete tegemiseks. Fassaadid olid struktuursed ning seetõttu tuli visand joonistada ruumiliselt, et hiljem oleks võimalik aru saada, millisest kohast punkt täpselt mõõdetud on (vt Joonis 10).



Joonis 10. Erika tn 4 hoone fassaadi visand

2.11. Tekkinud probleemid

Peamiseks probleemiks kujunes ruumide ebapiisav valgustus ning selle tõttu kulus päris palju aega erinevate seinasihtmärkide juurde valgustuse paigaldamiseks (vt Foto 8). Kaasas oli kolm pealampi ning nende valgusvihk tuli suunata märkidele. Kuna kinnitusvõimalused seinale või kõrgematele objektidele tavaliselt puudusid, siis tuli asetada lambid põrandale, kuid polnud harv olukord, kui instrumendi juurde tagasi jõudes näitas valgus mujale ning tuli uuesti lampi sättima minna.

Pimedate ruumide puhul tuleb kindlasti kaasa võtta korralikult valgust näitavad lambid, mida on võimalik mugavalt erinevatesse asenditesse paigutada. Tasub kaasa võtta ka lisapatareid või olla kindel, et lambid terve mõõdistusaja vastu peavad.



Foto 8. Erika 4 ebapiisava valgustusega ruumid

Tähelepanu tasub pöörata ka õigele riietusele, sest ilm väljas ning ruumides võib oluliselt erineda. Kogu mõõdistusaja vältel oli õues enamjaolt väga soojad päikesepaistelised ilmad. Ruumides sees oli olulisemalt jahedam ning küllaltki rõske. Mõnedes ruumides oli katkiste akende tõttu tugev tuuletõmbus. Lühiajalisel ruumis viibimisel ei pruugi seda tajuda kuid pikemate mõõdistamiste puhul annab rõskus ning tuuletõmbus kindlasti tunda.

Et vältida külmetust, tasub riietuda kihiliselt või vähemalt võtta lisa riietus objektile kaasa.

KOKKUVÕTE

Lõputöö annab ülevaate hoone mõõdistamise protsessist ning erinevatest mõõdistamisvõimalustest.

Hooneid on vaja mõõdistada erinevatel eesmärkidel ning see tõttu võivad mõõdistamistulemused varieeruda lihtsast põhimõõttudega plaanist detailsete 3D joonisteni, millele on juurde lisatud tabelid ning muu vajalik info. Töö lihtsustamiseks objektil tasub ettevalmistusetapis kõik vajalikud punktid hoolega läbi mõelda.

Esimeses peatükis on kirjeldatud hoone mõõdistamise vajalikkust, ettevalmistusprotsessi ning lisaks on antud ülevaade kasutatud instrumentidest. Käsitletud on mõõdistamise klassikalisemaid meetodeid. Kirjeldatud on mõõdistuskäigu rajamise põhimõtet ning kõrguslikku sidumist nivelleerimise teel. Ülevaate saab ruumimõõdistamise üldistest põhimõtetest ning fassaadmõõdistamisest. Lühidalt on kirjeldatud plaanide ning lõigete koostamist.

Eraldi käsitlust leidsid vabajaama ehk vastulõikega instrumendi orienteerimine ning prismata tahhümeetriline mõõdistamine.

Vastulõikega instrumendi orienteerimise üheks eeliseks on instrumendi seisupunkti vaba asukoha valik, tingimusel, et seisupunktist on näha vähemalt kolme seinasihtmärki. Sellisel juhul saab kasutada mitmes erinevas seisupunktis samasid seinasihtmärke ning vea edasikandumise võimalus väheneb.

Prismata tahhümeetrilise mõõdistamise eeliseks võib pidada mõõdistamise ajalise kulu vähenemist ning võimalust üksinda mõõta. Laserkaugusmõõturiga on võimalik mõõta otse pinnalt ilma, et prismaga peaks igas mõõdetavas punktis olema.

Töö teises pooles on antud ülevaade hoone mõõdistamise protsessist konkreetsete hoonete näitel kasutades prismata tahhümeetrilist mõõdistamist ning distoga mõõdistamist. Kirjeldatud on objektil asuvaid hooneid, ettevalmistusprotsessi ning mõõdistuspõhise tegemist. Detailsemalt on kirjeldatud ruumide ning hoone välisgabariitide mõõdistamist, plaanide ja lõigete koostamist ning töös ette tulnud probleeme.

SUMMARY

The topic of the thesis is „Building surveying with example of ‘Arsenal’ war-factory“. The current thesis provides an overview of the building surveying process and different surveying methods.

There are different purposes to measure buildings (building redesign, renovation etc.) and therefore the results might vary from the simple plan with the main measures up to precise 3D drawings together with tables and other required information. To simplify the work on the site it is necessary to plan the entire steps prior the measure.

First paragraph describes the purpose of measuring a building, a process of preparation and an overview of the used geodetic equipment. In addition, classical methods of a measurement outlined – the principle of establishment measurement steps and adjusting heights by levelling. There is also given an overview about the basic principles of measuring building rooms and frontage. A brief description is given about drawing up layouts.

A special discussion is given for a free station orientation of instrument and for a total station measuring without prism.

An advantage of a resurrection is optional standing point locations following the condition that at least three leading marks are visible. In that instance it is possible to use same leading marks at several standing point and the transfer of mistakes would decrease.

An advantage of using a total station measuring without prism might consider a decrease of measuring length and an opportunity to measure alone. It is possible to measure with an electronic distance measurement straight from the surface with no need to be at every point with a prism.

On the second part of the thesis gives an overview of a building surveying process with a specific example, using total station and DISTO. The thesis describes the buildings, preparation process and construction of layouts. There is also a description of detailed measurement of rooms and the external walls of building, layouts and possible problems occurred.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Säätva Renoveerimise Infokeskus, 07 05 2014. [Võrgumaterjal].
Available: <http://www.miljooala.ee/?id=1567>.
- [2] R. Näpi, Hoonete mõõdistamine. Konspekt.
- [3] W. Irvine ja F. MacLennan, Surveying for Construction: Fifth Edition, McGraw-Hill Education, 2006, p. 315.
- [4] „Wikipedia,“ [Võrgumaterjal].
Available: <http://et.wikipedia.org/wiki/Abriss>. [Kasutatud 15 04 2014].
- [5] E. Ilves, „Elektrontahhümeetrid,“ 2011. [Võrgumaterjal].
Available: http://e-ope.ee/_download/euni_repository/file/1620/maam.zip/13%20loeng.pdf.
[Kasutatud 23 04 2014].
- [6] „Trimble 5503 Manual,“ [Võrgumaterjal].
Available: <http://www.geotrade.hu/index.php?page=letoltes&spage=fajl&id=17>. [Kasutatud 15 04 2014].
- [7] „Trimble Zeiss 5600 Manual“.
- [8] „I.V.A Leon,“ [Võrgumaterjal].
Available: <http://www.ivaleon.ee/leica-disto-a3/>. [Kasutatud 03 04 2014].
- [9] „Leica DISTO A3 Manual,“ [Võrgumaterjal].
Available: http://www.merlinlazer.com/assets/LeicaDISTO_A3_Manual26272.pdf.
[Kasutatud 03 04 2014].
- [10] E. Ilves, „Ehitiste märkimine maastikule,“ 2011. [Võrgumaterjal].
Available: http://www.e-ope.ee/_download/euni_repository/file/1605/eh%20geo.zip/Ehitiste%20m%84rkimine%20maastikule.pdf. [Kasutatud 23 04 2014].
- [11] Ehitusgeodeetiliste uurimistööde tegemise kord, 2007.

- [12] B. F. Kavanagh, Surveying with Construction Applications, 7th Edition, Prentice Hall, 2010, p. 545.
- [13] J. Pärtna, „Tehnoloogia areng laserskaneerimise näitel. Kui kauaks veel geodeete vaja on?“, Geodeet nr 41, pp. 74-76, 2011.
- [14] U. Mänd, „Ehitusprojekt. Konspekt“, [Võrgumaterjal].
Available: http://www.tud.ttu.ee/material/epi/Urmas_M6nd/H-4k-Ehitusprojekt.pdf.
[Kasutatud 04 05 2014].
- [15] Ehitusloa taotlemisel ehitusprojektile esitatavate nõuete kinnitamine (kehtetu), 1997.
- [16] O. Ovtšarenko, „Õpiobjekt“, 2012. [Võrgumaterjal].
Available: http://eprints.ttkk.ee/145/3/1_maja_lige.html. [Kasutatud 04 05 2014].
- [17] P. R. Wolf, Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics, 13th Edition, Pearson Education, 2012, p. 704.
- [18] „Trimble 5600 Series User Guide“, 2005. [Võrgumaterjal].
Available:
ftp://ftp.trimble.com/pub/tmsupport/5600_Geodimeter/5600%20User%20Guide%20571702011%20ver0600%20ENG.pdf. [Kasutatud 24 04 2014].
- [19] V. Kala, Kõrgema geodeesia alused, Tallinn: Eesti Mereakadeemia, 2004, p. 62.
- [20] E. Ilves, „Elektrontahhümeetrid. Konspekt“, 2011. [Võrgumaterjal].
Available: http://www.eope.ee/_download/euni_repository/file/1605/eh%20geo.zip/Nikon.pdf. [Kasutatud 23 04 2014].
- [21] M. Eensalu, „Sõjatehas „Arsenal“ dokumenteerimine ja eksperthinnang“, 2012. [Võrgumaterjal].
Available:
ftp://195.80.111.130/pub/HTTP/XX_saj._arhitektuur/eksperthinnangud/tallinn/Sojatehas_Arsenal/Arsenal-20.saj.eksperthinnang.pdf. [Kasutatud 02 05 2014].
- [22] E. A. Noy, Building Surveys and Reports, Second Edition, Blackwell Science, 1995, p. 15.

LISA 1. Erika tn 4 I korruse plaan

LISA 2. Erika tn 4 II korruse plaan

LISA 3. Erika tn 4 III korruse plaan

LISA 4. Erika tn 4 hoone ristlõiked

LISA 5. Erika tn 4 hoone pikilõige

LISA 6. Tööstuse tn 71 I korruse plaan

LISA 7. Tööstuse tn 71 II korruse plaan

LISA 8. Tööstuse tn 71 hoone ristlõige

LISA 9. Tööstuse tn 71 hoone pikilõige

LISA 10. Tööstuse tn 71A I korruse plaan

LISA 11. Tööstuse tn 71A hoone ristlõige

LISA 12. Tööstuse tn 71A hoone pikilõige A-A

LISA 13. Tööstuse tn 71A hoone pikilõige B-B