



TALLINNA
TEHNIKAÕRGKOO

Annika Toop - Maide

GEODEETILINE ALUSPLAAN

LÕPUTÕÕ

Tallinn 2024



Annika Toop - Maide

GEODEETLINE ALUSPLAAN

LÕPUTÖÖ

Ehitusinstituut

Rakendusgeodeesia

Juhendaja: Raivo Ranne, *MSc*

Tallinn 2024

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Annika Toop - Maide

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Geodeetiline alusplaan

- 1) reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada ja teha üldsusele kättesaadavaks Tallinna Tehnikakõrgkooli digiarhiivi DSpace kaudu;
- 2) reprodutseerimiseks pärast piirangu lõppu juhul, kui instituudi direktori korraldusega on kehtestatud lõputöö avaldamisele tähtajaline piirang.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi.

Autorideklaratsioon

Mina, Annika Toop - Maide

tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja ja iseenda varasematele teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

(allkirjastatud digitaalselt)

Juhendaja **Raivo Ranne**

Töö vastab lõputööle esitatavatele nõuetele.

(allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud instituudi direktori korraldusega.

(allkirjastatud digitaalselt)

(kuupäevad digiallkirjades)

SISUKORD:

SISSEJUHATUS	5
1 OBJEKT	6
1.1 Objekti kirjeldus.....	6
2 KASUTATUD GEODEETILISED INSTRUMENDID	7
3 TOPOGEODEETILISTE TÖÖDE TEOSTAMISEL ESITATAVAD NÕUDED.....	11
3.1 Regulatsioon välitöödeks.....	11
3.1.1 Nõuded geodeetilisele mõõdistusvõrgule.....	11
3.1.2 Nõuded tasapinnalisele mõõdistusvõrgule	11
3.1.3 Nõuded kõrguslikule mõõdistusvõrgule	12
3.1.4 Situatsioonimõõdistamise täpsusnõuded	12
3.2 Regulatsioon kameraaltöödeks.....	13
3.2.1 Digitaalse joonise kihijaotus ja leppemärgid	13
3.2.2 Digitaalse joonise ühikud ja koordinaatsüsteem	14
3.2.3 Objektide sidusus digitaalsel joonisel.....	14
3.2.4 Digitaalse joonise tekst.....	15
3.2.5 Värvitoonid digitaalsel maa-ala plaanil ja joonisel.....	15
3.2.6 Katastriüksuse kujutamine plaanil	15
3.2.7 Reljeefi kujutamine plaanil	16
3.2.8 Samakõrgusjooned	16
3.2.9 Kõlviku ja muu pinnaerisuse mõõdistamine ja kujutamine plaanil.....	17
3.2.10 Äärekivi kõrguse mõõdistamine ja kujutamine plaanil	17
3.2.11 Maa-aluse tehnovõrgu mõõdistamine ja kujutamine plaanil.....	18
3.2.12 Maapealse tehnovõrgu uurimine ja kujutamine plaanil.....	18
4 MÕÕDISTAMINE	19
4.1 Mõõdistusvõrgu loomise alused	21
4.1.1 GNSS mõõdistamine, elektrontahhümeetri orienteerumine ja vabajaama koordineerimine.....	21
4.2 Ettevalmistustööd välitöödeks.....	24
4.3 Maa-ala mõõdistamine	25
4.4 Mõõdistamisel ilmnunud probleemid	26
5 DIGITAALSE JOONISE KOOSTAMINE	27
KOKKUVÕTE	31
SUMMARY.....	32
VIIDATUD ALLIKAD.....	33

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö teemaks on "Geodeetiline alusplaan". Koostöös RM Grup-iga osutuks mõõdistatavaks objektiks Tuulna külas olev mõõdistamisobjekt. Antud töö tellijaks on uusarenduste arendaja Pinered OÜ. Objekt asub Harju maakonnas, Lääne-Harju vallas, Tuulna külas, Käpsi ja Pälli katastriüksustel. Töö eesmärgiks oli mõõdistada ja plaanil kujutada 5,5 hektariline maa-ala koos tehnovõrkudega, mis vastab looduses olevale situatsioonile.

Lõputöös käsitletakse erinevaid geodeetilise alusplaani koostamise etappe, mis hõlmab nii objekti tutvustust, sealhulgas kasutatud geodeetilisi instrumente. Kirjeldatakse väli- ja sisetööde läbiviimist ning teostamise põhimõtteid ning seadusest väljatoodud regulatsioone. Autor töötas käesoleval objektil geodeedipraktikandi ametikohal.

Isiklikuks eesmärgiks oli lõputöö raames viia enda paremini kurssi digitaalse plaani koostamise põhimõtetega, kuna olen kokku puutunud koolipraktikate tegemisel väligeodeedi tööga.

1 OBJEKT

1.1 Objekti kirjeldus

Möödistustööd telliti veebruarikuus ning teostati märtsikuu jooksul. Töö üleandmise tähtaeg oli 12.04.24. Töö eesmärk oli möödistada olemasolev maapinna kõrgus, et oleks võimalik planeerida tulevikus tehtavate pinnasetööde mahud, mis on eelnevalt vaja teha ridaelumubokside ehituseks. Tulevase projekti raames on vajalik leida sobiv lahendus maa-ala paranduseks, mille kohta tehakse eraldi projekt ning millega juhitakse ära alal olev pinnasevesi. Pinnase- ja sadeveed on hetkel suunatud lähedal asuvasse tiiki aga kuna drenaažisüsteem on amortiseerunud, siis vee äravoolu ei toimu piisaval määral.

Foto 1 on möödistatav maa-ala, kus pinnaseveetase väga kõrge.



Foto 1. Käpsi ja Pälli katastriüksus

2 KASUTATUD GEODEETILISED INSTRUMENDID

Välimõõdistustöö teostamiseks kasutati Trimble S5 elektrontahhümeetrit (Foto 2), Trimble Active Track 360°, Trimble GNSS vastuvõtjat R8 VRS Now võrku ning Trimble paneeli TSC3.



Foto 2. Trimble S5 elektrontahhümeeter [3]

„Kaasaegne elektrontahhümeeter koosneb elektrooniliselt nurgamõõturist, kaugmõõturist, arvutist ja salvestist. Veel kuuluvad mõõdistamiskomplekti prisma koos primasauaga, statiiv, treeger (koos adapteriga), aku, termomeeter, baromeeter jm.“ [4]

„Elektrontahhümeetriga saab mõõta primaga ühenduse korral kauguse ja fikseerida elektroonilise horisontaal- ja vertikaalringi lugemid. Vastavad programmid võimaldavad leida prismapunktida koordinaate (X, Y ja H) ja lahendada teisigi geodeetilisi ülesandeid.“ [4]

„Täpsete elektrontahhümeetritega saab mõõta nurki +/- 1 sek täpsusega ja mitmekilomeetrilisi kaugusi täpsusega +/- (1 mm + 2 ppm). Tavakasutuseks ettenähtud elektrontahhümeetrite täpsused on vastavalt +/-5 sek ja +/- (5 mm + 3 ppm – see

tähendab, et +/- 5 mm on püsiv joonemõõtmise viga, iga kilomeetriga mõõtepikkuses lisandub 3 mm." [4]

Järgnevalt on väljatoodud situatsiooni mõõdistamisel kasutatud elektrontahhümeetri Trimble S5 (Tabel 1) tehnilised andmed.

Tabel 1. Elektrontahhümeetri Trimble S5 tehnilised andmed [4]

Nurgamõõtmistäpsus	2"
Kauguse mõõtmise täpsus	1.0 mm + 2 ppm Prism/ 2.0 mm + 2 ppm DR
Mõõteaeg	1-5 sek
Mõõtmiskaugus, max	5500 m
Valgusallikas	Punane laserkiir lainepikkusel 905 nm
Kiire hajumine: horisontaalne ja vertikaalne	Horisontaalselt 4 cm 100 m-le; vertikaalselt 8 cm 100 m-le
Teleskoobi suurendus	30 x
Töötempertauuri vahemik	-20 kuni +50°
Kaal	5,4 kg

„Trimble GNSS vastuvõtja R8 puhul on tegemist vastuvõtjaga, mida kasutatakse mõõtmistöödel, kus on nõutud suur täpsus nagu seda on geodeesia, maamõõtmine ning navigatsioon [5].“

„Täppis- ehk maamõõdu- ja geodeetilisteks töödeks mõeldud GNSS-vastuvõtjate täpsus on sõltuvalt mudelist reaajas mõõtmisel 1-5 cm + 1–2 ppm ja staatilisel mõõtmisel 0,3–1 cm +0,5–1 ppm. Kõige parema ülevaate vastuvõtja täpsusest ja omadustest annab aga konkreetse seadme tehniline spetsifikatsioon.“ [5]

„Kindlasti tuleb aga rõhutada, et kõikides spetsifikatsioonides toodud täpsushinnangud kehtivad ideaaltingimustes mõõtmisel, s.t horisont on avatud 360°, mõõtmise ajal on kasutuses maksimaalne arv GNSS-satelliite ning kasutatud on õiget mõõtmismetoodikat [5].“

Elektrontahhümeetri Trimble S5 komplekti kuulus ka GNSS vastuvõtja Trimble R8 (Foto 3). GNSS vastuvõtja Trimble R8 tehnilised parameetrid on välja toodud tabelis 2.



Foto 3. Trimble R8 GNSS vastuvõtja [11]

Tabel 2. GNSS vastuvõtja Trimble R8 tehnilised andmed [10]

Samaaegselt jälgitavad satelliidisignaaliid	GPS: L1 C/A, L1C, L2C, L2E, L5 GLONASS: L1 C/A, L1P, L2 C/A, L2P, L3 Galileo: E1, E5A, E5B BeiDou (COMPASS): B1, B2 SBAS: QZSS, WAAS, EGNOS, GAGAN
Võrgupõhine RTK mõõtmine	Horisontaalne: 8 mm + 0,5 ppm RMS Vertikaalne: 15 mm+ 0,5 ppm RMS
Vee-ja tolmukindlus	IP67
Aku tööaeg ühe aku kohta	Kuni 5 tundi

Koos Trimble S5 elektrontahhümeetriga kasutati situatsiooni mõõdistamiseks Trimble Active Track 360° prismat (Foto 4). Active Track 360° prisma sobib kasutamiseks ainult Trimble S-seeria elektrontahhümeetritega. Tegemist on helkurprismaga, mis on võrreldes Trimble Multitrack Active Target prismaga palju kergem.



Foto 4. Trimble Active Track 360° [9]

Allpool tabelis 3 on välja toodud Trimble Active Track 360° peamised tehnilised spetsifikatsioonid.

Tabel 3. Trimble Active Track 360° [8]

Mudel	AT360
Tolmu – ja veekindlus	IP 55
Prismade arv	Helkuriba 360
Sihtmärgi kõrgus	135 mm
Prima konstant	+22 mm
Töötempertauuri vahemik	-20 kuni +50°
Kaal	630 g

3 TOPOGEODEETILISTE TÖÖDE TEOSTAMISEL ESITATAVAD NÕUDED

Käesolevas peatükis on väljatoodud Riigiteatajast olulisemad topo-geodeetilise uuringule esitatavad nõuded, mida tuli teada geoaluse mõõdistusel kameraaltööde tegemisel.

3.1 Regulatsioon välitöödeks

Järgnevas kolmes alapeatükis on välja toodud täpsusnõuded geodeetilise alusplaani koostamiseks.

3.1.1 Nõuded geodeetilisele mõõdistusvõrgule

„Mõõdistus tuleb siduda mõõdistamisvõrgu lähtepunktidega [1].“

„Kui mõõdistuseks ei piisa olemasolevatest lähtepunktidest, tuleb rajada mõõdistamisvõrk [1].“

„Mõõdistamisvõrgu arvutamisel loetakse riikliku geodeetilise võrgu ja kohaliku geodeetilise võrgu punktid võrdtäpseteks, välja arvatud mõõdistamisvõrgu rajamisel kõrgendatud täpsusnõuetega geodeetilise uuringu jaoks [1].“

3.1.2 Nõuded tasapinnalisele mõõdistusvõrgule

„Tasapinnaline mõõdistamisvõrk tugineb vähemalt kahele lähtepunktile [1].“

„Tasapinnalise mõõdistamisvõrgu punkti suurim lubatav viga lähimate lähtepunktide suhtes on M 1:500 tiheasustusega alal 5 sentimeetrit ja muul alal 8 sentimeetrit [1].“

„GNSS-mõõdistusega muudeks mõõdistusviisideks määratav baasjoone pikkus valitakse selline, et baasjoonele tuginev mõõdistus ei ulatu baasjoonest kaugemale kui baasjoone kahekordne pikkus [1].“

„RTK-tehnoloogiaga määratud mõõdistamisvõrgu punkti koordinaatide täpsusnõuete tagamiseks [1]:

- 1) mõõdetakse punkti vähemalt kahekordse initsialiseerimisega;
- 2) RTK-tehnoloogia toimivust kontrollitakse enne ja pärast mõõdistamist riikliku või kohaliku geodeetilise võrgu punktidel, mis on kantud geodeetiliste punktide andmekogusse, ning mõõtmistulemused dokumenteeritakse. Mõõdetud koordinaatide ja andmekogus olevate koordinaatide erinevus ei tohi ületada tiheasustusega alal 5 sentimeetrit ja muul alal 8 sentimeetrit, suurema vea korral tuleb kogu mõõdistamisvõrgu punktide mõõtmist korrata.“

„Situatsioonimõõdistamise ajal võib mõõdistamisvõrgu punktilt kuni baasjoonega võrdsele kaugusele, kuid mitte kaugemale kui 200 meetrit, rajada üksikuid ajutisi mõõdistamispunkte [1].“

3.1.3 Nõuded kõrguslikule mõõdistusvõrgule

„Kõrguslik mõõdistamisvõrk seotakse riikliku kõrgussüsteemiga, kasutades lähtereeperit riikliku või kohaliku kõrgusvõrgu punkti [1].“

„Kõrgusliku mõõdistamisvõrgu võib siduda kõrgusvõrku mittekaasatud lähtereeperiga juhul, kui kõrgusvõrguga sidumine on uuringu eesmärki arvestades eaproportsionaalselt pikk või kui kõrgusvõrguga sidumine ei taga kõrgusliku täpsuse paranemist [1].“

„Kõrgusliku mõõdistamisvõrgu punkti kõrguslik viga lähima lähtereeperi suhtes ei või olla suurem kui 5 sentimeetrit [1].“

„Ühe geodeetilise uuringu piires ei või kõrgusliku mõõdistamisvõrgu punktide omavaheline kõrguslik viga olla suurem kui 3 sentimeetrit või suurema kui 1 kilomeetri pikkuse vahemaaga objektidel suurem kui 3 sentimeetrit 1 kilomeetri pikkuse vahemaa kohta [1].“

3.1.4 Situatsioonimõõdistamise täpsusnõuded

„Maapealse situatsioonielemendi tasapinnalise asendi suurim lubatav viga on [1]:

- 1) hoone ja üheselt määratava kontuuriga rajatise asendi puhul 5 sentimeetrit lähimate mõõdistamisvõrgu punktide suhtes;

- 2) hoone ja üheselt määratava kontuuriga rajatise asendi puhul 7 sentimeetrit nende vastastikusel asendis;
- 3) tehnovõrgu kaevu, aia, piirde, tee ja platsi servade, erinevate postide ja väiksemate tugitarindite ning muu rajatise asendi puhul 8 sentimeetrit lähimate mõõdistamisvõrgu punktide suhtes;
- 4) reljeefielemendi ja kõlviku piiride asendi puhul 1 millimeeter plaanil lähimate mõõdistamisvõrgu punktide suhtes."

„Maapealse situatsioonielemendi suurim lubatav kõrguslik viga lähimate mõõdistamisvõrgu punktide suhtes on [1]:

- 1) püsikatendi, kaevukaane, vundamendi sokli või sarnase rajatise puhul mõõtkavades 1:500 ja 3 sentimeetrit;
- 2) muude maapinnapunktide puhul mõõtkavas 1:500 10 sentimeetri."

„Metsamaastikul võib kõrguslikku viga suurened 1,5 korda [1]."

„Kaevu uurimisel toru ja kaevu põhja kõrguste viga lähimate mõõdistamisvõrgu punktide suhtes ei või olla suurem kui 3 sentimeetrit + 1% toru või kaevu põhja sügavusest kaevu luugi suhtes [1]."

3.2 Regulatsioon kameraaltöödeks

3.2.1 Digitaalse joonise kihijaotus ja leppemärgid

„Plaani mittepuutuvate jooniseelementide kujutamisel võib kasutada mittekajastatud muid sümbolelemente, kuid need sümbolelemendid peavad olema kihil „VORMISTUS” või „ABIJOONIS”. Vajadusel luuakse lisaks alamkiht, mille puhul kihinimetuse algus jääb samaks ja alakriipsu järele lisatakse vajalik laiend.” [1]

„Viitejoon ja -riiul kujutatakse joonestiiliga „Viitjoon” [1]."

„Leppemärkide kujutamisel kasutatakse järgmisi sümbolelementide ja joonte skaalafaktorit M 1:500 on skaalafaktor 0,5 [1]."

„Sümbolelemendid orienteeritakse põhjasuunas, või selgituste veerus toodud tingimuste kohaselt objektidega paralleelselt või risti. Teist objekti varjavat leppemärki võib ümber oma kinnituspunkti pöörata.” [1]

„Digitaalselt jooniselt tuleb eemaldada töö teostamisel loodud, aga kasutamata jäänud ajutised: kihid, sümbolelemendid, joone- ning tekstistiilid [1].“

3.2.2 Digitaalse joonise ühikud ja koordinaatsüsteem

„Digitaalne joonis koostatakse meetermõõdustikus, seejuures ühele jooniseühikule vastab 1 meeter maastikul [1].“

„Digitaalne joonis esitatakse tasapinnalisena (kahemõõtmelisena), millel kõik objektid paiknevad nullkõrgusel, kasutades kehtivat geodeetilist süsteemi [1].“

„Juhul kui koostatakse ka digitaalne maapinnamudel, võib digitaalne joonis sisaldada maapinnamudeli esitamiseks kasutatud kolmemõõtmelisi punkte ja murdjooni [1].“

3.2.3 Objektide sidusus digitaalsel joonisel

„Digitaalse joonise elementide kinnituspunktide koordinaadid X ja Y kajastavad kujutatud objektide tegelikke asukohti [1].“

„Digitaalse joonise joonelemendid on sidusad [1].“

„Maapinnamudeli joonelementide lõikumispunktides on lõikuvatel joonelementidel käänupunktid järgmistel juhtudel [1]:

- 1) kihist „HOONEVALISPIIR“ joonestiil „HOONEVALISPIIR“;
- 2) kihist „TEE“ joonestiilid „ASFBET“, „KRUUSKILL“, „AAREKIVI“, „TREPP“, „SILD“;
- 3) kihist „RAJATIS“ joonestiil „RAJATISP“;
- 4) kihist „RELJEEF“ joonestiilid „NOLVAALL“, „NOLVAPEAL“, „NOLVAKINDL“, „JARSAK“;
- 5) kihist „VEEKOGU“ joonestiilid „KRAAVIPERV“, „KRAAVIPOHI“.

„Pindobjekti kirjeldavate leppemärkide, leppelühendite ja kirjete kinnituspunktid jäävad selle pindobjekti kontuuri sisse ja teksti kinnituspunkt valitakse nii, et teksti kõrguse muutmisega kaasnev nihe ei halvendaks plaani loetavust [1].“

„Teksti ja sümbolelementide kujutiste alla jäävad joonobjektid on katkematud [1].“

3.2.4 Digitaalse joonise tekst

„Selgitav lühend paigutatakse selgitatava objektiga samale kihile [1].“

„Tekst esitatakse digitaalsel joonisel lääne-ida suunaliselt, välja arvatud objektiga paralleelselt orienteeritav tekst [1].“

„Objektiga paralleelselt orienteeritud tekst esitatakse suunaga vasakult paremale, teksti asetuse kaldenurk on 0–180 ° kraadi. Teksti võib joonisel pöörata või vähendada ainult teise objekti varjamise vältimiseks.“ [1]

„Tekstikõrguse kordaja M 1:500 plaanil 0,5 [1].“

3.2.5 Värvitoonid digitaalsel maa-ala plaanil ja joonisel

„Digitaalsel maa-ala plaanil võib kasutada kõiki värvitoone, välja arvatud mustale või valgele värvitoonile lähedasi värvitoone, mis kuvaril või väljatrükil võivad jääda märkamatuks [1].“

„Digitaalse joonise koostaja omistab soovitud värvitooni kihile [1].“

„Digitaalse joonise elemendi värvitoon tuleneb digitaalse joonise kihitabelist, kus peab elemendile olema määratud kihijärgne värvitoon [1].“

„Elemendi värvitoon katastripiiri kihtidel „PIIR“ ja „PIIRIMLEITUD“ määratakse vastavalt Topo-geodeetilise uuringule ja teostusmöödistusele esitatavates nõuetes.“ [1]

3.2.6 Katastriüksuse kujutamine plaanil

„Digitaalse katastrikaardi alusel kantakse plaanile kõik möödistusalasse jäävad maakatastris registreeritud katastriüksuste piirid, nende katastritunnused ja lähiaadressid. Kõik piirid kujutatakse plaanil terviklikena, ka need, mis osaliselt jäävad väljapoole möödistusala.“ [1]

„Piiri kujutamise värvid ja RGB-koodid on [1]:

- 1) riiklikult kehtestatud geodeetilises süsteemis möödistatud piir – punane toon, nr 240, RGB-kood 255,0,63;

- 2) kohalikus või muus geodeetilises süsteemis mõõdistatud piir – tumesinine toon, nr 164, RGB-kood 0,31,127;
- 3) plaani- või kaardimaterjali alusel vormistatud piir – heleroheline toon, nr 73, RGB-kood 124,165,82."

„Uuringu käigus mõõdistatakse mõõdistusala ulatuses ja kantakse plaanikihile „PIIRIMLEITUD” mõõdistamisel leitud võimalikud kehtivad piirimärgid [1].”

„Uuringu lähteülesandes ettenähtud juhul kantakse mõõdistusala piires plaani kihile „PIIRIMLEITUD” piiriprotokolli järgsed katastriüksuse piirid sellisena, nagu seda võimaldab parim arusaam mõõdistustulemusest, katastriüksuse plaanist ja piiriprotokollist [1].”

„Plaani kirjanurga kohale lisatakse märkus katastriüksuste piiriandmete päritolu ja aja kohta [1].”

„Digitaalselt katastrikaardilt saadud katastriüksuse piiriandmete korral märgitakse katastrikaardi väljavõtte tegemise aeg ning märkus, et kihil „PIIR” esitatud piirijoonte asukohad on informatiivsed [1].”

3.2.7 Reljeefi kujutamine plaanil

„Plaanil esitatakse kõrguspunkte järgmiselt [1]:

- 1) M 1:500 plaanil on kõrguspunktide suurim samm 20 meetrit ja vähim hulk plaani väljatrükkis 6 punkti/ruutdetsimeetrit;
- 2) katendiga tee ristprofiilid (kõrguspunktid teega ristuv asetuses).”

3.2.8 Samakõrgusjooned

„Samakõrgusjooned ehk horisontaalid kantakse plaanil alale järgmiste tingimuste üheaegsel esinemisel [1]:

- 1) ala pindala on vähemalt 2000 ruutmeetrit;
- 2) ala suurim kõrguste vahe ületab kolmekordse löikepindade vahe.”

„Horisontaale ei kanta plaanil [1]:

- 1) ehitise alale, hoonele ja katendiga teele;
- 2) inimtegevuse tagajärjel tekkinud kuhjatise või tõngermaa alale juhul, kui nad ei iseloomusta looduslikku reljeefi adekvaatselt;

- 3) nõlvale, mida kujutatakse plaanil nõlva või järsaku leppemärgiga;
- 4) veekogu alale."

„Mõõtkavas M 1:500 on põhihorisontaalide lõikepindade vaheks 0,5 meetrit [1]."

„Kohas, kus lõikevahe ei võimalda mikroreljeefi täpselt edastada, võib mõõtkavaga M 1:500 plaanidel kasutada poolhorisontaale lõikevahega 0,25 meetrit ja 0,75 meetrit [1]."

„Paarisarvulisele absoluutkõrgusele vastavad horisontaalid kujutatakse mõõtkavaga M 1:500 plaanil 0,3 millimeetri paksuse joonega [1]."

„Horisontaalidele lisatakse langujooned ja absoluutkõrgused nii, et numbrite jalad oleksid langu suunas [1]."

„Horisontaalide kõrgusarvude tihedus valitakse selline, et reljeefi langusuunad oleksid maa-ala plaanil visuaalselt kergesti tajutavad [1]."

3.2.9 Kõlviku ja muu pinnaerisuse mõõdistamine ja kujutamine plaanil

„Mõõdistatakse kõlvik ja muu pinnaerisus, mille kontuuri pindala plaanil on üle 30 ruutmillimeetri [1]."

„Kõlvikud ja muud pinnaerisused, mille hulka kuuluvad ka pindobjektist ehitised, näidatakse plaanil selle väliskontuure kujutavate murdjoonte abil, arvestades kujutamiseks kasutatakse erinevaid joonestiile lähtuvalt määrusele lisast [1]."

„Eri kõlvikud, aga ka samasse prioriteediklassi jäävad pinnaerisused eristatakse plaanil punktiirjoonega „KOLVIK” [1]."

3.2.10 Äärekivi kõrguse mõõdistamine ja kujutamine plaanil

„Äärekivi puhul mõõdistatakse ja esitatakse plaanil maapinna kõrgused kahel pool äärekivi [1]."

„Maapinnamudelita uuringul võib äärekivi kujutada ühekordse sõidutee poolse serva joonega [1]."

3.2.11 Maa-aluse tehnovõrgu mõõdistamine ja kujutamine plaanil

„Maa-alune tehnovõrk kantakse maa-ala plaanile, eelistades andmeallikaid järgmiselt [1]:

- 1) välimõõdistamine;
- 2) kaevu uurimine;
- 3) varasem teostusmõõdistus;
- 4) tehnovõrgu omanik või valdaja.“

„Maapealne ja maa-alune tehnovõrk ühendatakse maa-ala plaanil sidusalt [1].“

„Varasema uuringu andmeid kasutatakse juhul, kui eelnevalt loetletud tegevuste tulemusel ei õnnestu tehnovõrgu olemasolu ja asukohta tuvastada [1].“

„Varasema uuringu ja teostusjoonise andmete tõepärasust kindlustatakse pistelise kontrolliga [1].“

„Lähteülesandes sätestatud juhul määratakse tehnovõrgu asukoht trassiotsijaga [1].“

„Omaniku või valdaja andmete alusel plaanile kantud tehnovõrgu kohta tehakse vastav märgi uuringu aruandesse [1].“

„Maa-aluste tehnovõrkude uurimine toimub M 1:500 tehtava uuringu korral [1].“

„Kui torustikul mõõdistusallas puudub uurimisandmetega kaev, juurde märgitakse plaanile torude materjalid ja läbimõõdud millimeetrites [1].“

3.2.12 Maapealse tehnovõrgu uurimine ja kujutamine plaanil

„Maapealse tehnovõrgu uurimine tehakse lähteülesandes sätestatud juhul [1].“

„Maapealne tehnovõrk kantakse plaanile vastavalt mõõdistustulemusele [1].“

4 MÕÕDISTAMINE

„Geodeetiline alusplaan e. geoalus on topo- geodeetilise uuringu tulemus. Geodeetilise alusplaani koostamiseks mõõdistatakse ala, mis on seotud planeeringuga või millele on vaja koostada ehitusprojekt.“ [7]

„Geoalus koostatakse olukorrast, mis on hetkel mõõdistaval maa- alal: mõõdistatakse nt kõik kinnistul olevad hooned, teed, haljastus ja ka maa- alused trassid (kaablid, vee- ja kanalisatsioonitrassid) [7].“

„Geoalus on projekteerija jaoks n-ö aluseks, mille toel toimub projekteerimine. Projekteerija jaoks on tähtis, et geoalus oleks kvaliteetne- see aitab ette näha erinevaid lahkheliseid.“ [7]

Enne mõõdistusvõrgu loomist kontrolliti objekti läheduses asuvate punktidel HKR-3 (Foto 5) ja HKR-4 (Foto 6) GNSS vastuvõtja Trimble R8 täpsust, tegu on kohaliku geodeetilise võrgu esimest järku punktidega.



Foto 5. Geodeetiline kohaliku võrgupunkt HKR-3

Punktide läheduses asub ka kõrgusvõrgu punkt nr 8126, millele on antud ligikaudsed koordinaadid, tasapinnaliselt (X;Y) viga kuni 1 m, mida antud töö raames ei kasutanud, kuna HKR-4 punkti suhtes anomaaliaid ei esinenud.

„HKR-3 punkti tasapinnalised ristkoordinaadid on $X=6577677,377$; $Y=515768,211$, mille normaalkõrguseks on $H_{EH2000}=18,122$ m [12].“

Punkti betoonkaitse krae vedeles tee ääres kraavis ning tekkis kahtlus, et punkt on saanud kahjustada.

„HKR-4 (Foto 6) tasapinnalised ristkoordinaadid on [13]:

- $X=6577778,869$;
- $Y=516159,511$;
- $H_{EH2000}=26,052$ m.“



Foto 6. Geodeetiline kohaliku võrgupunkt HKR-4

4.1 Mõõdistusvõrgu loomise alused

„Geodeetilise mõõdistusvõrgu rajamise eesmärgiks on maa-ala plaani koostamiseks vajalike tugipunktide saamine, mille suhtes määratakse situatsiooni elementide ja maastiku objektide asend [6].“

„Kui mõõdistatav ala on väike ja läheduses puuduvad kõrgema klassi või varem rajatud muud geodeetilised punktid, on lubatud rajada geodeetiline mõõdistusvõrk ka iseseisva võrguna [6].“

„Topograafilise plaani koostamiseks on vajalik määrata geodeetilise mõõdistusvõrgu punktidele nii ristkoordinaadid X , Y kui ka absoluutne kõrgus H . Kõrgus määratakse trigonomeetrilise või geomeetrilise nivelleerimise teel.“ [6]

„Järjestikuste alusvõrgu punktide vahel peab olema nähtavus joonepikkuste mõõtmiseks ja nurkade mõõtmiseks polügooni punktide vahel. Samuti peab olema tagatud nähtavus mõõdistavatele situatsioonipunktidele.“ [4]

4.1.1 GNSS mõõdistamine, elektrontahhümeetri orienteerumine ja vabajaama koordineerimine

„GNSS-mõõtmine põhineb raadiosignaalide, mis on oma olemuselt elektromagnetilised lained, edastamisel satelliitidelt vastuvõtjasse [5].“

Objektil kasutati GNSS vastuvõtjat Trimble R8. HKR-4 (Foto 6) koordinaatide erinevused kohaliku geodeetilise punkti HKR-4 koordinaatidega võrreldes olid X suunal 0,004 m ja Y suunal 0,003 m kõrguslikult aga 0,006 m. HKR-4 võeti GNSS vastuvõtja kontrollpunktiks. Mõõdistusala on näidatud fotol 7, mille kontrollpunktiks oli HKR-4.

Autori arvates oleks geoaluse mõõdistusvõrgu kõrguslikuks aluseks soovinud võtta kohaliku geodeetilise võrgupunktiga HKR-4. Seda lihtsalt põhjusel, et lähitulevikus on vajadus teostada objektil ehitusgeodeetilisi töid, kus suurem täpsus on nõutud.

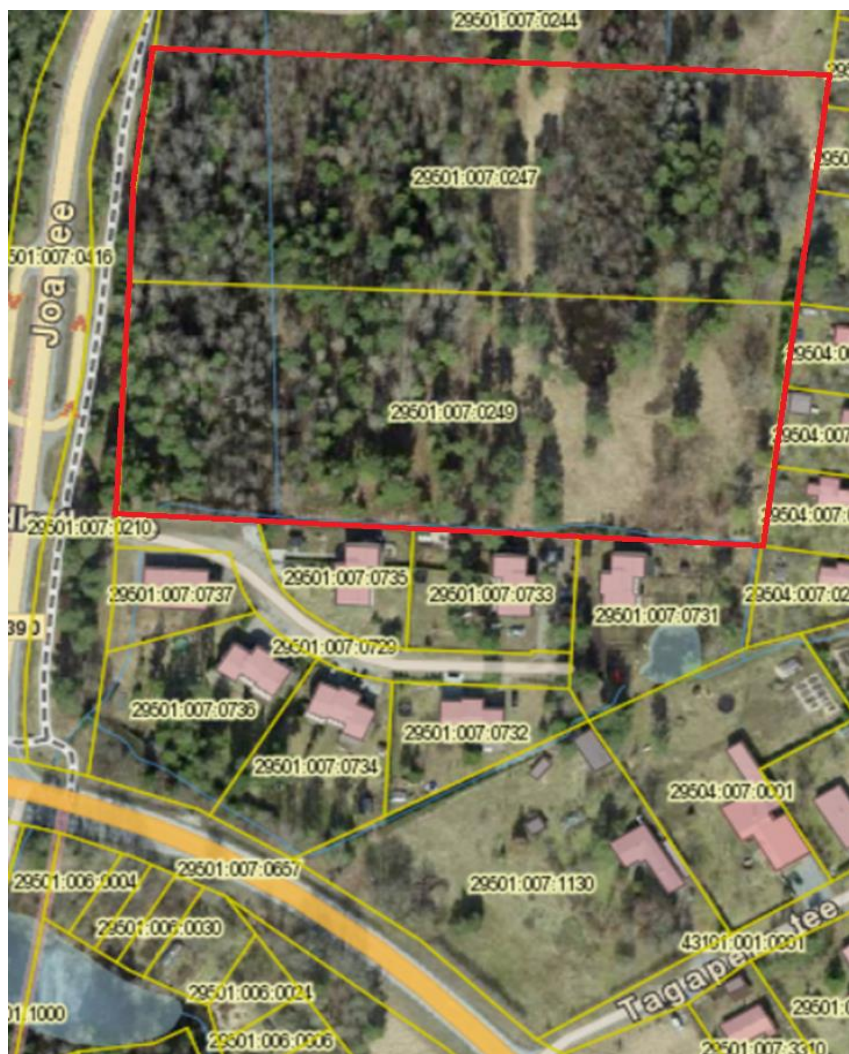


Foto 7. Käpsi ja Palli mõõdistusala [14]

„Elektrontahhümeetri orienteeritus tähendab sellist olukorda, kui elektroonilise limbi 0 lugem on orienteeritud X-telje suunas ehk horisontaalringi lugem võrdub viseerimiskiiresuunalise direktsiooninurgaga [4].“

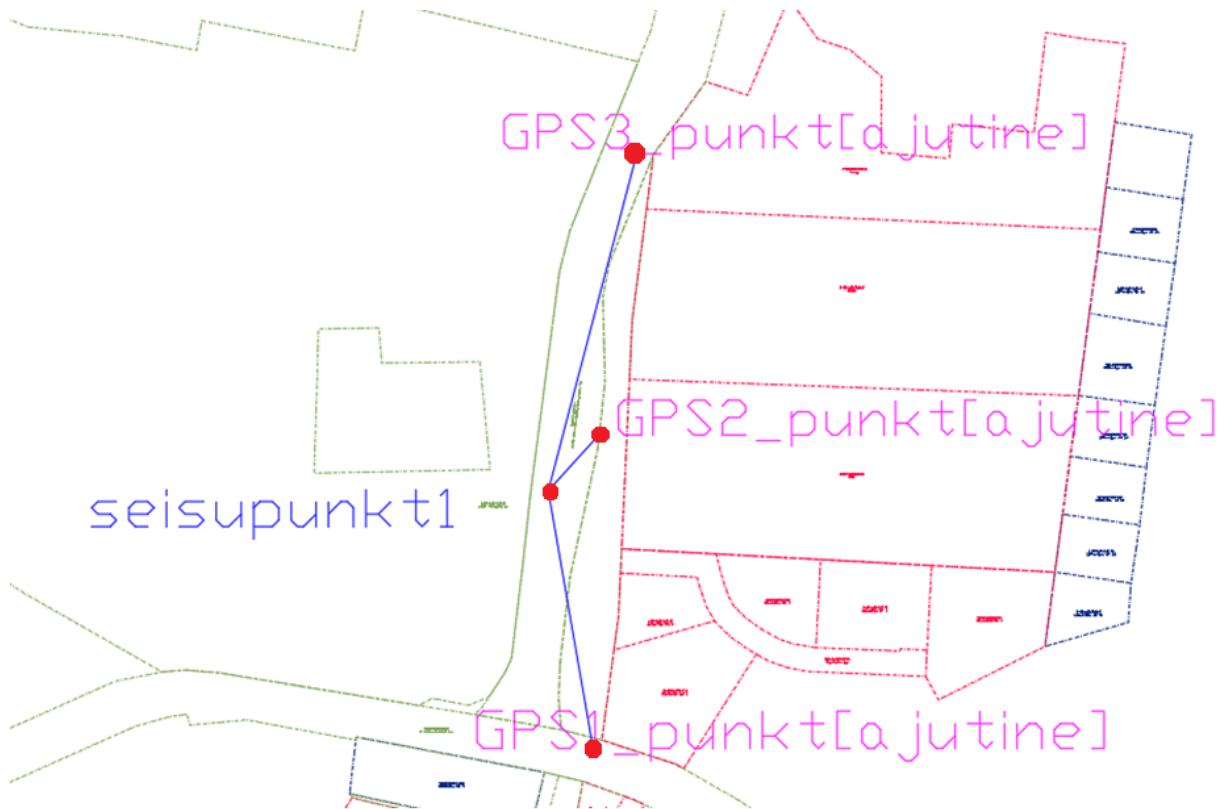
Orienteerimiseks kasutati vabajaama meetodit.

„Kus olles instrumendiga nn vabal seisupunktil, millelt on nähtavus vähemalt kahele koordineeritud punktile, milledele on võimalik prismaga minna. Sel juhul arvutab vastav standardprogramm vaba seisupunkti koordinaadid ning on tagatud ka instrumendi (limbi) õige orienteerimine.“ [4]

Elektrontahhümeeter orienteeriti vabajaama meetodit kasutades. GNSS vastuvõtja Trimble R8-ga koordineeriti 3 punkti, mis olid maa-ala koostamise tugipunktid. Ühe GNSS mõõdistuse mõõtesaeg oli 60 sekundit, kahekordse initsialiseerimisega. See tähendab seda, et peale esimest mõõdistust kaotati tahtlikult side GNSS vastuvõtja Trimble R8 ja

satelliitide vahel. Teistkordse ühenduse saavutamisel tehti teine mõõtmine. Punkti koordinaatideks määrati väliarvutis 2 mõõtmistulemuse keskmised tulemused.

Enne mõõtmisi teostati kontrollmõõtmine punktil HRK-4.



Joonis 1. Käpsi ja Pälli maa-ala koordineeritud punktid

Kõrguslikuks aluseks võeti GPS2 punkt (Joonis 1) ning kõrgus kanti teistele gps-punktidele trigonomeetrilise nivelleerimise meetodi teel. GNSS seadmega mõõtmisel erines tulemus trigonomeetrilise nivelleerimisest 20-25 mm võrra. Põhiline situatsioonimõõdistus toimus metsamaasikul, mille täpsus antud juhul jäi lubatud vigade piiresse Kõrgus kanti üle seisupunkti 1 olles. Valik osutus GPS2 punkti kasuks, kuna tegu oli bussipeatusega, millel oli paigaldatud hiljuti püsikatend. GPS2 punkti kõrgus oli kõige usaldusväärsem. Asfaltkatte suurim lubatud kõrguslik viga lähimate mõõdistamisvõrgu punktide suhtes on mõõtkavas M 1:500 3 cm.

Käesolevas töös loodi mõõdistamisvõrk kolme GPS punktina.

Saadud kindelpunktide koordinaadid on järgmised:

- GPS1: X=515221,809; Y=6578423,936; Z=11,321 m;
- GPS2: X=515201,805; Y=6578298,859; Z=11,829 m;
- GPS3: X=515202,101; Y=6578154,341; Z=11,715 m.

„Trigonomeetriline nivelleerimine (topograafiline ehk geodeetiline ehk kaldkiirega nivelleerimine) on punktidevahelise kõrguskasvu määramine viseerimiskiire vertikaalnurga suuruse (v) ja punktidevahelise kauguse (d) järgi (arvestades instrumendikõrgust i ja viseerimiskõrgust v) [4].“

4.2 Ettevalmistustööd välitöödeks

Eelnevalt tutvuti objektiga maa-ameti kodulehel. Allpool väljatoodud geoportaali väljavõtelt on näha Käpsi (29501:007:0247) ja Pälli (29501:007:0249) katastriüksustelt voolab läbi kraav kuhu voolavad pinnase- ja sadeveed. Fotel 8 olevat kraavi tegelikkuses ei ole tegemist on märgalaga, mis on ühtlaselt vee all. Katastriüksustel olev pinnase-ja sadeveed peaksid olema ärajuhitud kraavide ning truupide kaudu lähedal asuvasse tiiki, mis on välja toodud fotol 8 vasakul nurgas. Kõige olulisemaks kõrguseks antud objektil oli just kraavi põhja kõrgus, mis suubub antud tiiki. Maaüksused on mõõdistatud riiklikus geodeetilises L-Est97 süsteemis.



Foto 8. Geoportaali väljavõte [15]



Foto 9. Käpsi ja Pälli katastriüksuse märgala

Ettevalmistustööde hulka kuulub seadmete väline kontroll, enne objektile minekut tuleb üle vaadata, kas tööde teostamiseks vajalik riistvara on kaasas. Eelneval päeval tuleb panna akud laadima ning kõik vajalik kokku pakkida.

4.3 Maa-ala mõõdistamine

Maa-ala mõõdistamisel tehti 6 vaba jaama ehk seisu, instrument koordineeriti ja orienteeriti kahe kindlapunkti alusel jälgides, et vähemalt antud seisupunktist paistaks 2 eelnevalt koordineeritud punkti (GPS1, GPS2 ja GPS3). Kõrgus saadi kõigil juhtudel punktilt GPS2

Kõigi kuue vaba jaama puhul jälgiti instrumendi poolt toodud X- ja Y-teljelisi vigu, mis ei ületanud 1 cm.

Maa-ala mõõdistati tahhmeetrilise mõõdistusena.

Asfaltkattega tee mõõdistus teostati 20-25 meetriste profiilidena sirglõikudel, käänakutel võeti punktid umbes 0,5 meetriste vahedega, et käänakute piirjooned ilusti välja joonestuksid joonisel. Mõõdistati nii asfaltkatte piir kui ka kruusaperv.

Äärekivide puhul võeti punkt äärekivi ette asfaltkatte peale, teine punkt aga äärekivi tagumisele servale.

Kraavide puhul mõõdistati nõlva pealt ja nõlva alt murdekoht.

Truupide puhul mõõdistati punkt truubi peale, truubi põhja ning kraavi põhja. Kohe sisestati ka truubi materjali tüüp näiteks pl, bet või met.

Tunnuspostid, pingid, liiklusmärgid ning sõidutee ja kergliiklustee vahel olevad puud mõõdistati elektrontahhümeetriga Trimble S5, seal kus vaja kasutati offset-i võimalust.

Kaevukaante ja maakraanide peale ning kõrvale mõõdistati kõrgused.

Tehnovõrkude paiknemine kooskõlastati Telia ja Elektrileviga ning kanti joonisele.

Situatsioon kaardistati tahhümeetrilise mõõdistamise teel. Mõõdistati sõidu-ja kergliiklustee koos bussipeatusega, truubid, teeservas olevad kraavid, liiklusmärgid. Osaliselt mõõdeti ka naaberkinnistul olevad hooned ning rajatised.

4.4 Mõõdistamisel ilmnenu probleemid

Üheks põhiliseks probleemiks objektile saabudes ilmnis väga kõrge pinnaveetase. Käpsi ja Pälli maaüksused olid suuremalt jaolt jää ning vee all. Pinnas oli vett täis ja väga pehme. Sadevetesüsteem oli amortiseerunud, sadevete truubid uppunud ja sadevee kaevud veega täitunud.

Eelnimetatud tingimustes ei olnud võimalik instrumenti metsas püsti panna ega orienteerida, sel juhul kasutati plaani koostamisel Reaalprojekti tehtud geoalust.

5 DIGITAALSE JOONISE KOOSTAMINE

Joonis koostati CAD tarkvaraga zwcad programmiga. Punktid imporditi programmi NetFileIn käsuga. Punktid loeti sisse järgmiste parameetritega (Foto 10).

The screenshot shows the 'NetFileIn' application window. At the top, there's a 'Fail' (File) section with a text input field, a 'Fail...' button, a 'Tüüp' (Type) dropdown set to 'Nr,X,Y,H,K1,(K2)', and a 'Loe' (Load) button. Below this are three tabs: 'Üldine' (General), 'Kodeerimine' (Encoding), and 'Andmed' (Data). The 'Üldine' tab is active, showing several configuration groups:

- Punkti number** (Point number): Includes checkboxes for 'Kirjutun' (checked) and 'Tühik (ette/taha)' (checked), a 'Joondamine' (Association) dropdown set to 'Alumine vasak', a 'Kiht' (Layer) dropdown set to 'MOOTNR', and input fields for 'Kõrgus' (0.1), 'Kalle' (0), and 'Värv' (ByLayer) with a 'Värv' button.
- Ring** (Ring): Includes checkboxes for 'Joonistan' (checked), 'Ring' (selected), and 'Punkt', a 'Raadius' (Radius) input field set to 0.1, a 'Kiht' (Layer) dropdown set to 'MOOTMPUNKT', and 'Värv' (ByLayer) and 'Värv' buttons.
- Kõrgus** (Height): Includes checkboxes for 'Kirjutun' (checked) and 'Tühik (ette/taha)' (checked), a 'Joondamine' (Association) dropdown set to 'Ülemine vasak', a 'Kiht' (Layer) dropdown set to 'Mootkorg-EH2000', a 'Täpsus' (Precision) dropdown set to '#0.00', and input fields for 'Teksti kõrgus' (0.1), 'Kalle' (0), and 'Värv' (ByLayer) with a 'Värv' button.
- Punkti kood** (Point code): Includes checkboxes for 'Kirjutun' (checked) and 'Tühik (ette/taha)' (checked), a 'Joondamine' (Association) dropdown set to 'Alumine parem', a 'Kiht' (Layer) dropdown set to 'MOOTKOD', and input fields for 'Teksti kõrgus' (0.1) and 'Värv' (ByLayer) with a 'Värv' button.
- 3D punkt** (3D point): Includes a 'Joonistan' (checked) checkbox, a 'Kiht' (Layer) dropdown set to 'Maamudel-EH2000', and 'Värv' (ByLayer) and 'Värv' buttons.
- Kaabli sügavus** (Cable depth): Includes a 'Kirjutun' (checked) checkbox, a 'Kiht' (Layer) dropdown set to 'h_kaabel', and input fields for 'Süg' (0.7) and 'Värv' (ByLayer) with a 'Värv' button.

On the right side, there's a 'Muud määrangud' (Other settings) section with:

- Möötkava** (Scale): A 'Möötkava' dropdown set to '1:500'.
- Koordinaatide parandus** (Coordinate correction): Input fields for 'X-koord' (0), 'Y-koord' (0), and 'Z-koord' (0).
- Teljestik** (Coordinate system): Radio buttons for 'Globaalne' (selected) and 'Kasutaja'.
- 2D/3D**: Radio buttons for '2D' (selected) and '3D'.
- Tekst** (Text): A 'Teksti stiil' (Text style) dropdown set to 'Standard'.
- Kodeerimine** (Encoding): Checkboxes for 'Kodeeritud' (checked) and 'Joonetega'.
- AutoSave**: A checked checkbox.
- Buttons: 'Taasta Algmäärangud' (Reset default settings), 'Loe Määrangud' (Load settings), and 'Salvesta Määrangud' (Save settings).

At the bottom right are 'Joonista' (Draw) and 'Välja' (Exit) buttons. The status bar at the bottom left says 'Andmed loetud.' (Data loaded).

Foto 10. NetFileIn parameetrite valik

Faili nuppu klikates valiti punktide kaust. Seejärel valiti koodifail (Foto 11), mis tuvastab ära kindlale punkti koodile vastava tingmärgi ning selle kihi. Sealjuures on oluline, et välitöödel tehti mõõdistus õigete koodidega.

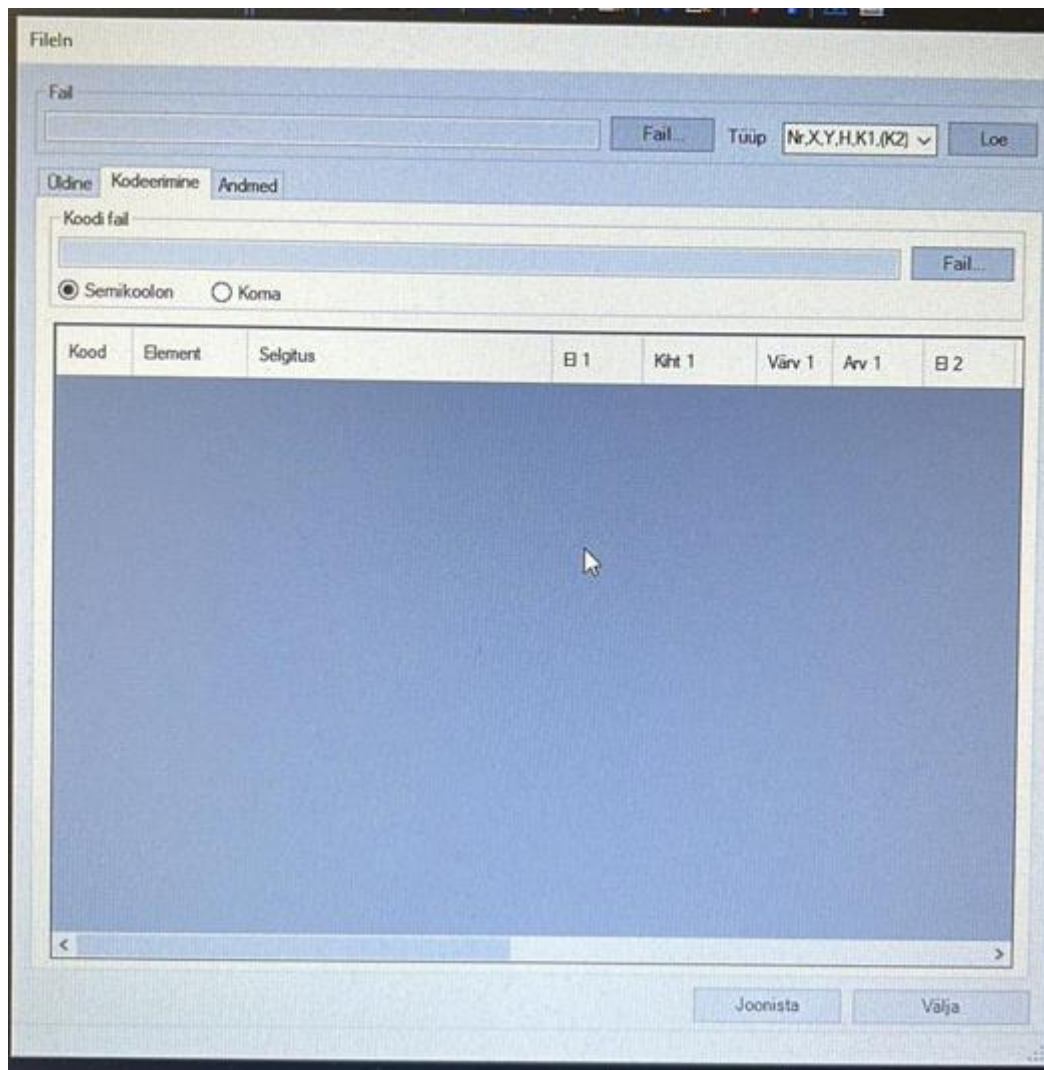


Foto 11. Koodifaili valik

Järgmise sammuna klikati nupp Üldine, see samm viib parameetrite valiku juurde tagasi. Viimaste sammudena tuleb klikata Loe määrangud ning Joonista (Foto 12).

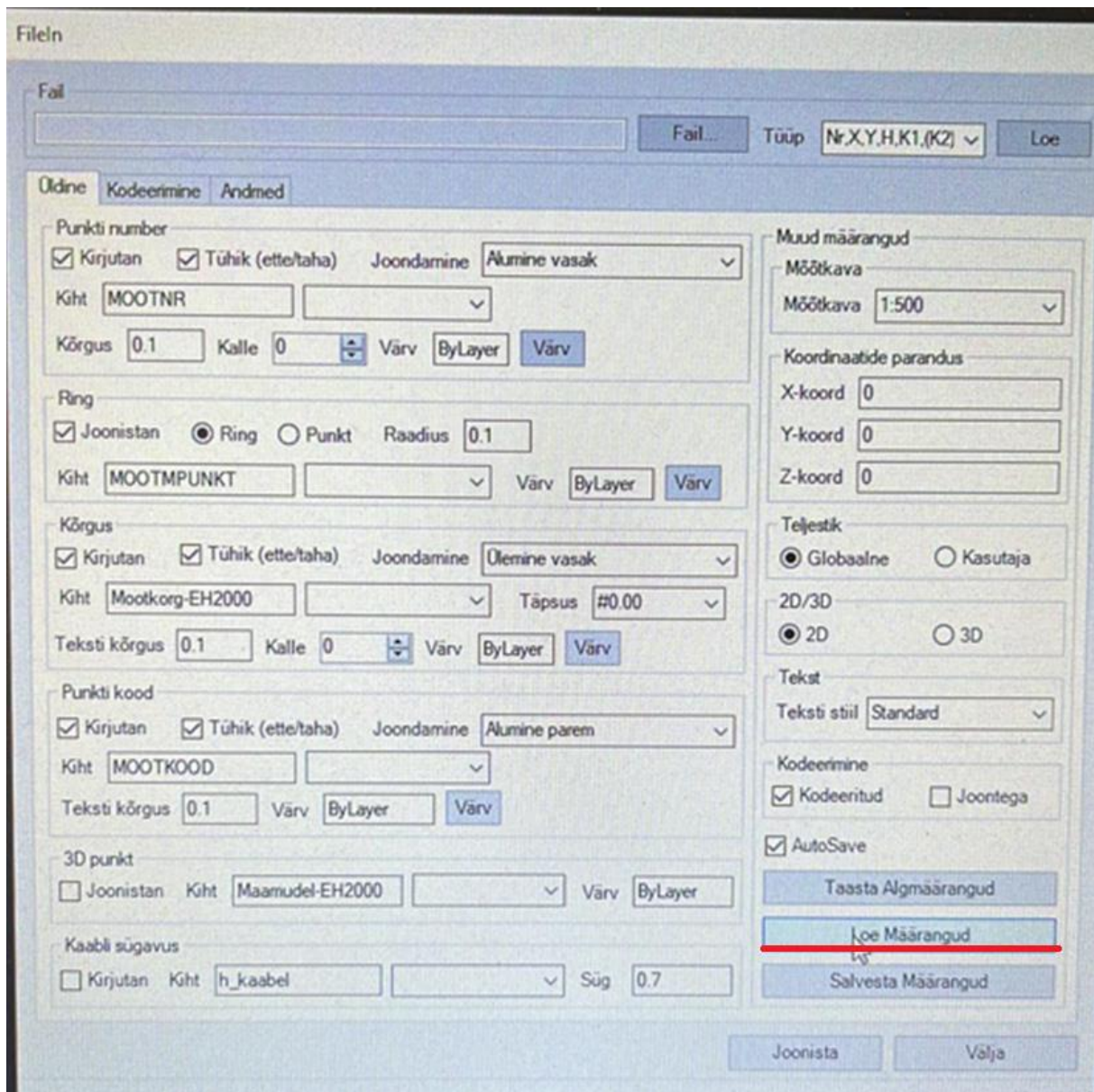
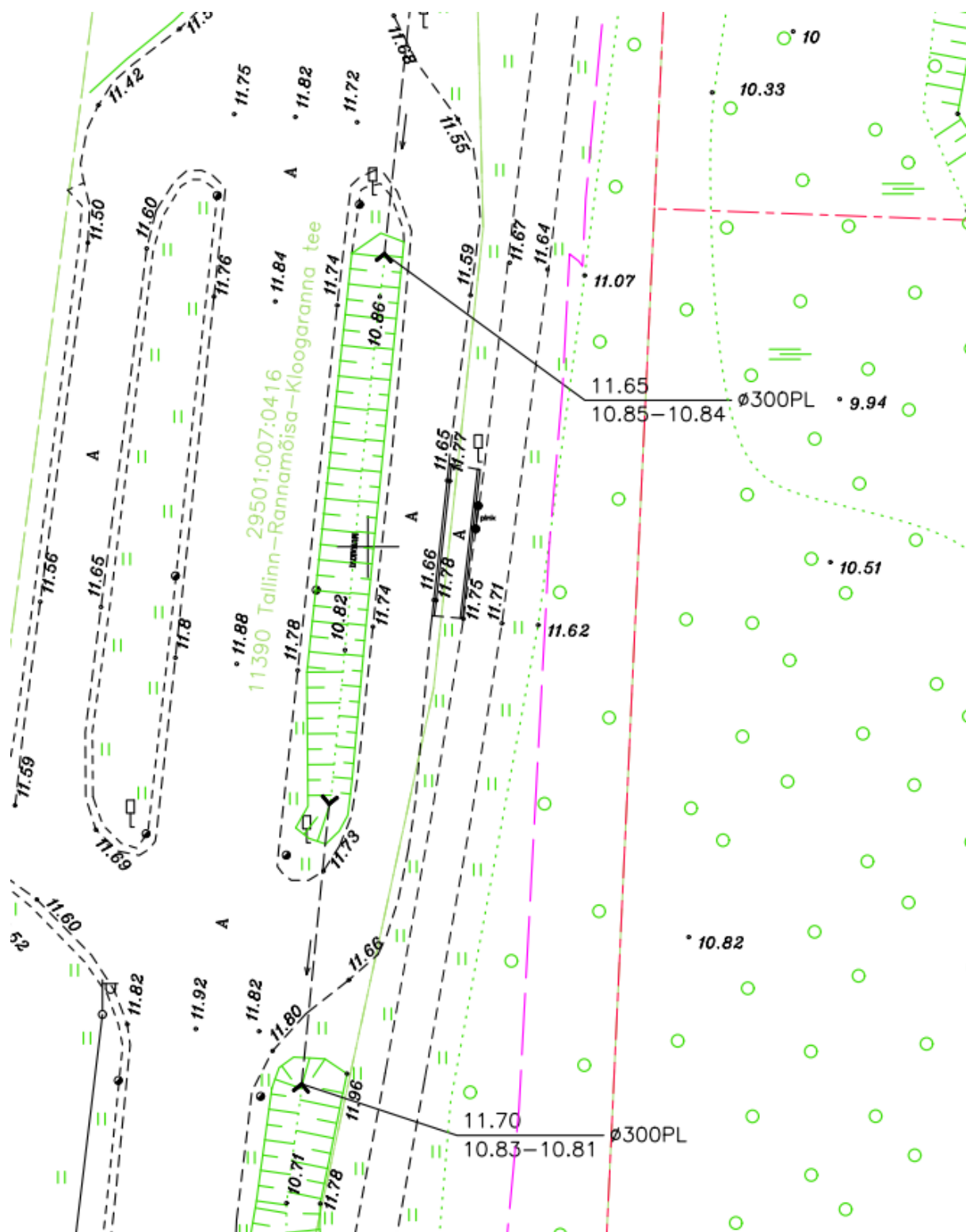


Foto 12. Punktide importimine

Ettevõttesiseselt on korraldatud nii, et kõik tööd, mis on seotud DXF faili ettevalmistamisega objektil tegeleb väligeodeet sealhulgas katastripiiride faili importimine Maa-ameti lehelt. Peale mõõdistust väligeodeet impordib DXF faili väliarvutist joonisesse ning joonestab situatsiooni kokku ning laeb üles vastava töö kausta serverisse. Joonestaja teeb kooskõlastused ning jooniste lõpliku vormistuse, mille edastab pärast tellijale.

Autori tööülesanne oli mõõdistada kogu teepoolne situatsioon (Joonis 2) ning seejärel kujutada see plaanil ja edastada joonestajale ülevaatamiseks.



Joonis 2. Käpsi ja Palli mõõdistatud maa-ala

KOKKUVÕTE

Töö eesmärk oli kaardistada 5,5 hektariline maa-ala, selgitada välja olemasolev maapinna kõrgus ning kanda plaanile tehnovõrgud, mis vastab looduses olevale situatsioonile.

Lõputöö koosneb geodeetilisest alusplaani koostamise etapid, mis hõlmab nii objekti ennast kui ka objektil kasutatud geodeetilisi instrumente. Kirjeldati väli- ja sisetööde läbiviimist, teostamise põhimõtteid ning seadusest väljatoodud regulatsioone.

Isiklik eesmärk lõputöö raames oli viia enda paremini kurssi digitaalse joonise koostamise põhimõtetega jäi vajaka, kuigi soov oli osaleda geoaluse lõpp vormistuse etappides ning viia läbi kooskõlastamise protsess tehnovõrkude osas.

Püstitatud eesmärk täideti, koostati maa-ala plaan ja anti tellijale üle.

SUMMARY

The thesis *Geodetic Basic Plan* focuses on the mapping of a 5.5-hectare land area, including utility networks, on the Tuulna geo-base, commissioned by Pinered OÜ. The site is located in Harju County, Lääne-Harju Municipality, Tuulna Village, Käpsi and Pälli cadastral units. The purpose of the work was to prepare a basic plan according to the nature of the situation, using various geodetic instruments and following the provided regulations.

The thesis deals with the various stages of preparing the basic geodetic plan, starting with the introduction of the site and the description of the geodetic instruments used. The execution of outdoor and indoor works and the principles of execution are described in more detail, taking into account the regulations arising from the law. The author participated on the site as a surveyor trainee, wanting to improve his knowledge of the principles of digital drawing.

The goal was to map the land area, measure the height of the ground, and put utility networks on the plan according to the actual situation. My personal goal was to better understand the creation of a digital drawing, but it was lacking in this regard. The author wanted to participate in the final stage of formalizing the base and go through the coordination processes regarding utility networks.

The desire of the author of the graduation thesis was to connect the survey network with the local geodetic network point HKR-4 to ensure greater accuracy for future construction geodetic works.

In summary, it can be said that the thesis provides an overview of the process of preparing the basic geodetic plan, dealing with the practical steps and challenges that the author encountered on the site. In addition, personal learning and development goals are outlined, which include a better understanding of digital drawing and participation in the final design phase of the base.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Majandus-ja taristuminister, 'Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmõõdistamisele esitatavad nõuded'. Vaadatud: Mar. 22, 2024. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119042016003>
- [2] Trimble Germany GmbH, "Trimble S5 Total Station." Vaadatud: Mar. 22, 2024. [Võrgumaterjal]. Available: <https://geosoft.ee/wp-content/uploads/pdf/Datasheet%20-%20Trimble%20S5.pdf>
- [3] Trimble Geospatial, "Trimble S5 elektrontahhümeeter," Vaadatud: Apr. 01, 2024. [Võrgumaterjal]. Available: <https://geospatial.trimble.com/en/products/hardware/trimble-s5>
- [4] Raivo Ranne, GEODEESIA ALUSED. in 2 osa. Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 2006.
- [5] Artu Ellmann, Tarmo Kall, Karin Kollo, Ave Liibusk, GNSS - GLOBAALNE SATELLIITNAVIGATSIOONISÜSTEEM GEODEETILISE TÄPSUSEGA ASUKOHAMÄÄRANGUKS. Tartu: Haridus- ja Teadusministeerium, 2022.
- [6] Jüri Randjärv, GEODEESIA I osa 2. raamat TOPOGRAAFIA. Tartu: Trükikoda OÜ, 2006.
- [7] Geodeesia Partner, 'Geodeetiline alusplaan e. geoalus', Vaadatud: Apr. 26, 2024. [Võrgumaterjal]. Available: <https://geodeesiapartner.ee/geodeetiline-alusplaan/>
- [8] Trimble Inc, "Trimble Geospatial Targets Datasheet." Vaadatud: Apr. 26, 2024 [Võrgumaterjal]. Available: https://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-1017195/022516-415A_Target%20Datasheet_Optical%20Accessories_USL_0222_LR%20
- [9] GEOMATICS, 'Trimble Active Track 360° Target', Vaadatud: Apr. 26, 2024 [Võrgumaterjal]. Available: <https://geomatics.cc/wiki/survey-prisms/trimble-active-track-360-target>
- [10] Trimble Navigation Limited and Engineering and Construction group, "GNSS Receivers User Guid," Vaadatud: Apr. 26, 2024 [Võrgumaterjal]. Available: https://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-666213/R8-R6-R4_v480A_UserGuide.pdf
- [11] Spatial Innovision Ltd., "Trimble R8 – The Industry Leading Total Solution." Vaadatud: Apr. 24, 2024 [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.spatialvision.com/products/trimble-r8/>
- [12] MAA-AMET, 'Geodeetiliste punktide andmekogu'. Vaadatud: Apr. 14, 2024. [Võrgumaterjal]. Available: <https://gpa.maaamet.ee/geolocation/41085>
- [13] MAA-AMET, 'Geodeetiliste punktide andmekogu'. Vaadatud: Apr. 14, 2024. [Võrgumaterjal]. Available: <https://gpa.maaamet.ee/geolocation/41086>
- [14] MAA-AMET, 'Käpsi ja Palli mõõdistusala'. Vaadatud: Apr. 18, 2024. [Võrgumaterjal]. Available: <https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/maaainfo>

[15] MAA-AMET, 'Geoportaali väljavõte'. Vaadatud: Mai. 05, 2024. [Võrgumaterjal].
Available: <https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/gpa>