

Svetlana Trohimets

**NARVA
VEEPUHASTUSJAAMA
EHITUSGEODEETILINE
TEENINDAMINE**

LÕPUTÖÖ

**Ehitusteaduskond
Rakendusgeodeesia eriala**

Tallinn 2014

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. PROJEKTI TUTVUSTUS	6
2. OBJEKTI ASUKOHT	8
3. TÖÖ KIRJELDUS	9
3.1. Ehitusplatsi ohutusnõuded	9
3.2. Veepuhastusjaama tootmishoone ehitus	9
3.2.1. Mõõdistusvõrgu rajamine	9
3.2.2. Vundamendikaeviku teostusmõõdistus	15
3.2.3. Vundamenditaldmikute väljamärgimine ja teostusmõõdistus	16
3.2.4. Vundamendipostide väljamärgimine ja teostusmõõdistus	23
3.2.5. Ankrupoltide väljamärgimine ja teostusmõõdistus	28
3.2.6. Vundamendipostide teostusmõõdistus pärast tagasitäidet	30
3.3. Veemahutite ehitus	31
3.3.1. Veemahutite kirjeldus	31
3.3.2. Mõõdistusvõrgu rajamine	32
3.3.3. Veemahutite aluse väljamärgimine ja teostusmõõdistus	33
3.3.4. Veemahuti kaevu põranda väljamärgimine	35
3.3.6. Veemahuti siseseinte, postide ja talade teostusmõõdistus	37
3.3.7. Veemahuti katuse teostusmõõdistus	38
3.3.8. Veemahuti ruumala määramine	39
4. KASUTATUD INSTRUMENDID	41
KOKKUVÕTE	43
SUMMARY	45
VIIDATUD ALLIKAD	47

SISSEJUHATUS

Lõputöö teemaks ma valisin Narva Veepuhastusjaama ehitusobjekti, mille töö käigus rekonstrueeritakse Narva linna veepuhastusjaam, mis on ühtekuuluvusfondi projekti „Narva vee- ja kanalisatsioonitorustikke rekonstrueerimine“ (nr 2.1.0101.09-0012) põhiosaks.

Teema valiku põhjuseks on antud ehitusobjekti tööde suured mahud ja nende erinevus, veepuhastusjaama mõju keskkonnale, suur tähtsus Narva ja Narva-Jõesuu vee tarbijatele ja erinevate ehitusgeodeetiliste tööde rakendamise võimalused.

Narva veepuhastusjaama ehitusobjekt koosneb veepuhastusjaama tootmishoone, administratiivhoone ja kolme veemahutite ehitamisest.

Käesolevas töös ma kirjeldan ehitusgeodeetilised tööd sellel ehitusobjektil, mida ma olen teostanud ajavahemikes 1.07.2013 kuni 31.07.2013 ja 13.01.2014 kuni 14.02.2014.

Selle aja jooksul oli rajatud mõõdistusvõrk, paigaldatud mõõdistusvõrgu punktid, teostatud järgmised 0-tsükli tööd: rekonstrueeritava veepuhastusjaama tootmishoone vundamendisüvendi, vundamenditaldmikute, vundamendipostide ja ankrupoltide väljamärkimine ja nende teostusmõõdistus, samuti veemahutite sumpade alusplaatide ja seinte väljamärkimine ja veemahutite ehitusjärgsed teostusmõõdistused.

Esimeses töö osas on kirjeldatud ehitusgeodeetilised tööd veepuhastusjaama tootmishoone ehitamisel, lõputöö teises osas ma kirjeldan veemahutite ehitamisega kaasnevaid ehitusgeodeetilisi töid. Samuti töös on kajastatud töötervishoiu ja tööohutuse nõuetest kinnipidamine antud ehitusobjektil.

Lõputöös on toodud väljavõtted projektsest joonistest, projekteerijapoolsed täpsusnõuded ja väljavõtted koostatud teostusjoonistest saadud tulemuste võrdlemiseks ja analüüsimiseks.

Lõputöö eesmärgiks on kirjeldada ja analüüsida Narva veepuhastusjaama rekonstrueerimisel teostatud geodeetilised tööd ja töö käigus kasutatud meetodikad, tooda välja geodeetilisi töid puudutavad probleemsed aspektid ning analüüsida saadud tulemused.

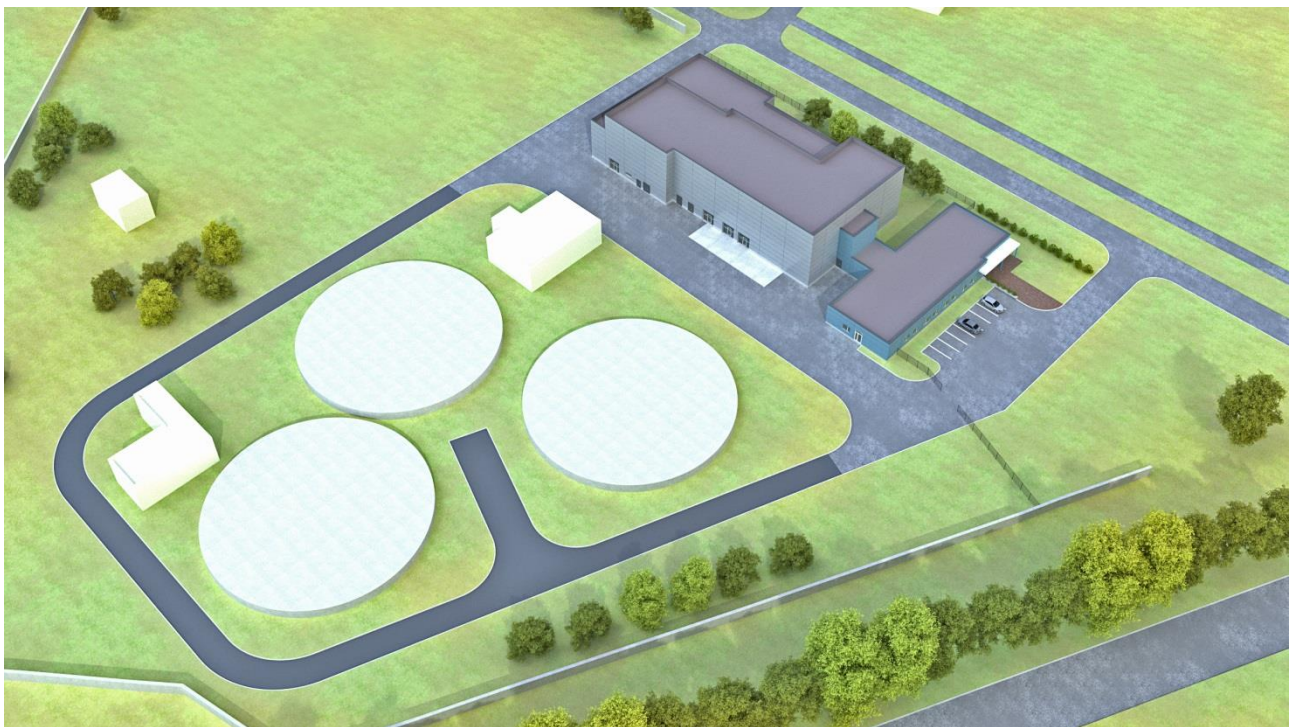
1. PROJEKTI TUTVUSTUS

30. aprillil 2012. a allkirjastati sihtasutuses Keskkonnainvesteeringute Keskus leping Narva linna veepuhastusjaama projekterimis-ehitustööde teostamiseks.

Lepingu sõlmisid AS Narva Vesi ning Eesti/ Taani ühispakkuja AS Merko Ehitus/ Krüger A/S nimel juhtivpartner AS Merko Ehitus.

Veepuhastusjaama projekteerimis-ehitustööde lepingu maksumuseks on 21,1 miljonit eurot, millele lisandub käibemaks. [1]

Tulevase veepuhastusjaama jõudlus on 20 500 m³/d. Uus veepuhastusjaam rajatakse kinnistule aadressiga Kulgu 1, Narva linn, Ida-Viru maakond.



Joonis 1. Narva veepuhastusjaama projekti ülavaade [2]

1976. aastal käiku lastud ning käesoleval ajal kasutuses oleva veepuhastusjaama veepuhastustehnoloogia on vananenud ning äärmiselt amortiseerunud. 1964. aastal projekteeritud veepuhastusjaama veepuhastamise tehnoloogias võeti arvesse 1960ndate aastate kvaliteedinõudeid, mille tõttu veepuhastustehnoloogias nähti ette ainult liivafiltrite ja desinfitseerimise kasutamist.

Lihtne ja praeguseks juba täiesti amortiseerunud tehnoloogia ei suuda tänast toorvett, mille orgaaniliste ainete sisaldus iga-aastaselt kasvab, nõuetekohaselt puhastada, mille tulemusel narvalased joovad Eesti ja Euroopa standarditele ja normidele mittevastavat joogivett. [3]

Projekteerimistööd peavad olema lõppenud 2012. a detsembrikuu lõpuks. Uus rajatav veepuhastusjaam peab olema valmis ehitatud jaanuariks 2015. aastal, millele järgneb uue rajatud jaama katsetuste ja proovikäitamise periood. Uus rajatav veepuhastusjaam lastakse käiku 2015.aasta märtsis. [3]

Projekti eesmärgil tagatakse [1]:

- kvaliteetne joogikõlbulik joogivesi narvlastele;
- veelekete osakaalu vähendamine;
- reovee infiltratsiooni osakaalu vähendamine;
- veevarude kaitsmine ja saastatud heitvete hulkade keskkonda sattumise vähendamine;
- veevarustus- ja kanalisatsioonisüsteemide vastavusse viimine Eesti ja Euroopa Liidu nõuetega.

Põhiosa tööd [1]:

- rekonstrueeritakse Narva linna veepuhastusjaam;
- rekonstrueeritakse Narva linnas ca 25,87 km olemasolevat joogiveetorustikku erinevatel tänavatel (torud, osa I);
- rekonstrueeritakse Narva linnas ca 27,12 km olemasolevat kanalisatsioonitorustikku erinevatel tänavatel (torud, osa I).

Projekti finantseeritakse kolmest rahastusallikast [1]:

- 64,44% osas Euroopa Liidu Ühtekuuluvusfondist;
- 25% osas Narva linna eelarvest;
- 10,56% osas AS Narva Vesi omavahenditest.

2. OBJEKTI ASUKOHT

Objekt asub aadressil Kulgu tn 1, Narva linn, Ida-Viru maakond.



Skeem 1. Objekti asukoht [4]

3. TÖÖ KIRJELDUS

3.1. Ehitusplatsi ohutusnõuded

Narva veepuhastusjaama ehitusobjektil on kasutusel järgmised ohutusnõuded vastavalt Töötervishoiu ja tööohutuse nõuetele ehitusel:

§ 15. Isikukaitsevahendite kasutamine

- (1) Kaitsekiivri kandmine ehitusplatsil on kohustuslik piirkondades, kus tööde tehnoloogiast tulenevalt on peavigastuse oht.
- (3) Ehitustöödel peab üldjuhul kasutama kaitsejalanõusid. Põrandatöödel ja muudel põlvitamisega seotud töödel tuleb kasutada põlvekaitseid.
- (4) Kui töötatakse pimedal ajal või maa all, tuleb riietel kanda helkurit või helkurriba. Töötamisel liiklusega seotud kohtades peab töötaja kandma ohutusvesti või -riietust, pimedal ajal lisaks ka helkurriba. Helkurriba peab olema kinnitatud hästi nähtavale kohale, vajaduse korral ka kaitsekiivri külge.
- (5) Kui töötaja peab sisenema kõrge riskitasemega alale, nt alale, kus õhk sisaldab ohtlikke kemikaale, on ebapiisava hapnikusisaldusega või süttimisohtlik, peab ta tervisekahjustuse vältimiseks kasutama sobivaid isikukaitsevahendeid. [5]

Ehitusobjektil on kohustuslik kaitsekiivri, kaitsejalanõude ja helkurvesti kandmine. Ruumides kõrge tolmisisaldusega on kohustuslik kasutada hingamisteede kaitsevahendeid, seal viibides olen kasutanud osakestefiltriga varustatud maski. Ilma isikukaitsevahendita ehitusobjektil viibimine on keelatud.

3.2. Veepuhastusjaama tootmishoone ehitus

3.2.1. Mõõdistusvõrgu rajamine

Tellijä poolt saadud asendiplaani joonis oli koostatud L-Est-97 koordinaatsüsteemis, see joonis oli kasutatud väljamärgimise ettevalmistamiseks, sellepärast kõik käigupunktid olid tehtud samuti L-Est-97 koordinaatsüsteemis. Kõrguste määramise aluseks oli võetud BK-1977 kõrgussüsteem.

Käigu rajamiseks olid kasutatud kohaliku võrgu II järku polügonomeetria punktid vastavalt MKM täpsusnõuetele, mis on toodud § 6:

§ 6. Üldised nõuded geodeetilisele mõõdistamisvõrgule

- (1) Kõik mõõdistamised tuleb siduda lähtepunktidega.
- (2) Sidumisel rajatakse geodeetiline mõõdistamisvõrk, välja arvatud juhtudel, kui nõuetekohaseks mõõdistamiseks piisab olemasolevatest lähtepunktidest.
- (3) Mõõdistamisvõrgu tihedus, punktide asetus ja võrgu mõõdistamisel kasutatavad seadmed ning mõõdistamistehnoloogia peavad tagama kõigi käesolevas määruses toodud täpsusnõuete täitmise.
- (4) Kõik mõõdistamisvõrgu punktid tuleb kindlustada kohtkindlate märkidega, välja arvatud juhul, kui punktide pikaajaline säilimine on ebatõenäoline.
- (5) Kõik mõõdistamisvõrgu punktide koordinaadid ja kõrgused saadakse tasandusarvutuste teel. Plaanilise mõõdistamisvõrgu arvutamisel ei või kasutada koordinaattasandust.
- (6) Mõõdistamisvõrgu sidumisel tuleb lähtuda riigi või kohaliku geodeetilise võrgu punktidest. Lähtepunktide andmed peavad pärinema vastavast kohalikust või riiklikust registrist ning lähtepunktide andmed tuleb esitada § 10 lõikes 3 nimetatud aruande seletuskirjas.
- (7) Mõõdistamisvõrgu arvutamisel loetakse riigi geodeetilise põhivõrgu, geodeetilise tihendusvõrgu ja kohaliku geodeetilise võrgu punktid võrdtäpseteks, välja arvatud mõõdistamisvõrgu rajamisel kõrgendatud täpsusnõuetega geodeetilise töö jaoks. [6]

Tabel 1

Kasutatud lähtepunktide koordinaadid			
Punkti nr.	X	Y	H
PP5950	6587570.040	737834.820	22.872
PP1880	6587453.457	738002.030	22.057

Mõõdistusvõrgu rajamiseks oli kasutatud elektrontahhümeeter Trimble S8 VISION 1".

Lähtepunktid PP5950 ja PP1880 asuvad ehitusobjekti lähedal, aga nende vahel ei olnud tagatud nähtavust, et oleks võimalik kasutada tuntud seisupunktil orienteerimist. Sidumine oli teostatud vabajaama orienteerimise ehk vastulõike meetodil. Tahhümeeter oli keskel, lähtepunktidele olid tsentreeritud statiivid prismadega. Orienteerimise tulemus on toodud tabelis 2:

Tabel 2

Seisupunkti standarthälbed			
σX	σY	σH	σ Orienteerimise parand
0.000	0.001	0.001	0°00'06"

Skeemil 2 on näidatud lähtepunktide vaheline sidumine. Polügonomeetria punkti 3213 ei ole kasutusele võetud sellepärast, et ta on kolmanda järku ja selle täpsus on madalam kui teist järku polügonomeetria punktidel.

Maastikule olid paigaldatud kolm mõõdistusvõrgu punkti ümber ehitusobjekti, iga mõõdistusvõrgu punkti lõplikud plaanilised koordinaadid olid saadud elektrontahhümeetriga Trimble Vision S8 1“, kolme täisvõttega nurgamõõtmise täpsuse suurendamiseks.

Kaks mõõdistusvõrgu punkti oli kindlustatud asfaldinaeltega ja üks punkt armatuurvarrasega, mis on maa sisse löödud. Kõik punktid olid tähistatud punase värviga parema nähtavuse jaoks. Üks punkt oli tehtud metallelektriposti külge. Naelaga oli tehtud väike auk, kuhu oli võimalik ehitusprisma teraviku panna.

Neljas kindlustatud punkt P4 oli hävitatud samal päeval kaevetööde käigus.



Skeem 2. Plaanilise mõõdistusvõrgu rajamine

- 5950, 1880 – II. järku polügonomeetria punktid,
- P1 – märk metallpostil,
- P2 – asfaldinael,
- P3 – armatuur maapinnas,
- punasega on näidatud ehitusala piir.

Plaanilise alusvõrgu oleks võimalik teha ka näiteks kinnise käigu abil, mis on näidatud skeemil 4.



Skeem 3. Alternatiivne mõõdistusvõrgu rajamise skeem

- 5950, 1880 – 2. järku polügonomeetria punktid;
- P1, P2, P3 – mõõdistusvõrgu punktid.



Foto 1. Mõõdistusvõrgu punkt P1 metallelektriposti küljel (autori foto)

Digitaalnivelliiriga Leica 250M oli teostatud geomeetriline nivelleerimine mõõdistuspunktide kõrguste saamiseks kinnise nivelleerimiskäigu meetodil, kasutades selleks polügonomeetria punkti 5950, mille pealt oli võetud kõrgus. Nivelleerimine oli teostatud vastavalt ehitusgeodeetiliste uurimistööde tegemise korrale, mis on toodud § 8 lg 1-6, 11-12:

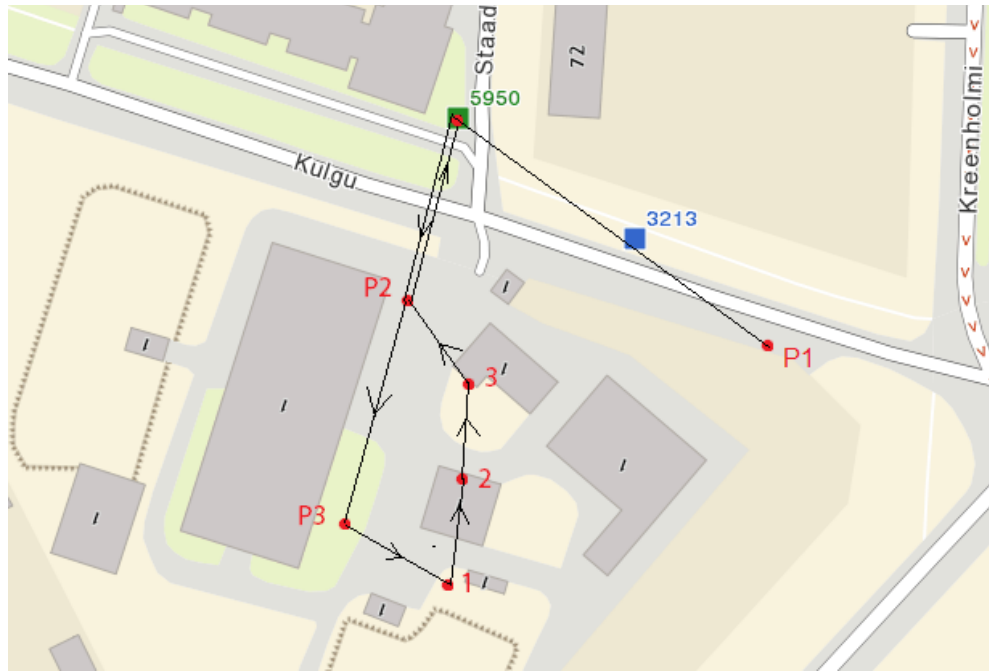
§ 8. Nõuded kõrguslikule mõõdistamisvõrgule

- (1) Kõrguslik mõõdistamisvõrk seotakse riiklikult kehtestatud kõrgussüsteemi lähtereeperitega.
- (2) Kõrgusliku mõõdistamisvõrgu punkti kõrguslik viga lähtepunktide suhtes ei tohi ületada 5 cm.
- (3) Ühe geodeetilise uurimistöo piires ei tohi kõrgusliku mõõdistamisvõrgu punktide omavaheline kõrguslik viga ületada 3 cm, suurematel objektidel 3 cm 1 km pikkuse vahemaa kohta.
- (4) Nivelleerimiskäigud rajatakse geomeetrilise nivelleerimise meetodil vähemalt kahe lähtereeperi vahele. Kasutada võib ka ühe või mitme sõlmpunktiga käikude süsteeme. Ühele lähtereeperile tuginevaid suletud käike võib rajada juhul, kui teise reeperi kaasamine tingib täpsuse seisukohalt põhjendamatult pika nivelleerimiskäigu.
- (5) Maksimaalsed nivelleerimiskäikude pikkused on:
 1. kahe lähtepunkti vahel 8 km;
 2. lähte- ja sõlmpunkti vahel 6 km;
 3. kahe sõlmpunkti vahel 4 km.
- (6) Nivelleerimiskäikude ja suletud polügoonide lubatav sulgemisviga arvutatakse valemiga:

$$\begin{aligned} f_{\text{h lub}} &= \pm 50\sqrt{L} \text{ (mm)}, \\ \text{joonobjektidel} \quad f_{\text{h lub}} &= \pm 30\sqrt{L} \text{ (mm)}, \end{aligned}$$

kus L on käigu pikkus kilomeetrites.

- (11) Kõigil ehitusprojektide jaoks tehtavatel geodeetilistel uurimistöödel tuleb objektile paigaldada või määrata vähemalt üks üheselt mõistetav ja kergesti leitav ajutine reeper, suurematel töödel tiheasustusalas vähemalt üks ajutine reeper iga 5 ha mõõdistuse ja hajaasustusalas vähemalt üks ajutine reeper iga 10 ha mõõdistuse kohta. Mitme reeperi puhul tuleb need paigaldada objektile hajusalt, mõõdistatava ala piires ühtlaselt jaotatuna. Ajutiste reeperite asemel võib arvestada mõõdistatavasse alasse jäävaid mõõdistamisvõrgu lähtepunkte.
- (12) Paigaldatud või määratud ajutised reeperid tuleb oma õige asukoha järgi kanda maa-ala plaanile, lisades punkti numbri, lühikirjelduse ja absoluutkõrguse. [6]



Skeem 4. Kõrgusliku alusvõrgu rajamine

- 5950 – 2. järku polügonomeetria punkt;
- 1, 2, 3 – nivelleerimiskäigu vahepunktid;
- P1 – kõrgus on saadud trigonomeetrilise nivelleerimisega;
- P2 – kõrgus on saadud geomeetrilise nivelleerimisega;
- P3 – kõrgus on saadud geomeetrilise nivelleerimisega.

Mõõdistusvõrgu punkti P1 kõrgus oli mõõdetud trigonomeetrilise nivelleerimisega, kasutades selleks elektrontahhümeetri, mis on põhjendatud sellega, et punkt P1 asub metallposti küljel, kuhu ei saanud nivelleerimislatti panna.

Nivelleerimiskäigu arvutamise tulemusel oli saadud sidumatus +1,13 mm, nivelleerimiskäigu pikkus oli 501,394 m.

Nende andmete põhjal oli tehtud kontrollarvutus. Arvutatud oli $f_h \text{ lub}$, mis oli arvutatud tehnilise nivelleerimisele vastava valemi abil:

$$f_h(lub) = \pm 50 \sqrt{L}, \quad (1)$$

kus L [km] – nivelleerimiskäigu pikkus.

Arvutatud lubatud sidumatus oli 35,39 mm, millega oli rahuldatud tingimus $f_h \leq f_h \text{ lub}$. Parandid ei ole arvutatud sidumatus väikesuse tõttu.

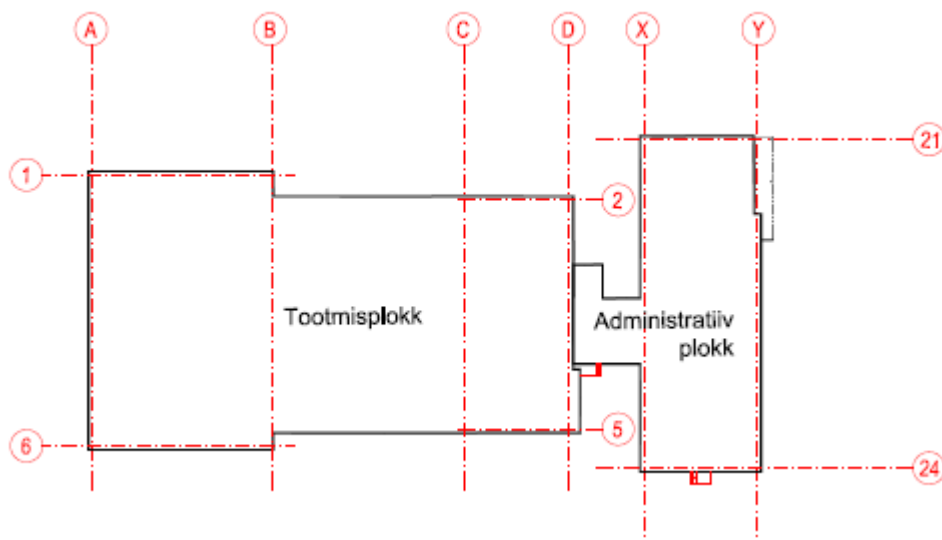
Tabel 3

Mõõdistusvõrgu punktide lõplikud koordinaadid			
Punkti nr.	X	Y	H
P1	6587474.855	737938.875	25.572
P2	6587520.710	737816.012	23.702
P3	6587475.246	737802.324	25.415

3.2.2. Vundamendikaeviku teostusmõõdistus

Ehitusplatsil oli järgmine olukord: veepuhastusjaama tootmishoone kohal oli kaevatud vundamendikaeviku suurem osa, selle sisse olid valmistatud neli betoonist vundamendipostide taldmikut, veemahutite poolel toimusid pinnasetööd veemahutite ehitamise jaoks. Enne meid objekti oli teenindanud teine geodeesia firma.

Joonisel 2 on toodud veepuhastusjaama asendiplaan.



Joonis 2. Väljavõtte tootmis- ja administratiivplokki asendiplaanist [7]

Esimesena olid märgitud veepuhastusjaama telgede ristumiskohad. Elektrontahhümeeter oli orienteeritud vabajaamas, kasutades eelnevalt paigaldatud mõõdistusvõrgu punkte. Kuna maapind ei võimaldanud igal pool väljamärgitud punktid tähistada armatuuridega, ehitaja oli palunud väljamärgida telgede pikendused värviga selleks, et vaadata, kas tehtud vundamendikaevik vastab projektsele suurusele või mitte. Märkimistöö tulemusel oli selgunud, et kaevik vajab veel kaevamist. Märgitud telgede pikenduste kohta oli koostatud telgede väljamärgimise akt.

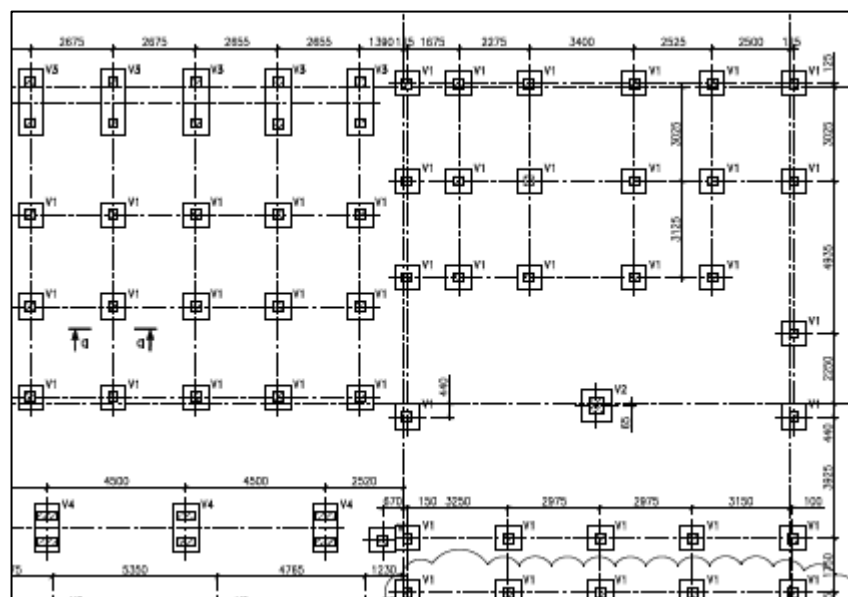
Tehtud oli ka olemasoleva kaeviku teostusmõõdistus kaeviku põhja absoluutkõrguste kontrolliks. Mõõdetud oli kaeviku alumise ja ülemise perve kõrgused, samuti olid mõõdetud ka kaeviku põhja kõrgused. Projekti järgi erinevates kaeviku kohtades pidi olema erinev kõrgus, mida oli võimalik

kohapeal kontrollida, mõõdistades vajalikes kohtades mõned punktid ja võrreldes kohapeal saadud kõrgused projekteeritud kõrgustega. Teostusjoonist kaevku kohta ei ole koostatud.

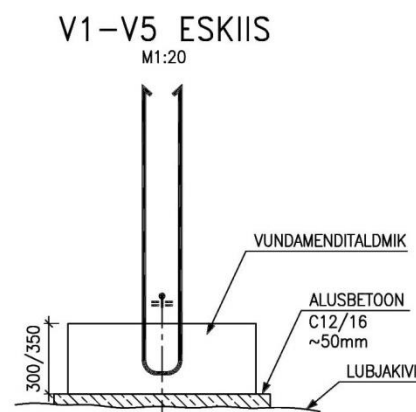
Hoone kaeviku kõrguse viga ei tohiks ületada 30 mm [8]. Mõõdetud kõrgused erinesid ± 15 mm projekteeritud kõrgusest, mida loeti sobivaks.

3.2.3. Vundamenditaldmikute väljamärgimine ja teostusmõõdistus

Veepuhastusjaamale on kavandatud raudbetoonist postvundamendid ristlõikega 300x300 ja 500x500, mis toetatakse otse lubjakivile rajatud taldmikele mõõdudega peamiselt 1,0x1,0 kuni 1,5x1,5 meetrit.



Joonis 3. Väljavõtte vundamenditaldmikute plaanist [9]



Joonis 4. Vundamenditaldmiku eskiis [9]

Ülesandeks oli väljamärgida vundamendikaeviku sisse 140 vundamenditaldmikut, nende peale märkida vundamendipostid.

Kohapeal valatavate betoontarindite hälvete arvvaartused lähtuvad standardites EVS-ENV 13670-1:2003 ja EVS-EN 13369:2006 esitatud nõuetest.

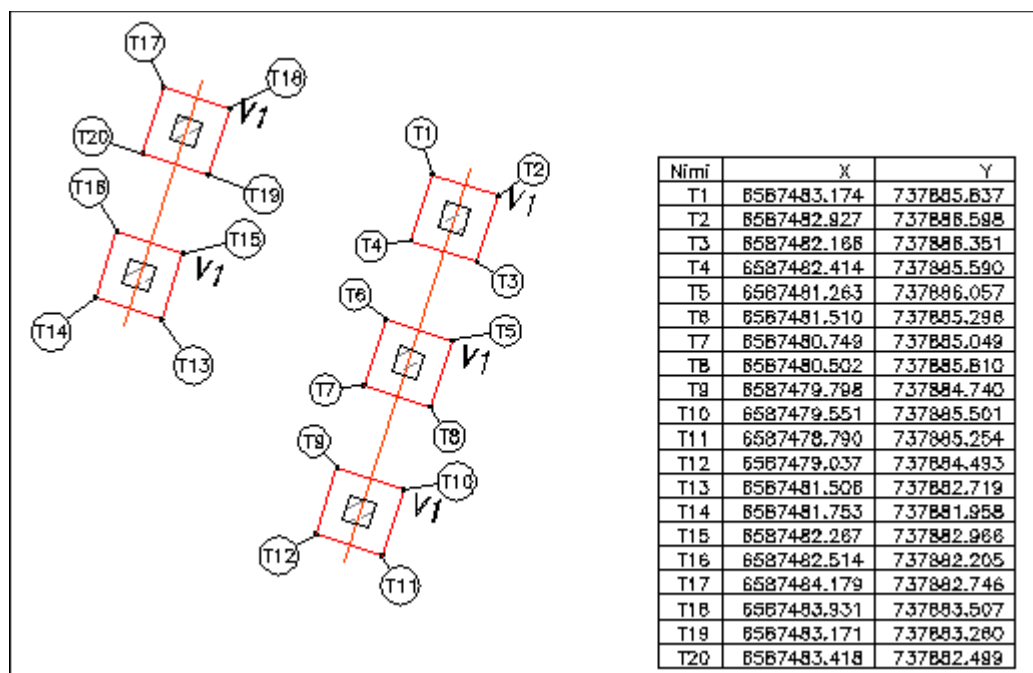
Hälbed peavad vastama 1. Tolerantsiklassile esitatud nõuetele, täpsustatuna esitatud tolerantsiväärtustega. [10]

Kohapeal valatud tarindite tolerants on järgmine [10]:

- kohapeal betoneeritud vundamentide, seinte, soklite jms. asukoha- ja külgmõõtude suurim lubatud hälve: ± 15 mm

Väljamärgimise nõutav täpsus on 40% ehitustäpsusest, mis antud juhul on 6 mm, tegelikuses taldmikute nurgad olid väljamärgitud 3-4 mm täpsusega.

Märkimistöö ettevalmistamise aluseks oli kasutatud vundamenditaldmikute plaan, mis oli koostatud L-Est'97 koordinaatsüsteemis. Selle joonise pealt oli välja võetud kõike taldmikute nurkade koordinaadid. Joonisel 5 on toodud vundamenditaldmikute nurgad väljamärgimise jaoks koos nende koordinaatidega.



Joonis 5. Väljavõte vundamenditaldmikute väljamärgimise joonisest

Vundamendikaeviku põhja pinnaks on lubjakivi, mis ei nõudnud eraldi aluse tegemist. Tahhümeeter oli paigaldatud vundamendikaeviku sisse, sellise koha valik oli põhjustatud sellega, et kaeviku seest oli tagatud nähtavus mõõdistusvõrgu punktidele, põhja pinnas oli sobiva tugevusega ja instrument oleks kindlalt paigaldatud, sellega oli kõrvaldatud võimalik statii vi jalade vajumine, kaevetööde vibratsiooni mõju oli sellega ka oluliselt vähendatud.

Iga 10-15 minuti pärast oli tehtud ümarvesiloodi kontroll, et ta ei läheks paigast ära rohkem kui 40". Kui see oli juhtunud, vesilood oli pandud paika ja oli tehtud uus seis.

Vundamenditaldmikud projekti järgi on erineva suurusega, kokku 140 tk.

Tabel 4

Vundamenditaldmikute mõõdud [6]			
Tähis	Mõõdud, mm	Kõrgus, mm	Vajadus, tk
V1	800×800	300	98
V2	1000×1000	350	26
V3	800×2110	300	8
V4	800×1550	300	5
V5	1000×2210	350	1
V6	800×800	200	1
V7	400×1300	200	1

Kaeviku põhja peale oli väljamärgitud iga vundamenditaldmiku 3 nurka ehitusprisma abil, ehitaja puuris augud näidatud kohtadesse ja paigaldas sinna lühikesed armatuurvardad.

Paigaldatud armatuuri asukoht oli kontrollitud järgmisel viisil: peale armatuuri paigaldamist ehitusprisma oli pandud selle peale, ja kui tegelik asukoht erines projektsest rohkem kui 5 mm, see varras oli lükatud õigesse kohta. Oleks mugavam joonistada kaeviku põhja peale õigesse kohta nurgamärki, aga lubjakivist pinnas seda ei lubanud: sel juhul märgi oleks keeruline teha selle pärast, et põhi oli kohati märg või vastupidi kuiv ja tolmune, ja kui nurga punkt saaks märgitud, siis ta oleks hävitatud lühikese aja jooksul, kuna kaevikus oli palju töölisi.

Paigaldatud armatuurvarraste ümber ehitati puitraketid, mille sees oli armatuurkonstruktsioonid, kuhu valati betooni.



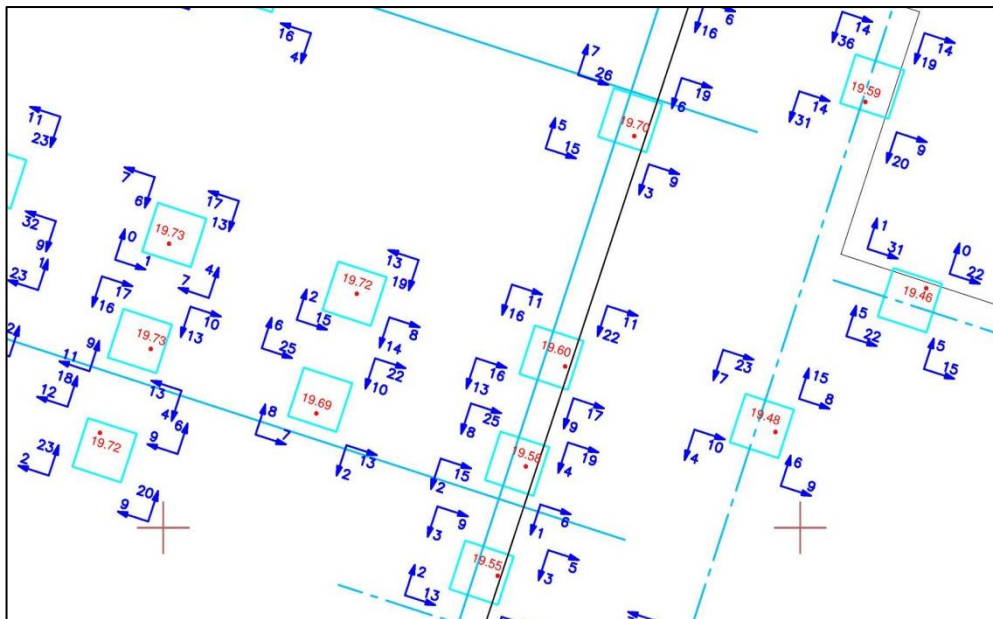
Foto 2. Valmistatud vundamenditaldmikud (autori foto)

Taldmikute ehitus käis nii, et osa neist oli juba valmistatud, osa väljamärgitud ja raketistega, osa ainult väljamärgitud, aga ehitaja soovis võimalikult kiiresti taldmikute teostusjoonist saada, ja me hakkasime valmistatud taldmikuid mõõtma. Mõõdetud olid taldmikute nurgad, kui neid ei saanud mõõta, sest nurk oli „kadunud“, olid mõõdetud punktid taldmiku servade pealt, et joonisel oleks võimalik neid ühendada pikendamisega nurka saamiseks. Kõrgus oli mõõdetud taldmikute pealt.

Saadud andmete põhjal oli koostatud teostusjoonis mõõtkavas 1:100, selle peale oli märgitud taldmikute nurkade plaanilised hälbed projektsest asendist ja mõõdetud absoluutkõrgus.

Kohapeal betoneeritud vundamentide, seinte, soklite jms. asukoha- ja külgmõõtude suurim lubatud hälve on ± 15 mm [10].

Betoneeritud vundamentitaldmikute suurim hälve oli 36 mm, mis võib olla põhjendatud vee all puurimisega või raketise ehitamisega.



Joonis 6. Väljavõte vundamentaldmikutest teostusjoonisest

Kõik käsitletava ehitusobjekti teostusjoonised olid koostatud vastavalt ehitusgeodeetiliste uurimistööde tegemise korrale, peatükk 4 „Digitaalsele joonisele esitatavad nõuded“, § 14-20.

§ 14. Digitaalse joonise kihijaotus ja leppemärgid

- (1) Digitaalsel joonisel kasutatakse käesolevate määruse lisades 1 ja 2 kirjeldatud kihijaotust, leppemärke ja leppemärkide (sümbolelementide ning joonetüüpide) nimetusi.
- (2) Erandina on raamjoonte, kirjanurkade jm plaani mittepuutuvate jooniseelementide puhul lubatud kasutada muid sümbolelemente, kuid need peavad olema paigutatud kihtidele «VORMISTUS» või «ABIJOONIS».
- (3) Abijoonte kujutamisel võib kasutada joonestiili «0»/«Continuous».
- (4) Leppemärkide kujutamiseks kasutatakse järgmisi sümbolelementide ja joonte skaalafaktoreid:
 - 1) M 1:200 – 0,25;
 - 2) M 1:500 – 0,5;
 - 3) M 1:1000 – 1,0;
 - 4) M 1:2000 – 1,6.
- (5) Kõik mõõtkavatud leppemärgid orienteeritakse põhjasuunas, välja arvatud need, mis määruse lisas 1 toodud tingimuste kohaselt joonestatakse objektidega paralleelselt või risti. Vastavad juhised on toodud lisas 1 leppemärkide tabeli selgituste veerus. Erandkorras võib leppemärki pöörata, et see ei varjaks teisi objekte.
- (6) Lõplikult valminud digitaalsest joonisest eemaldatakse kõik kasutamata ja ajutised kihid, sümbolelemendid ning joone- ning tekstistiilid.

§ 15. Digitaalse joonise ühikud ja koordinaatsüsteem

- (1) Digitaalsed joonised koostatakse meetermõõdustikus, st ühele jooniseühikule vastab 1 meeter maastikul.
- (2) Digitaalne joonis esitatakse tasapinnalisena, s.o kahemõõtmelisena (kõik objektid peavad paiknema null kõrgusel), kasutades riiklikult kehtestatud koordinaat- ja kõrgussüsteemi.
- (3) Juhul kui lähteülesandes on nõutud maapinnamudeli loomist, võib digitaalse joonise originaalfail sisaldada kolmemõõtmelisi punkte. Kui lähteülesandega on nõutud ka joonobjektide kolmemõõtmelist kujutamist, tuleb selleks moodustada eraldi fail.

§ 16. Objektide sidusus digitaalsel joonisel

- (1) Digitaalsel joonisel konstrueeritavad objektid peavad olema kinnitatud nende mõõdistamisel saadud punktidesse. Kasutatavad joonelemendid peavad olema sidusad.
- (2) Pindobjekte kirjeldavate leppemärkide, leppelühendite ja kirjade kinnituspunktid peavad jääma vastava pindobjekti kontuuride sisse. Tekstide kinnituspunktid peavad olema valitud nii, et teksti kõrguse muutmisega kaasnev nihe ei halvendaks plaani loetavust.
- (3) Tekstide ja sümbolelementide kujutiste alla jäävaid joonobjekte ei tohi katkestada.

§ 17. Digitaalse joonise üleviimine ühest mõõtkavast teise

- (1) Digitaalset joonist või selle elemente võib ühest mõõtkavast teise viia ainult vähendamise suunas (1:200 → 1:500 → 1:1000 → 1:2000). Digitaalse joonise mõõtkava suurendamine on lubatud ainult skeemväljavõtete tegemiseks, kuid selliselt saadud joonist ei käsitleta maa-ala plaanina.
- (2) Digitaalse joonise elementide ühest mõõtkavast teise viimine toimub sümbolelementide ja joonte skaalafaktorite muutmisega vastavalt § 14 lõikele 4.

§ 18. Tekstid digitaalses joonises

- (1) Joonistel kasutatavate tekstide enamlevinud leppelühendite loetelu on toodud lisas 3.
- (2) Selgitavad leppelühendid paigutatakse objektiga, mille kohta lühend kehtib, samale kihile. Kui lühend lisas 3 toodud loetelus puudub, märgitakse kasutatud lühend ja selle tähendus joonise selgituses.
- (3) Kõik tekstid esitatakse digitaalsel joonisel lääne-ida suunaliselt, välja arvatud tekstid, mis orienteeritakse objektiga paralleelselt. Objektiga paralleelselt orienteeritud tekstid esitatakse suunaga vasakult paremale, st teksti asetuse kaldenurk on 0°–180°. Erandkorras võib tekste pöörata või vähendada, et need ei varjaks joonise teisi objekte.
- (4) Maa-ala plaanil kasutatavate tekstide kõrgused (digitaaljoonise ühikutes) M 1:1000 korral on järgnevad:

- 1) hoonete leppelühendid (H) koos korruste arvu tähisega, teede ja tänavate nimetused koos alast väljuvate teede sihtkohtade nimetustega, haldusüksuste nimetused, katastriüksuste tunnused ja nimetused hajaasustusalas – 2,4;
- 2) majanumbrid ja hoonete otstarvet iseloomustavad tekstid, kaevude numbrid, katastriüksuste tunnused ja nimetused tiheasustusalas – 1,8;
- 3) maa-aluste tehnovõrkude torude numbrid – 1,0;
- 4) plaanil esitamiseks valitud kõrgusarvud, kõlvikute ja katendite tähised, kõik ülejäänud tekstid – 1,4.
- 5) Teistes mõõtkavades kasutatavate tekstikõrguste kordajad M 1:1000 suhtes on M 1:200 plaani puhul 0,25, M 1:500 plaani puhul 0,5 ja M 1:2000 plaani puhul 1,75.

§ 19. Värvitoonid digitaalsel maa-ala plaanil ja joonisel

- (1) Digitaalsel maa-ala plaanil võib kasutada kõiki värvitoone, välja arvatud mustale või valgele värvitoonile lähedasi värvitoone, mis arvutikuvaril või väljatrükil võivad jääda märkamatuks.
- (2) Digitaalsel joonisel omistatakse soovitud värvitoon kihile. Kõigi digitaalsel joonisel olevate elementide värvitoon tuleneb digitaalse joonise kihitabelist.

§ 20. Värvitoonid teostusjoonisel

- (1) Teostusjooniste vormistamisel lähtutakse värvitooni valikul järgmistest põhimõtetest:

- 1) punasega kujutatakse teostusmöödistatav objekt;
- 2) rohelisega kujutatakse olemasolev objekt;
- 3) sinisega kujutatakse demonteeritud või kasutusest välja jäetud objekt;
- 4) violetsega kujutatakse uus põhiobjekti maandusobjekt (esineb elektri kaablitel, sidevõrgu kaablitel ja gaasitorustikel);
- 5) helesinisega kujutatakse teisele valdajale kuuluv samaliigiline objekt (eristatakse ainult tellija erinõudel);
- 6) kihijärgse pruuni värviga kujutatakse piirid;
- 7) kihijärgse musta värviga kujutatakse muud objektid (taustaobjektid, joonsidemed, trassi teljed, muu informatsioon).

- (2) Lõike 1 punktides 1–5 nimetatud juhul omistatakse nõutav värvitoon joonise elemendile.

- (3) Teostusjoonistel kasutatavate värvitoonide järjekorra numbrid ja RGB koodid on järgmised:

- 1) punane – nr 1, RGB kood 255,0,0;
- 2) roheline – nr 3, RGB kood 0,255,0;
- 3) helesinine – nr 4, RGB kood 0,255,255;

- 4) sinine – nr 5, RGB kood 0,0,255;
- 5) violetne – nr 6, RGB kood 255,0,255;
- 6) pruun – nr 32, RGB kood 204,101,0;
- 7) must/valge – nr 7, RGB kood 255,255,255. [6]

Probleemid, mis tekkisid vundamenditaldmikute nurkade väljamärgimisel ja nende teostusmöödistusel:

- kaeviku põhja tagumine osa igal hommikul oli pinnasveega kaetud ja ehitajad pidid pumpama vesi ära enne seda, kui me hakkame taldmikuid märkima, aga seda nad ei jõudnud mingil põhjusel teha. Kuna väljamärgimistöödega oli kiire, olime sundinud märkida punktid vee alla. See oli aeganõutav tegevus sellepärast, et töölised vahepeal ei saanud aru, kus on õige koht, kuhu on vaja vee all puurida, ja kontrollides paigaldatud armatuuri tihti selgus, et ta on pandud umbes 30 mm õigest kohast mööda, ja seda oli vaja ümber teha;
- ehitusmaterjalide jäägid (nt kasutatud kile, lammutatud raketiste ja armatuuride hunnikud jne), mis jäid kaeviku sisse takistasid möödistusvõrgu punktidele või märkimisalale, ja neid oli vaja ümber tõsta, kuid vahepeal see ei olnud võimalik teha koheselt nende suure kaalu või ehitajatele vajaliku tõttu. Sel juhul oli üsna keeruline teha instrumendi paika valik, tihti ühest seisust oli väljamärgitud või möödistatud ainult 1-2 punkti, ajakulu sel juhul oli korralik.

3.2.4. Vundamendipostide väljamärgimine ja teostusmöödistus

Valmistatud taldmikute peale oli vaja märkida vundamendipostide nurgad.

Järgmisena on toodud projekteerija poolt nõutud tolerantsid ja viimistluse nõuded.

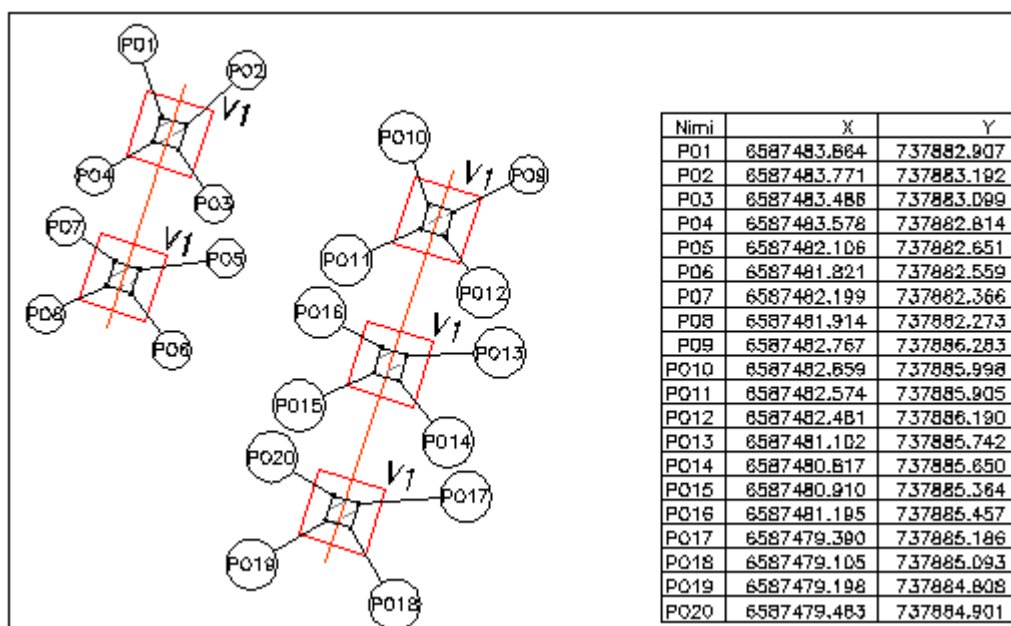
Kohapeal valatud tarindite tolerants on järgmine [10]:

- kohapeal betoneeritud vundamentide, seinte, soklite jms. asukoha- ja külgmöödistuste suurim lubatud hälve: ± 15 mm

Nõutav väljamärgimise täpsus on 40% ehitustäpsusest, mis antud juhul on 6 mm, tegelikuses vundamendipostide nurgad olid väljamärgitud 2 mm täpsusega.

Väljamärgimistöö aluseks oli kasutatud joonis vundamendipostide plaaniga, mis oli samuti koostatud L-Est'97 koordinaatsüsteemis, mille pealt olid välja võetud postide nurkade koordinaadid.

Joonisel 6 on toodud vundamendipostide nurgad väljamärgimise jaoks koos nende koordinaatidega.



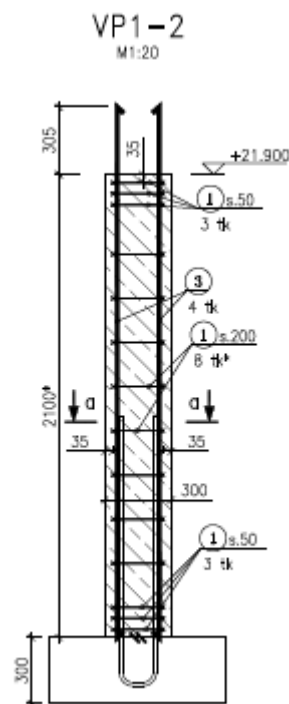
Joonis 7. Väljavõte vundamendipostide väljamärgimise joonisest

Projekti järgi postide mõõdud on erinevad, kokku 156 posti.

Tabel 5

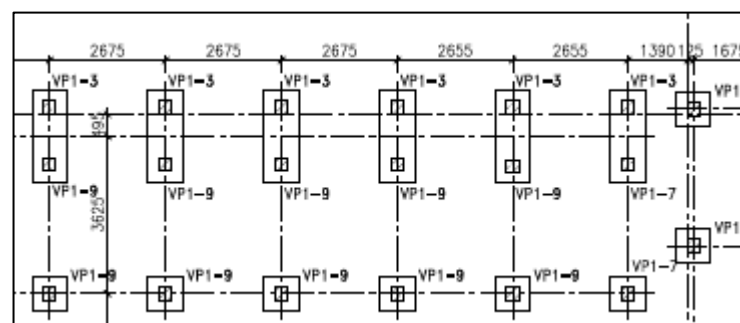
Vundamendipostide mõõdud [11]			
Tähis	Ristlõige, mm	Kõrgus, m	Vajadus, tk
VP1-1	300×300	+21.780	13
VP1-2	300×300	+21.900	10
VP1-3	300×300	+22.100	39
VP1-4	300×300	+22.250	2
VP1-5	300×300	+22.500	11
VP1-6	300×300	+22.550	6
VP1-7	300×300	+23.000	12
VP1-8	300×300	+23.150	3
VP1-9	300×300	+23.400	21
VP1-10	500×500	+22.550	2
VP2-1	500×500	+20.870	8
VP2-2	500×500	+21.900	2
VP2-3	500×500	+22.330	14
VP4-1	250×600	+22.550	10

Iga posti kohta oli märgitud 4 nurka, mis olid märgitud markeriga taldmiku betooni peale. Märgitud kohtadele ehitaja tegi armeeringut, ehitas raketised, kuhu valati betooni.



Joonis 8. Vundamendiposti eskiis [11]

Iga uuest seisupunktist olid kontrollitud mõned eelmisest seisust märgitud punktid, mis tavaliselt ei erinenud rohkem kui ± 2 mm projektsest asukohast. Võrreldes taldmikute väljamärgimisega, see töö peaks olema kiirem tehtud, sest geodeet nüüd ei sõltunud ehitajast, kes pidi puurima taldmikute nurgad, aga tuli välja, et postide märkimine võttis palju rohkem aega, kuna märkida pidi mitte 3, vaid 4 nurka, ja nähtavust märkimisalale takistasid mitte ainult materialide jäägid, vaid ka ehitatavad postide raketised ja valmistatud postid. Samuti poste oli rohkem, sellepärast et mõnede taldmikute peale oli projekteeritud 2 posti, vt Joonis 9.



Joonis 9. Väljavõte vundamendipostide plaanist [11]

Arvudes näeb see välja järgmiselt: 420 punkti taldmikute jaoks ja 624 punkti postide jaoks.



Foto 3. Valmistatud vundamendipostid (autori foto)

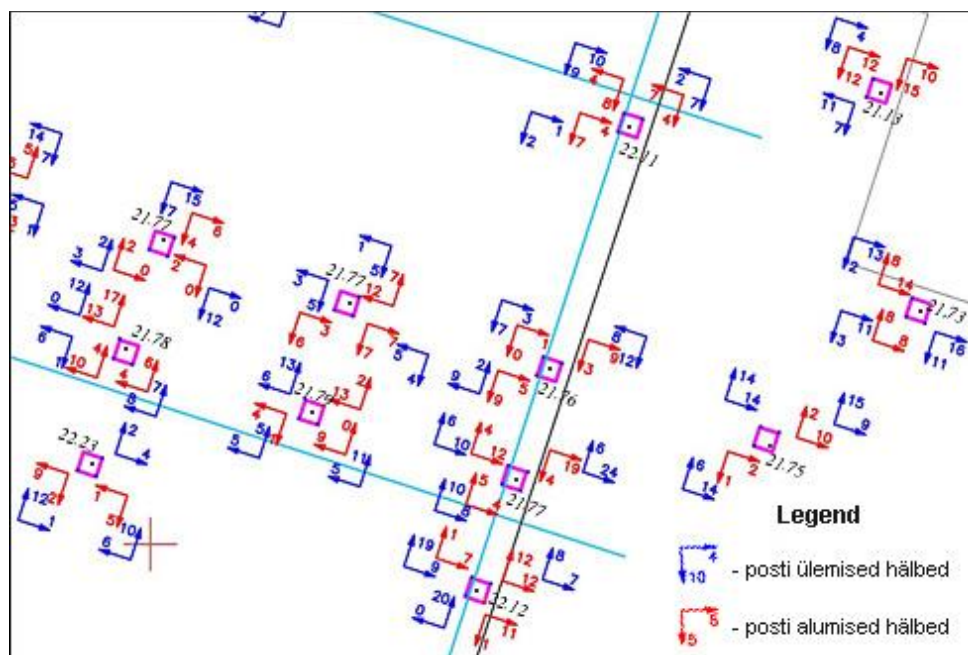
Valmistatud vundamendipostide teostusmõõdistus oli teostatud järgmiselt: iga posti altpoolt oli mõõdetud 3 nurka, 3 nurka posti ülevalt ja posti pealt oli mõõdetud kõrgus, sest tellija soovis saada teostusjoonise peal mõõdetud nurkade hälbed posti altpoolt, ülevalt ja postide absoluutkõrgused.

Selle töö jaoks olid kasutatud elektrontahhümeetrid Trimble S6 Autolock ja Trimble S3 Robotic. Oli tehtud palju seisu, sest poste pidi mõõdistama nii altpoolt kui pealt, aga postid olid omavahel nii lähedal, et tihti ei saanud teha seda ühe korraga. Postide ülevalt teostusmõõdistuse tegemiseks pidime kasutama redelit. Nagu taldmikute teostusmõõdistamisel, juhul, kui posti nurka ei saanud mõõta, olid mõõdetud punktid postide servade pealt. Teostusmõõdistuseks postide altpoolt oli kasutatud ehitusprisma, mis oli pandud teravikuga vastu nurka.



Foto 4. Postide teostusmõõdistus (autori foto)

Vundamendipostide teostusjoonis oli koostatud mõõtkavas 1:100.



Joonis 10. Väljavõte vundamendipostide teostusjoonisest

Kohapeal betoneeritud vundamentide, seinte, soklite jms. asukoha- ja külgmõõtude suurim lubatud hälve on ± 15 mm [10].

Betoneeritud vundamendipostide suurim hälve oli 25 mm posti ülevalt, mis võib olla põhjendatud posti raketise vertikaalsusega, ja 19 mm posti altpoolt, mis võib olla põhjendatud raketise ehitamisega ja betoneerimise protsessiga. Vaatamata sellele ehitusprotsess oli jätkatud.

Probleeme, mis oleksid otseselt seotud geodeedi tööga, postide väljamärgimisel ja nende teostusmöödistamisel ei tekkinud, aga ühe postiga juhtus järgmine: betooniga täisvalatud raketis ei pidanud vastu ja post lõhkes raketise sees. Töölised sidusid raketise rihmadega kinni.

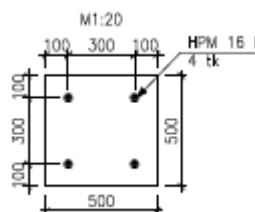


Foto 5. Lõhkenud vundamendipost (autori foto)

Selle juhtumi kohta ma olen teinud järeltuse, et oli rikutud Töötervishoiu ja tööohutuse nõuded ehituses § 35 lg 3, mille kohaselt raketised, ajutised toestikud ja tugimüürid tuleb projekteerida, paigaldada ning hoida sellistena, et need ohutult kannataksid välja neile mõjuda võiva surve ja koormuse [5].

3.2.5. Ankrupoltide väljamärgimine ja teostusmöödistus

Projekti järgi mõned vundamendipostid omavad peal neli ankrupolti, mida oli vaja väljamärgida.



Joonis 11. Ankrupoltide eskiis [12]

Järgmisena on toodud projekteerija poolt nõutud tolerantsid ja viimistluse nõuded.

Süvendite, poldide ja kinnitusarmatuuri tolerantsid on järgmised [10]:

- üksiku poldirühma poldi või armatuuri suurim lubatud hälve grupis küljesuunas: ± 2 mm.

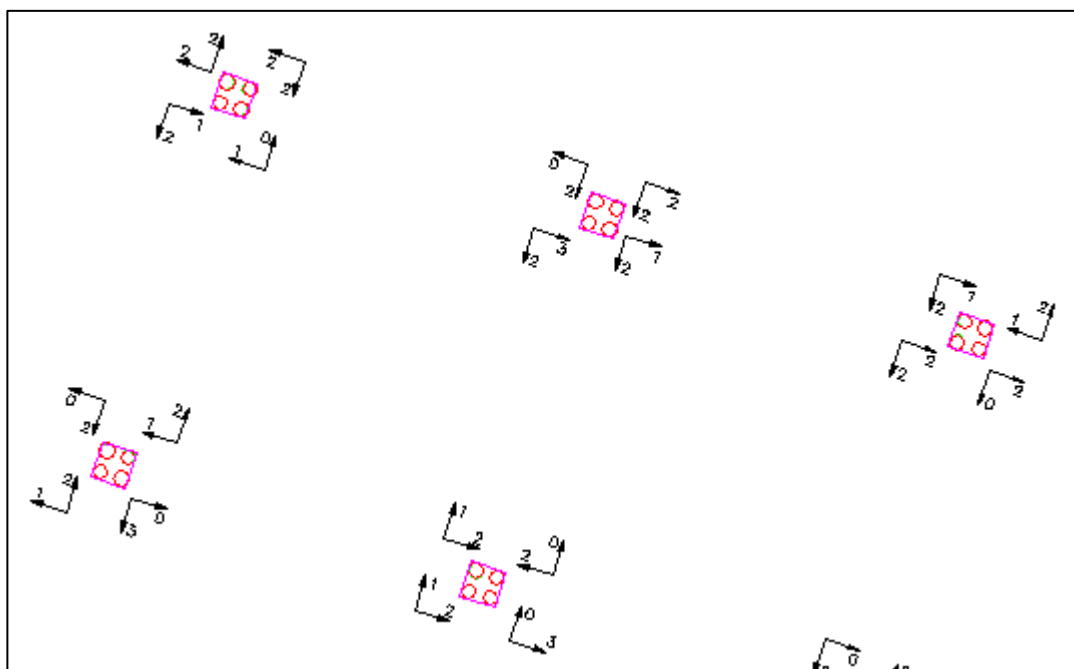
Nõutav väljamärgimise täpsus on 40% ehitustäpsusest, mis antud juhul on 0,8 mm, tegelikuses vundamendipostide nurgad olid väljamärgitud 1 mm täpsusega.

Ankrupoltide märkimine oli tehtud markeriga ehitaja poolt ettevalmistatud puidust liistudele, mis olid kruvidega kinnitatud posti raketise ülemise otsa. Üks posti raketise pool oli jäetud avatuna, et oleks tagatud nähtavus ja juudepääs ankrupoltide asukohade väljamärgimiseks ja nende paigaldamiseks.

Ainus probleem ankrupoltide märkimisel oli see, et alguses ehitajad tegid nii, et avatud raketiste pooled olid mitte ühel pool, et saaks märkida ühest seisust kõikidele postidele poldid, vaid nii, nagu neil oli mugavam. Selle pärast kulutasime rohkem aega instrumendi ümbertöstmistele, kui väljamärgimisele. Seletasin töödejuhatajale, miks see meile ei sobi ja pärast seda kõik avad olid tehtud õigesti.

Pärast ankrupoltide paigaldamist oli teostatud ka teostusmöödistus ja koostatud teostusjoonis, mille peale olid märgitud poldide plaanilised hälbed.

Ankrupoldide suurim lubatud hälve on ± 2 mm [10]. Tegelikuses saadud suurim hälve oli 3 mm.



Joonis 12. Väljavõte ankrupoltide teostusjoonisest

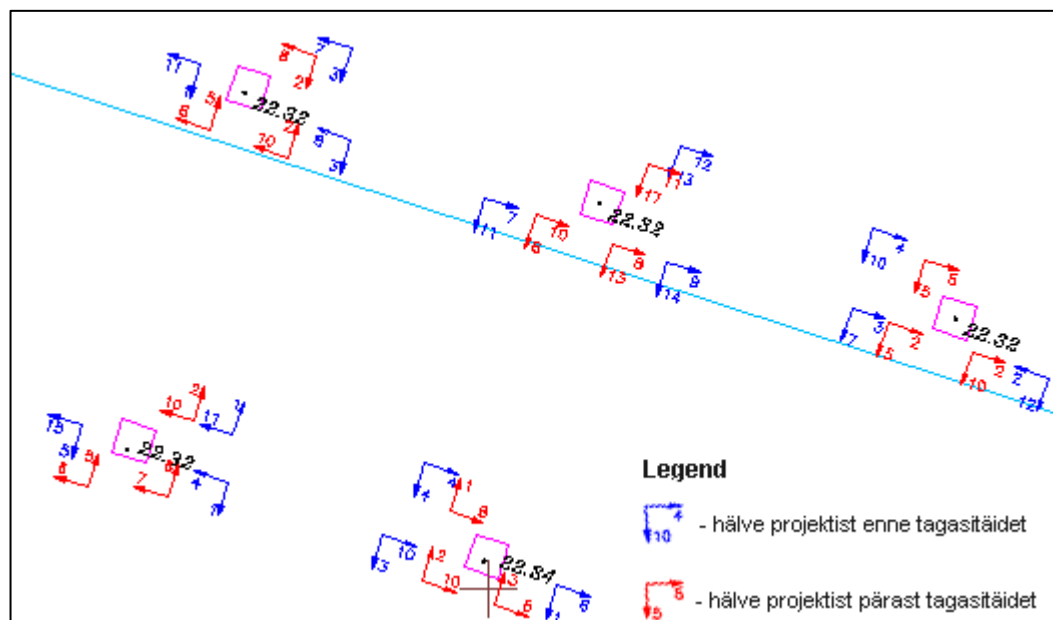
Kui kõik taldmikud, postid ja ankrupoldid olid paigas ja üles mõõdetud, algas kaeviku liivaga täitmine.



Foto 6. Kaeviku täitmine liivaga (autori foto)

3.2.6. Vundamendipostide teostusmöödistus pärast tagasitäidet

Pärast kaeviku liivaga täitmist oli vajalik teha postide teostusmöödistus. Teostusmöödistuse käigus olid mõõdetud postide ülemised nurgad või kaks punkti iga serva pealt, selle kohta oli koostatud samuti teostusjoonis hälvete võrdlemiseks.



Joonis 13. Väljavõte vundamendipostide teostusjoonisest pärast tagasitäidet

Analüüsisel saadud hälbeid, saab teha järelduse, et pärast tagasitäidet postide ülemiste osade plaaniline asukoht on muutunud ± 6 mm.

Pärast roostvärgi ja põranda valmimist algas hoone seinte ehitus, pidevalt oli vajalik väljamärkida nurgad ja seinad, ühtlasi oli vaja ka pidevalt iga valamise juures väljamärkida ankrupoltide asukohad paneelide jaoks. Samal ajal toimus ka sisetrasside paigaldamine, kus geodeedi tööks oli trasside käänupunktide ja trappide asukohade väljamärkimine.

Kui ruumide seintel said moodulid umber ehitatud, siis oli vaja kontrollida nende vertikaalsust ehk minna üles ja mõõdistada nurkade nihkeid projektsest asendist. See oli peamiselt järelevalve jaoks ja samas ei muudetud ega saanud muuta enam midagi. Seejärel kui olid seinad valatud, siis oli vaja väljamärkida taridetailide (kattepaneelide jaoks) asukohad seintele.

Järgmiseks oli vaja väljamärkida paneelide nurgad. Edasi oli igal ruumil vaja väljamärkida seinu ja avasid ja poste. Samal ajal kui midagi valmis oli vaja sellele teha ka teostusmõõdistus. Oli vaja tihendada ka välis- kui ka sisevõrke, eriti siis kui paneelid ja katused juba olid paigaldatud.

3.3. Veemahutite ehitus

3.3.1. Veemahutite kirjeldus

Rajatav mahuti on ümmarguse põhiplaaniga, mille põhi ja seinad valatakse monoliitbetoonist, välisseinad järelepingestatakse. Mahuti ehitusalune pind on 1105,0 m², kõrgus maapinnast 3,5 m. Mahuti rajatakse 3,0 m sügavusele maapinnast. Maapinnast välja ulatuv mahuti osa soojustatakse ja kaetakse ilmastikukindlalt. Reservuaari eluiga on 40 aastat. [13]

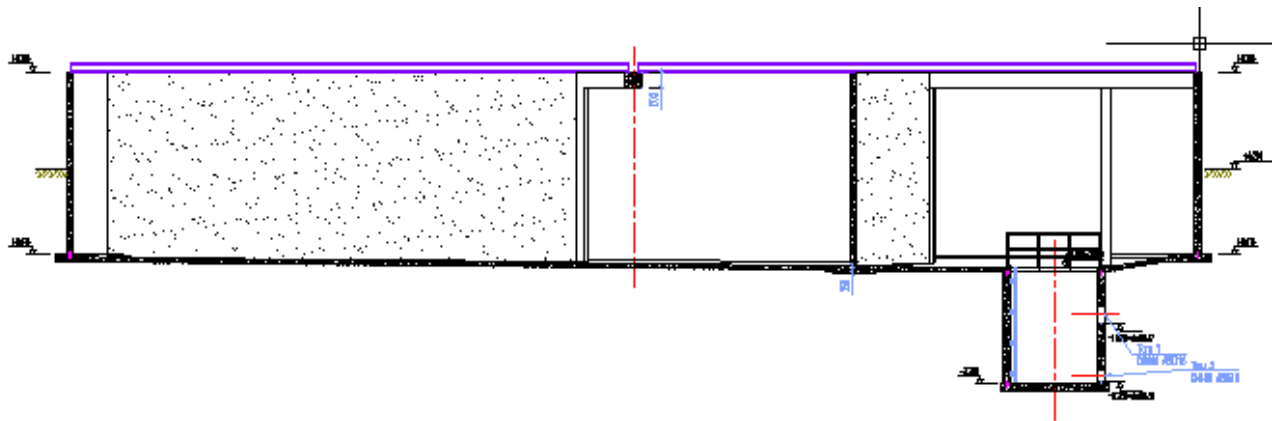
Ehitatakse vastavalt tööprojekti joonistele. Mahutil on 150 mm paksune raudbetoonist põrand, mis toetub planeeritud alusele. Alus koosneb kolmest kihist - 200 mm paksusele killustikalusele (fraktsioon 16-32) rajatakse 10..20 mm kiilukiht 8-16 fraktsioonilise puistematerjaliga, millele omakorda rajatakse 20 mm 0-8 fraktsioonilisest puistematerjalist tasanduskiht. Tasanduskihi peale lisatakse kaks kihti polüetüleenkilet paksusega 0,12 mm. [13]

Seinte alla rajatakse paksendused - põranda paksus perimeetriseina all on 250 mm, vaheseinte ja postide aluse paksendus on 250 mm. Perimeetri paksendus on 100 mm põranda pinnast kõrgemal, vaheseinte paksendused 100 mm põranda põhjast sügavamal. [13]

Mahuti põrand on kaldu $i=0,01$ kaevu suunas, mahuti lagi on horisontaalne, postide ja seinte pikkused on erinevad, vastavalt põranda kaldele. Mahuti põhja kalle planeeritakse pinnasega. Välisseina alune paksendus on horisontaalne, põhja kalle algab alusplaadi servast 1,50m kauguselt.

Põranda KM kaevu serval on $\text{abs}20,00=\pm 0,000$, KM plaadi välisperimeetril $+0,414$, KM kaevu põhja on $-3,79$ m. [13]

Seina kõrgus plaadi perimeetripinnast on $6,0$ m, seinapaksus on 220 mm. Talade all on seinast moodustatud post 300×300 . [13]



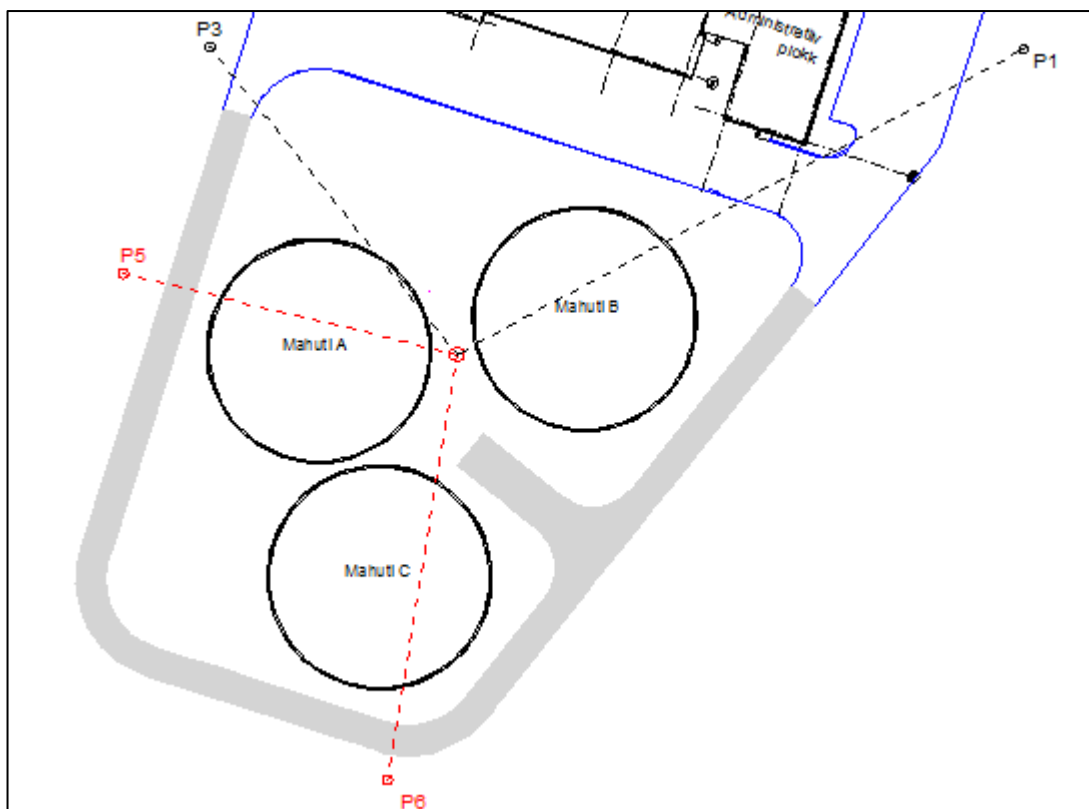
Joonis 14. Projekteeritud veemahuti konstruktsioon [14]

3.3.2. Mõõdistusvõrgu rajamine

Olemasolevale mõõdistusvõrgule olid juurde tehtud kaks mõõdistusvõrgu punkti. Elektrotahhümeeter Trimble S6 Robotic 2'' oli orienteeritud vabajaamas, orienteerimise lähtepunktideks oli kasutatud olemasoleva mõõdistusvõrgu punktid P1 ja P3.

Uute punktide koordinaadid olid saadud kolme täisvõttega. Punkt P5 oli märgistatud reflektorkleepsuga olemasoleva hoone seinale, punkt P6 – betooniaia peale.

Skeemil 6 on toodud mõõdistusvõrgu punktide sidumine koos veemahutite asendiplaaniga.



Skeem 5. Mõõdistusvõrgu punktide paigutuse skeem

- P1, P3 – olemasolevad mõõdistusvõrgu punktid;
- P5 – mõõdistusvõrgu uus punkt hoone seina peal;
- P6 – mõõdistusvõrgu uus punkt betoonala peal.

Tabel 6

Lisatud mõõdistusvõrgu punktide koordinaadid

Punkti nr.	X	Y	H
P5	6587437.204	737787.819	28.259
P6	6587352.281	737832.171	24.703

3.3.3. Veemahutite aluse väljamärkimine ja teostusmõõdistus

Kuna projekteeritud on 3 ühesugust veemahutit, oma töös ma kirjeldan ainult ühe neist, A mahutit.

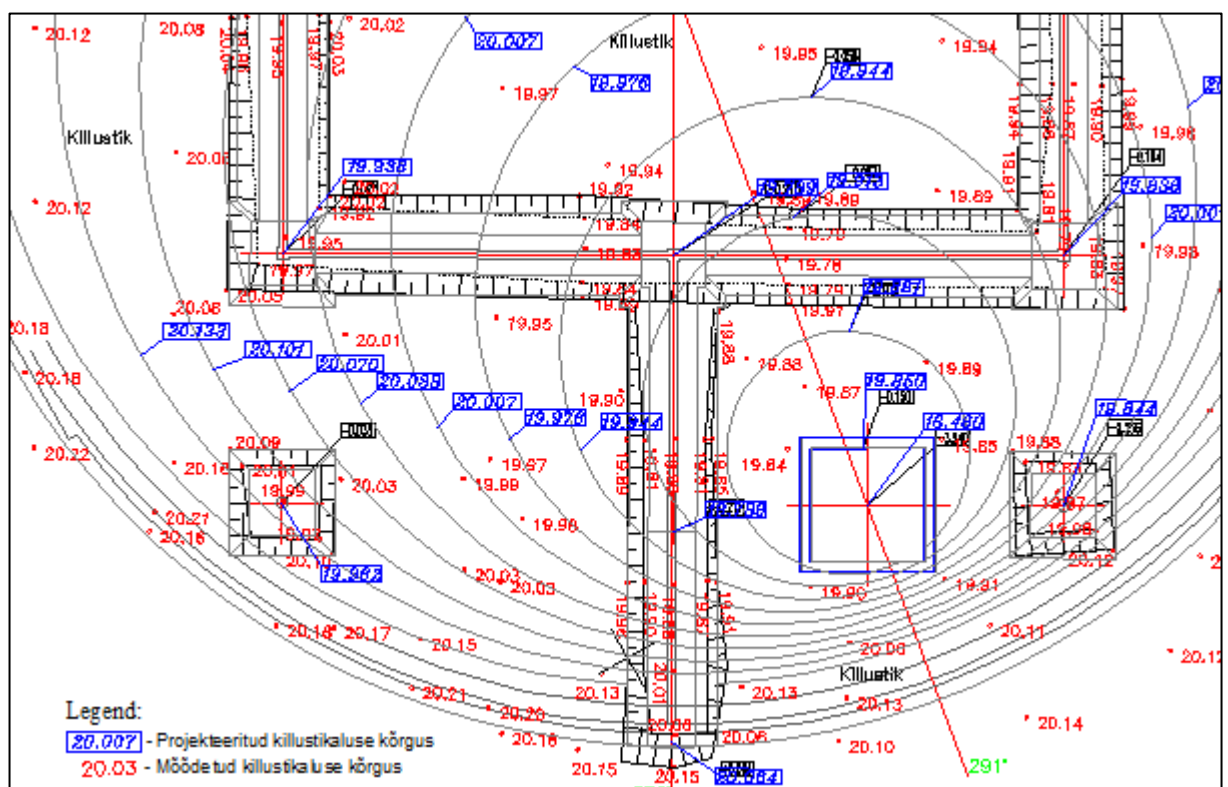
Veemahutite aluse jaoks oli tehtud kaeviku teostusmõõdistus ja projekteeritud servade väljamärkimine. Selle jaoks olid mõõdetud kaeviku ülemine ja alumine perved ja kaeviku põhja kõrgused. Teostusmõõdistuse raskendavaks teguriks oli sopa kiht paksusega ~30-35 cm, mis oli tekkinud pinna- ja vihmavee sattumisel kaeviku sisse. See takistas liikumist kaevikus ja õigete põhja kõrguste saamist.

Projekteeritud serva väljamärgimiseks oli kasutatud värv, millega olid märgitud perimeetri punktid. Märkimine oli teostatud 3 cm piires, kuna see oli vajalik kaevamise jaoks.

Kaeviku põhja peale oli märgitud mahuti kaevu puurimiseks asukoht, mille sügavus maapinnast on 3,79 m. Samal ajal oli märgitud maa-aluste kommunikatsioonide asukohad lubjakivi alusele värvi abil. Süvendi kaevamise käigus asukoht ja sügavus oli kontrollitud ja vajadusel väljamärgitud veel kord, samuti oli tehtud reeper olemasoleva hoone sokli peale, et ehitaja saaks iseseisvalt sügavust kontrollida.

Kaeviku sisse oli tehtud killustikalus veemahuti jaoks. Selle peale oli väljamärgitud veemahuti välisseinte, siseseinte ja postide asukohad, värviga märgitud oli ka veemahuti perimeetri punktid iga 3 m järjest ja keskpunkt.

Killustikalus oli mõõdistatud ja oli koostatud killustialuse teostusjoonis, mille peale oli märgitud projekteeritud ja mõõdetud killustiku kõrgused.

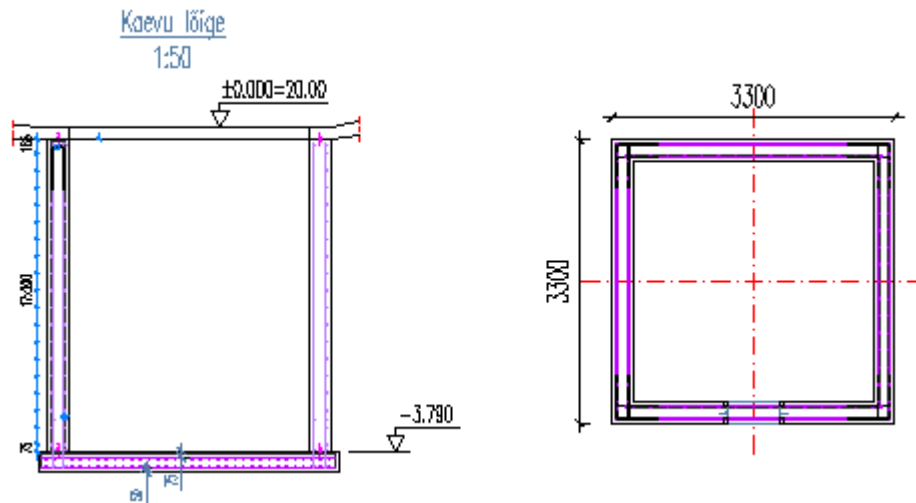


Joonis 15. Väljavõte killustikaluse teostusjoonisest

Erinevused projekteeritud ja tegeliku kõrguste vahel ei ületanud 20 mm.

3.3.4. Veemahuti kaevu põranda väljamärgimine

Veemahuti sisse on projekteeritud kaev sügavusega 3,79 m, mida oli vaja samuti väljamärgida tehtud kaeviku sisse. Joonisel 16 on toodud väljavõtte kaevu projektist.



Joonis 16. Väljavõtte veemahuti kaevu projektist [13]

Mahuti kaevu (sumba) kaeviku põhja peale oli tehtud killustikalus, mis oli mõõdistatud kõrguse kontrolliks. Kõrguslikud hälbed ei ületanud 15 mm. Eraldi teostusjoonist ei ole koostatud.

Kaevu killustikaluse peale oli märgitud sumba põranda nurgad ja seinte pikendused elektrontahhümeetriga Trimble S6 Autolock 3”.

Nõutav ehitustäpsus on ± 15 mm [14]. Väljamärgimise täpsus on 6 mm. Tegelikuses väljamärgimine oli tehtud 1 mm täpsusega.

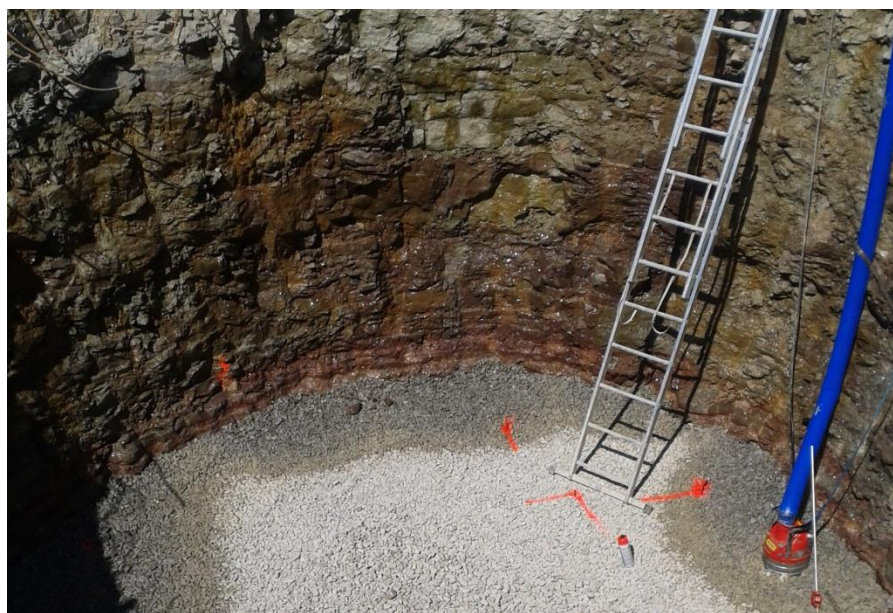


Foto 7. Väljamärgitud sumba põranda nurk ja seinte pikendused (autori foto)

Ehitaja soovil nad olid märgitud värviga, kuid lühikese aja jooksul värv oli pinnasveega kustutatud, vaatamata sellele, et kaevu sisse oli pandud veepump. Järgmisel päeval uuesti väljamärgitud nurkadesse olid sisse löödud armatuurvardad läbimõõduga 4 mm. Valmistatud kaeviku läbimõõt oli umbes 5 m, selle pärast tahhümeetri seisupunkti valik oli väga piiratud, iga kahe nurga väljamärgimise jaoks oli tehtud uus seis.

Pärast varda paigaldamist selle asukoht oli kontrollitud järgmisel viisil: ehitusprisma oli pandud varda peale ja vajadusel lükatud õigesse kohta.

Väljamärgimine oli raskendatud sellega, et allapoole suunatud tahhümeeter ei saanud hoida prisma lukus, käsitsi suunata õigesse kohta polnud eriti võimalik kaeviku sügavuse pärast, väljamärgimise käigus suhtlemine paarilisega käis raadiosaatjate teel, sest pinnasetööde tekitatud müra ehitusplatsil ei võimaldanud muud. Kaeviku sisse ronis ka ehitaja, et vaadata kuhu tulevad väljamärgitud põranda nurgad, seoses sellega nähtavus märkimisalale oli väga piiratud.

Paigaldatud armatuurvardade ümber ehitati rauaarmatuuridega raketised, kuhu valati betooni.



Foto 8. Sumba põrandaplaadi raketise armeerimine (autori foto)

Valmistatud põrandaplaat oli mõõdistatud, plaanilised ja kõrguslikud hälbed ei ületanud 15 mm. Eraldi teostusjoonist kaevu põranda kohta ei ole nõutud.

Põranda peale oli vaja märkida sumba seinad: nende välimised ja sisemised nurgad. Erialgul nad olid märgitud markeriga, aga olid hävitatud pinnasveega, ja oli vaja neid taastada, aga mitte markeriga, vaid kruvidega, mille jaoks oli vaja puurida augud betoonplaadi sisse. Nähtavust

märkinisalale takistas ka armeering tulevaste raudbetoonseinte jaoks, ja kaeviku seintest pidevalt jooksev pinnasvesi, mille tase vahepeal kaeviku sees oli meetri lähedane. Seinte väljamärkimine toimus sarnaselt põrandaplaadi väljamärgimisega: tööd takistas piiratud nähtavus, müra ja vibratsioon. Palju aega kulus ka instrumendi ümberpaigaldamisele, mis oli tehtud pärast iga kahe nurka väljamärkimist. Vaatamata sellele geodeetiliste tööde kvaliteet oli nõutud tasemel, mida kinnitab seinte ehitusjärgne teostusmõõdistus. Nõutud ehitustäpsus on ± 15 mm [14], saadud hälbed olid lubatud piires.

Seinanurgad, mis olid armeeringu taga, olid väljamärgitud seina joone järgi pikendusega. Nende järgi ehitati sumba seinad.



Foto 9. Valmistatud sumba seined (autori foto)

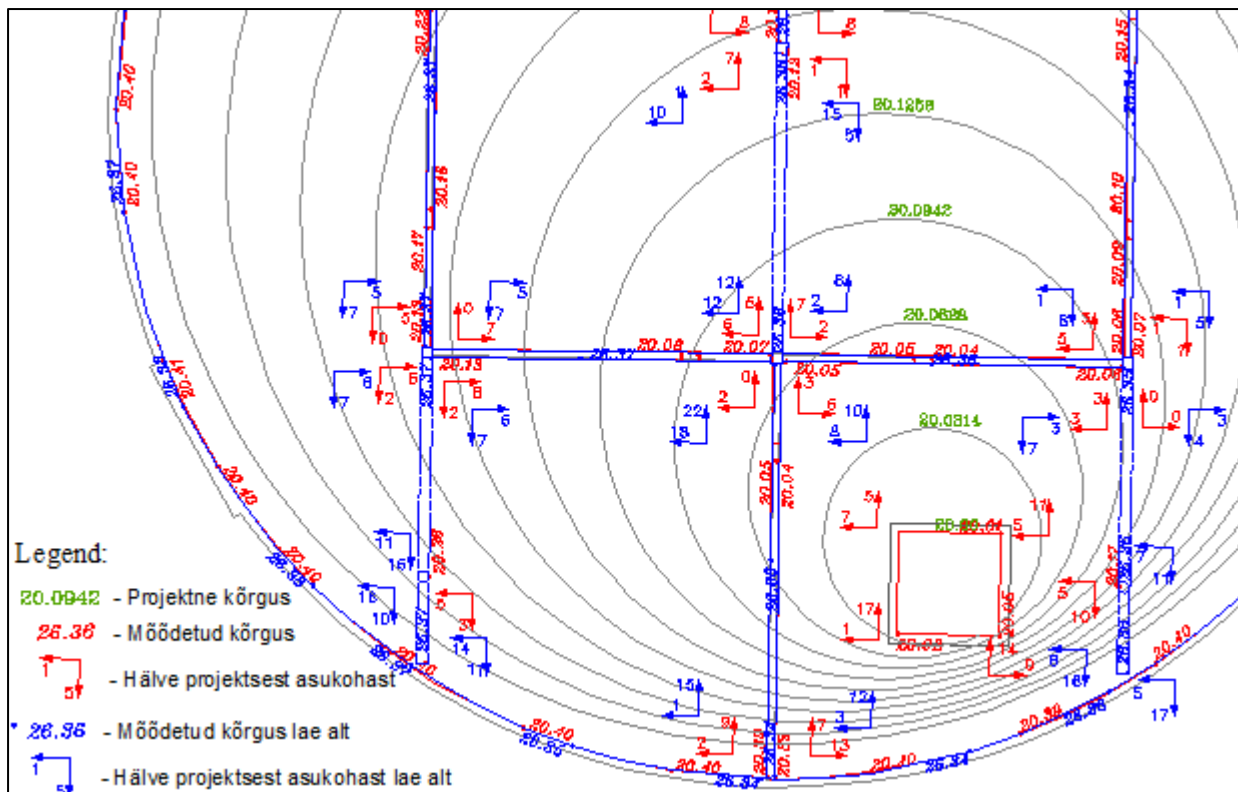
Sellele järgnes mahuti põhjaplaadi, seinade ja katuse ehitus. Sealsed geodeetilised tööd olid järgmised: armatuurile mahuti seinaringi märkimine, samuti postide ja seinte jooned.

Samas ka olid teostatud armatuuri kõrgused põhjaplaadil, peale betooni valamist mõõdistatud ka põhjaplaadi kõrgused ning tehtud betooni kaitsekihi ehk põhjaplaadi teostusmõõdistus. Nende peale olid märgitud ka seinad ja postid ning paigaldatud reeperid.

3.3.6. Veemahuti siseseinte, postide ja talade teostusmõõdistus

Pärast siseseinte, postide ja talade ehitamist oli vajalik teha nende teostusmõõdistused.

Sisemine teostusmõõdistus koosnes välis- ja siseseinte, postide ja sumba mõõtmisest põrandapinnalt ja lae alt. Selle kohta oli koostatud teostusjoonis.



Joonis 17. Väljavõtte veemahuti siseseinte teostusjoonisest

Järgmisena on toodud projekteerija poolt nõutud tolerantsid ja viimistluse nõuded [14]:

- Posti kõrvalekalle asukohast ± 10 mm

Tegelik suurim kõrvalekalle asukohast on 10 mm.

- Plaadi külghälve ± 20 mm

Tegelik suurim plaadi külghälve on 18 mm.

- Tala kõrgus ± 15 mm

Tegelik tala kõrguslik hälve on 8 mm.

- Plaadi paksus ± 15 mm

Tegelik plaadi paksuse hälve on 20 mm.

3.3.7. Veemahuti katuse teostusmöödistus

Pärast veemahuti katuse ehitamist oli tehtud ka selle teostusmöödistus.



Foto 10. Ehitatud veemahutid (autori foto)

Katuse teostusmöödistuse tegemiseks oli vaja ronida veemahuti katuse peale, kuhu oli paigaldatud ka elektrontahhümeeter.

Elektrontahhümeetri orienteerimine oli tehtud kasutades varem kindlustatud möödistusvõrgu punkte, mis olid märgitud reflektorkleepsudega. Möödistatud oli katuse serv ~2 m järel, samuti katuseeluugi nurgad ja katusepaneelide kõrgused. Saadud andmete alusel oli koostatud mahuti katuse teostusjoonis, mille peale olid märgitud saadud kõrgused.

Lubatud kõrvalekalded ja tolerantsid on vastavalt SBK 1.20 “Betonelementien toleranssit-vaatimukset” - Normaaliuokka, st. normaalklass. Nõuded pindadele on vastavalt Suomen Betoniyhdistys BY40 nõutele - Luokka 2 ehk klass 2 [14].

Katusepaneelide kõrguslik tolerants on 15 mm [14]. Möödetud kõrgused olid võrreldud projektiga, saadud tulemus vastas nõuetele.

3.3.8. Veemahuti ruumala määramine

Veemahuti ruumala määramiseks oli vaja teha mahuti sisemine teostusmöödistus. Töö oli mahukas veemahuti siseseinte, postide ja talade pärast, mis ei võimaldanud mööta ühest seisust kõik ära. Mahuti sisse oli vajalik teha möödistusvõrgu punktid, kuna varem tehtud punktid olid hävitatud põranda ja seinte lihvimise käigus.

Kuna veemahuti sisemine teostusmõõdistus oli vajalik ainult mahu arvutamiseks, oli mõistlikum ja lihtsam teha seda suvalises koordinaatsüsteemis. Mahuti põrandale olid tehtud mõõdistusvõrgu punktid markeriga, võimalikult seinte avade või läbikäikude kohtadele, et punkti saaks kasutada seina mõlemalt poolt.

Olid mõõdetud lae ja põrand seintega kokkupuutuvad punktid, veemahuti sumba ava ja selle sügavus, samuti talade ja postide servad või nurgad. Tahhümeetri Trimble S3 Robotic 3D orienteerimisel oli kasutatud ehitusprisma, mahuti põrand, postide, talade ja lae teostusmõõdistus oli teostatud ilma prismata, laserkiire abil. Avade ja sumba nurgad olid mõõdetud ehitusprismaga.

Maht oli arvutatud järgmiselt: matemaatiliste valemite abil ja AutoCad Civil 3D-s. Mahuti omab tsilindrilise vormi ja sellepärast ruumala oli arvutatud järgmise valemi järgi:

$$\pi r^2 \times h, \quad (2)$$

kus r [m] – mahuti radius;

h [m] – mahuti mõõdetud kõrgus.

Tulemuselt olid lahutatud talade, seinte ja postide mahud, mis olid arvutatud ja liidetud sumba maht.

Valemiga saadud mahuti maht oli 6420,63 m³, AutoCad Civil 3D tarkvara abil aga 6407,14 m³. Mahtude erinevus on 13,49 m³.

4. KASUTATUD INSTRUMENDID

Töö käigus on kasutatud järgmised geodeetilised instrumendid:

- elektrontahhümeeter Trimble S8 VISION 1" High Precision nurgamõõdu täpsusega 1" joonemõõdu täpsusega $\pm (1 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm})$;



Foto 11. Trimble Vision S8 1" [15]

- elektrontahhümeeter Trimble S6 AUTOLOCK DR300+ nurgamõõdu täpsusega $\pm 3''$, joonemõõdu täpsusega $\pm (2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm})$;



Foto 12. Trimble S6 AUTOLOCK 3" [16]

- elektrontahhümeeter Trimble S3 ROBOTIC nurgamõõdu täpsusega $\pm 3''$, joonemõõdu täpsusega $\pm (2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm})$;



Foto 13. Trimble S3 ROBOTIC 3" [17]

- digitaalne nivelliir Leica Sprinter 250M täpsusega 0,7 mm;



Foto 14. Leica Sprinter 250M [18]

Mõõteandmete töötlemiseks on kasutatud litsenseeritud tarkvara Autodesk AutoCad Civil 3D 2013.

KOKKUVÕTE

Saadud tulemuste analüüs näitab, et enamik teostatud töödest vastab projekteerija poolsetele täpsusnõuetele, sellega saab kinnitada, et kasutatud mõõtmismetoodikate ja geodeetiliste instrumentide valik oli õigustatud.

Töötervishoiu ja tööohutuse nõuete ehituses kinnipidamine Narva veepuhastusjaama ehitusobjektile ei olnud täielik, mille rikkumine ehitusprotsessis tekitas ehitustäpsuse langemist. Need tulemused, mis ei vasta projekteerija poolsetele täpsusnõuetele, mida näitavad vundamenditaldmikute ja vundamendipostide ehitusjärsed teostusjoonised, võivad olla põhjendatud töötervishoiu ja tööohutuse nõuete eiramisega tööliste poolt, samuti mõju omavad kiirustamisega kaasnevad vead.

Rikkumist näitavad vundamendiposti täidetud raketise lõhkemine ja puurimistööd vees. Saadud hälbe suurus kinnitab seda, vundamenditaldmikute tegelik suurim hälve oli 36 mm, lubatud hälve projektist oli ± 15 mm. Lubatud hälbe ületamine protsentides on 140%.

Vundamendipostide suurim hälve oli 25 mm, siis kui lubatud hälve projektist oli samuti ± 15 mm. Protsentides see on 67% võrra suurem kui lubatud. Seoses sellega, et tegemist on vundamendiga, saadud tulemusi loeti sobivaks.

Veemahutite ehitustäpsus enamasti vastas projekteerija poolt nõutud täpsusele. Enamik erinevusi projekti ja mõõdetud vahel vastas projekteerija poolt esitatud täpsusnõuetele.

Ainus hälve, mis ei vastanud projektile oli veemahuti alusplaadi kõrgus, mis mõnedel kohtadel ületas lubatud hälbe 33% võrra: tegelik hälve projektist oli 20 mm lubatud 15 mm asemel. Seda saab põhjendada mahuti põranda kaldega $i=0,01$ kaevu suunas, mis oli planeeritud pinnasega.

Kõik tekkinud tööalased arusaamatused geodeedi ja ehitaja vahel olid tekkinud peamiselt informatsiooni puudusest ja lahendatud suhtlemise teel, tõsisid konflikte ei ole tekkinud.

Võrreldes veepuhastusjaama tootmishoone ja veemahutite ehitamist saan teha järelduse, et probleemseid kohti oli rohkem tootmishoone ehitamisel, mida põhjendab hoone ehitamise keerukus ja tööde oluliselt suurem maht, mis põhjustab rohkem võimalusi eksimiseks.

Kõik teostatud ehitusgeodeetilised tööd Narva veepuhastusjaamas olid tellijatega vastu võetud, ehitusjärelvalve poolt märkuseid geodeetiliste tööde kohta ei olnud, selle alusel saab öelda, et püstitatud ülesanded olid edukalt täidetud.

Narva veepuhastusjaam 01. mai 2014. a seisuga on töös, ehitatud on tootmis- ja administratiivhoone, kolm veemahutit, tegeletakse veepuhastusseadmete konstruktsiooni montaažiga ja veepuhastusjaama siseteede ehitamisega. Veepuhastusjaam peab olema valmis ehitatud jaanuariks 2015. aastal, millele järgneb uue rajatud veepuhastusjaama katsetuste ja proovikäitamise periood. Uus veepuhastusjaam lastakse käiku 2015. a märtsis.

SUMMARY

The topic of this graduation paper is construction-geodetic servicing of the Narva Water Purification Plant. The site of the rebuilding of the water purification plant for the city of Narva is reviewed. The topic was selected because this construction site has high work volumes and many different types of work, because the water purification plant affects the environment and its functioning is very important to water consumers in Narva and Narva-Jõesuu and because it offers versatile opportunities for application of construction-geodetic skills.

The graduation paper describes the following work types: creation of the surveying network, spot marking and implementation surveying of the foundation recess, foundation pads, foundation pillars and anchor bolts for the production building of the rebuilt water purification plant, spot marking of the water tanks' corf base plates and walls and post-construction implementation surveying of these water tanks. The paper also reflects on adherence to occupational health and safety requirements at a construction site.

The goal of the graduation paper is to describe and analyse the geodetic work performed as part of the rebuilding of the Narva Water Purification Plant and the work methods applied, to point out the problematic aspects of geodetic work and to analyse the obtained results.

The analysis of the results shows that most of the completed work complies with the customer's precision requirements. It can therefore be concluded that the usage of the selected surveying methods and geodetic instruments was justified.

Those results that do not comply with the customer's precision requirements could have been caused by violations of the occupational health and safety requirements by the workers and mistakes due to rushing. All work-related misunderstandings between the geodesist and the builder occurred mainly due to a lack of information and were solved by communication.

When comparing the construction of the production building and the water tanks, it becomes clear that more problems occurred in the course of the production building construction as the process was more complicated and required much more work, hence more possibilities for making mistakes.

All construction-geodetic work performed at the Narva Water Purification Plant were accepted by the customer. The construction supervisors had no comments regarding the geodetic work. Thus it can be concluded that the work tasks were completed successfully.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Narva Vesi AS, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.narvavesi.ee/264est.html>. [Kasutatud 22 jaanuar 2014].
- [2] Tõnis Tarbe OÜ, Narva veepuhastusjaama ülavaade, Narva, 2013.
- [3] Narva Vesi AS, [Võrgumaterjal]. Available: www.narvavesi.ee/518est.html. [Kasutatud 22 jaanuar 2014].
- [4] Maa-amet, „Maa-ameti geoportaal“, [Võrgumaterjal]. Available: <http://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGis>. [Kasutatud 14 aprill 2014].
- [5] „Töötervishoiu ja tööohutuse nõuded ehituses“, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/13181373>. [Kasutatud 12 veebruar 2014].
- [6] „Ehitusgeodeetiliste uurimistööde tegemise kord“, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/12861144>. [Kasutatud 27 veebruar 2014].
- [7] Tõnis Tarbe OÜ, Narva veepuhastusjaam. Asendiplaan, Tallinn, 2013.
- [8] V. Kala, Ehitusgeodeesia, Tallinn: TTÜ kirjastus, 2008, p. 43.
- [9] Inseneribüroo Pluss OÜ, Vundamendipostide taldmikute plaan, Narva, 2013.
- [10] Inseneribüroo Pluss OÜ, Tööprojekt K095.000.2012. Ehituskonstruksioonid, Narva, 2013.
- [11] Inseneribüroo Pluss OÜ, Narva veepuhastusjaama vundamendipostide plaan, Narva, 2013.
- [12] Inseneribüroo Pluss OÜ, Ankrupoltide plaan, Narva, 2013.
- [13] Nordecon Betoon OÜ, Narva veepuhastusjaama puhta vee reservuaar, Narva, 2013.
- [14] Nordecon Betoon OÜ, Reservuaari konstruktiivne tööprojekt, Narva, 2013, p. 5.
- [15] Trimble Navigation, „Elektrontahhümeeter Trimble S8 Vision 1“, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.trimble.com/~media/Images/Survey/TotalStations/TrimbleS8/TrimbleS8_288x288_v3.ashx. [Kasutatud 21 märts 2014].
- [16] „Elektrontahhümeeter Trimble S6 Autolock 3“, [Võrgumaterjal]. Available: <http://geosety.net/images/taxeometr/S6.jpg>. [Kasutatud 24 märts 2014].

- [17] „Elektrontahhümeeter Trimble S3 3“,“ [Võrgumaterjal]. Available:
http://www.trimble.com/~media/Images/Survey/TotalStations/TrimbleS3/TrimbleS3_288x288.ashx. [Kasutatud 22 märts 2014].
- [18] „Leica Sprinter 250M,“ [Võrgumaterjal]. Available:
<http://www.surveyequipment.com/images/sprinter250m.jpg>. [Kasutatud 22 märts 2014].